МОДЕРНИЗАЦИЯ
и
РЕМОНТ ПК

19-е издание

Upgrading PC-19ed.indd 1 09.09.2010 19:00:57

UPGRADING and REPAIRING PCs,

19th Edition

Scott Mueller

QUE®

800 East 96th Street
Indianapolis, Indiana 46240

Grpa-Upgrading PC-19ed.indd 2 09.09.2010 19:00:57

МОДЕРНИЗАЦИЯ и РЕМОНТ ПК

19-е издание

Скотт Мюллер



Издательский дом "Вильямс"
Москва • Санкт-Петербург • Киев
2011

Стра-Upgrading PC-19ed.indd 3 09.09.2010 19:00:57

ББК 32.973.26-018.2.75
М98
УДК 681.3.07

Издательский дом "Вильямс"

Главный редактор *С.Н. Тригуб*

Зав. редакцией *В.Р. Гинзбург*

Перевод с английского и редакция *И.Б. Тараброва*

По общим вопросам обращайтесь в Издательский дом "Вильямс" по адресу:
info@williamspublishing.com, http://www.williamspublishing.com

Мюллер, Скотт.
М98 Модернизация и ремонт ПК, 19-е изд. : Пер. с англ. — М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2011. — 1072 с. : ил. — Парал. тит. англ.

ISBN 978-5-8459-1668-6 (рус.)

ББК 32.973.26-018.2.75

Все названия программных продуктов являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

Никакая часть настоящего издания ни в каких целях не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на это нет письменного разрешения издательства Que Corporation.

Authorized translation from the English language edition published by QUE, Copyright © 2010.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the publisher.

Russian language edition is published by Williams Publishing House according to the Agreement with R&I Enterprises International, Copyright © 2011.

Научно-популярное издание

Скотт Мюллер

Модернизация и ремонт ПК

19-е издание

Литературный редактор *И.А. Попова*
Верстка *М.А. Удалов*
Художественный редактор *Е.П. Дынник*
Корректор *Л.А. Гордиенко*

Подписано в печать 15.09.2010. Формат 70x100/16
Гарнитура Times. Печать офсетная
Усл. печ. л. 86,43. Уч.-изд. л. 86,1
Тираж 1500 экз. Заказ № 0000

Отпечатано по технологии CtP
в ОАО "Печатный двор" им. А. М. Горького, 197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15

ООО "И. Д. Вильямс", 127055, г. Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1

ISBN 978-5-8459-1668-6 (рус.)
ISBN 978-0-78973-954-4 (англ.)

© Издательский дом "Вильямс", 2011
© Pearson Education, Inc., 2010

Оглавление

Введение		**16**
1	**Происхождение персональных компьютеров**	**19**
2	**Компоненты ПК, его возможности и структура системы**	**31**
3	**Типы и спецификации микропроцессоров**	**43**
4	**Системные платы и шины**	**179**
5	**BIOS: базовая система ввода-вывода**	**309**
6	**Оперативная память**	**363**
7	**Интерфейс ATA/IDE**	**421**
8	**Устройства магнитного хранения данных**	**475**
9	**Накопители на жестких дисках**	**499**
10	**Накопители со сменными носителями**	**543**
11	**Устройства оптического хранения данных**	**571**
12	**Видеоадаптеры и мониторы**	**657**
13	**Аудиоустройства**	**725**
14	**Внешние интерфейсы ввода-вывода**	**751**
15	**Устройства ввода**	**785**
16	**Подключение к Интернету**	**821**
17	**Локальные сети**	**849**
18	**Блоки питания**	**895**
19	**Сборка и модернизация компьютера**	**975**
20	**Средства диагностики и техническое обслуживание**	**1007**
Предметный указатель		**1065**

Содержание

Введение **16**
О чем эта книга 16
Что содержится на прилагаемом компакт-диске 17
Сайт автора 17
Личное замечание 17

1 Происхождение персональных компьютеров **19**
История развития компьютеров: период до появления первого ПК 19
Основные этапы развития компьютеров 19
Электронные компьютеры 22
Современные компьютеры 23
От электронных ламп к транзисторам 23
Интегральные схемы 25
История персонального компьютера 26
Рождение ПК 26
ПК компании IBM 27
Индустрия ПК почти тридцать лет спустя 28

2 Компоненты ПК, его возможности и структура системы **31**
Что такое ПК 31
Кто определяет стандарты в индустрии программного обеспечения для ПК 32
Кто контролирует рынок аппаратных средств ПК 35
Системы “белой” сборки 37
Спецификации персональных компьютеров 38
Типы систем 39
Компоненты системы 40

3 Типы и спецификации микропроцессоров **43**
История микропроцессоров до появления ПК 43
Первый микропроцессор 43
Эволюция процессоров для ПК 47
Эволюция архитектуры процессоров: от 16 разрядов — к 64 49
Параметры процессоров 50
Шина данных 51
Шина адреса 51
Внутренние регистры (внутренняя шина данных) 55
Режимы процессора 56
Измерения производительности процессоров 60
Быстродействие процессора 61
Кэш-память 71
Функции процессора 78
Режим управления системой (SMM) 78
Суперскалярное выполнение 79
Технология MMX 80
Динамическое выполнение 83
Архитектура двойной независимой шины 84
Технология Hyper-Threading 85
Многоядерная технология 86
Производство процессоров 87
Перемаркировка процессора 92
Корпус PGA 93
Корпуса SEC и SEP 94
Гнезда для процессоров 96
Socket 370 (PGA-370) 99
Socket 423 100
Socket 478 102
Socket LGA775 (Socket-T) 102
Socket LGA1156 103
Socket LGA1366 104
Socket A (Socket 462) 105
Socket 754 106
Socket 939 и Socket 940 106
Socket AM2/AM2+/AM3 107
Socket F (1207FX) 109
Напряжение питания процессоров 109
Математические сопроцессоры 109
Ошибки процессоров 110
Кодовые названия процессоров 111
Первое поколение процессоров: P1 (086) 111
Второе поколение процессоров: P2 (286) 112
Третье поколение процессоров: P3 (386) 114
Процессор 386DX 115
Процессор 386SX 115
Процессор 386SL 116
Четвертое поколение процессоров: P4 (486) 116
Процессоры 486DX 117
Процессор 486SL 118
Процессоры 486DX2/OverDrive и 586DX4 118
AMD 486 (5x86) 119
Пятое поколение процессоров: P5 (586) 119
Процессоры Pentium первого поколения 120
Процессоры Pentium второго поколения 121
Процессор Pentium MMX 123
Ошибки процессора Pentium 124
AMD-K5 125

Шестое поколение процессоров: P6 (686) 126
Процессор Pentium Pro 126
Процессор Pentium II 128
Процессор Pentium III 132
Celeron 133
Процессоры: P7 (Intel Pentium 4) 134
Pentium 4 Extreme Edition 137
Процессоры Pentium D и Pentium Extreme Edition 139
Процессоры Intel Core 141
Семейство процессоров Intel Core 2 141
Процессоры Intel Nehalem (Core i) 143
Процессоры AMD K6 144
Nexgen Nx586 144
Серия AMD-K6 146
Процессоры AMD K7 147
Процессор AMD Athlon 147
Процессор AMD Duron 148
Процессор AMD Athlon XP 149
Процессор Athlon MP 150
Процессоры AMD K8 150
AMD Athlon 64 и Athlon 64 FX 150
Процессор Sempron (Socket A) 154
Процессоры AMD Athlon X2, Athlon 64 X2 и 64 FX 154
Процессоры AMD K10 (Phenom) 155
Модернизация процессора 156
Разгон 157
Кварцевые кристаллы 158
Тактовые генераторы современных ПК 160
Советы по разгону 162
Частота шины и коэффициенты умножения 164
Охлаждение процессоров 166
Теплоотводы 166
Жидкостное охлаждение 171
Корпуса с улучшенными температурными характеристиками 172
Причины неисправности процессоров 177

4 Системные платы и шины 179

Формфакторы системных плат 179
Устаревшие формфакторы 180
ATX и другие современные формфакторы 192
Гнезда для процессоров 203
Наборы микросхем системной логики 205
Эволюция наборов микросхем 206
Наборы микросхем системной логики компании Intel 207
Номера моделей наборов микросхем системной логики Intel 208
Архитектура графической системы Intel Integrated Graphics 209
Наборы микросхем системной логики для процессоров AMD 210
Архитектура “северный/южный мост” 210
Hub-архитектура 212
Высокоскоростные соединения между микросхемами северного и южного мостов 214
Первые наборы микросхем системной логики 386/486 компании Intel 214
Пятое поколение микросхем системной логики Pentium (P5) 215
Шестое поколение микросхем системной логики Pentium Pro и Pentium II/III (P6) 216
Седьмое и восьмое поколения микросхем системной логики для Pentium 4/D, Core 2, Core i 220
Семейство Intel 915 224
Семейство Intel 925X 225
Семейство Intel 945 Express 225
Наборы микросхем Intel 955X и 975X 225
Наборы микросхем Intel 96x 227
Наборы микросхем Intel 3x и 4x 227
Наборы микросхем Intel 5x 229
Наборы микросхем системной логики сторонних производителей для процессоров Intel 232
Наборы микросхем системной логики SiS 232
Наборы микросхем системной логики ULi для Pentium 4 234
Наборы микросхем системной логики ATI 236
Наборы микросхем системной логики VIA 237
Наборы микросхем системной логики для процессоров Athlon 239
Наборы микросхем системной логики AMD 239
Наборы микросхем системной логики VIA для AMD 240
Наборы микросхем системной логики SiS для процессоров AMD 242
Наборы микросхем системной логики NVIDIA nForce для процессоров AMD 244
Наборы микросхем системной логики ATI Radeon IGP 245
Наборы микросхем системной логики для процессора Athlon 64 247
Набор микросхем AMD-8000 (8151) 247
Чипсеты ATI (AMD) 248
Наборы микросхем VIA для процессора Athlon 64 249
Наборы микросхем NVIDIA для процессора Athlon 64 249
Наборы микросхем SiS для процессора Athlon 64 252
Микросхемы Super I/O 255
Разъемы системной платы 256
Типы, назначение и функционирование шин 264
Шина процессора (FSB) 270

Вычисление производительности процессорной шины 274
Типы шин ввода-вывода 275
Шина ISA 276
Шина MCA 279
Шина EISA 279
Локальные шины (VESA, PCI, PCI Express, AGP) 280
Системные ресурсы 290
Прерывания 291
Каналы прямого доступа к памяти (DMA) 295
Адреса портов ввода-вывода 297
Устранение конфликтов, возникающих при использовании ресурсов 299
Применение шаблона таблицы конфигурации 301
Системы Plug and Play 304
Выбор системной платы 305
Документация к системной плате 307

5 BIOS: базовая система ввода-вывода 309

Основы BIOS 309
Системная BIOS 313
Микросхемы ПЗУ 314
Затенение ПЗУ 316
Типы микросхем ПЗУ 316
Производители ROM BIOS 320
Аппаратное и программное обеспечение BIOS 322
Обновление BIOS 323
Где взять обновленную версию BIOS 324
Определение версии BIOS 324
Проверка даты создания BIOS 325
Создание резервной копии BIOS 325
Восстановление параметров CMOS BIOS 326
Обновление Flash BIOS 326
Распределение CMOS-памяти 333
Вопросы совместимости с датой “2000 год” 335
Среда предварительной загрузки 335
Параметры CMOS 337
Запуск программы Setup BIOS 337
Основное меню программы Setup BIOS 338
Параметры меню Maintenance 338
Параметры меню Main 339
Параметры меню Advanced 340
Параметры меню Security 350
Параметры меню Power 351
Параметры меню Boot (Boot Sequence или Order) 352
Параметры меню Exit 354
Дополнительные параметры программы настройки BIOS 354
Plug and Play BIOS 355
Идентификаторы устройств, соответствующих спецификации Plug and Play 356
Интерфейс ACPI 356
Сообщения об ошибках BIOS и MBR 357
Основные сообщения об ошибках загрузки BIOS 358
Сообщения об ошибках загрузки MBR 360

6 Оперативная память 363

Основные понятия 363
Память типа ROM 365
Память типа DRAM 366
Кэш-память — SRAM 367
Типы ОЗУ и производительность 370
Память FPM 372
Память EDO 373
Память SDRAM 374
Память DDR SDRAM 375
Память DDR2 SDRAM 377
Память DDR3 379
Память RDRAM 380
Модули памяти 383
Модули SIMM, DIMM и RIMM 384
Регистровые модули 389
Сведения о SIMM 390
Сведения о SDR DIMM 393
Сведения о DDR DIMM 393
Сведения о DDR2 DIMM 394
Сведения о DDR3 DIMM 394
Сведения о RIMM 394
Определение объема и других характеристик модулей памяти 395
Банки памяти 398
Быстродействие памяти 399
Контроль четности и коды коррекции ошибок (ECC) 399
Контроль четности 402
Схема проверки четности 402
Код коррекции ошибок 405
Увеличение объема памяти 405
Стратегии модернизации 405
Приобретение модулей памяти 407
Замена модулей памяти более емкими версиями 409
Установка модулей памяти 409
Устранение ошибок памяти 412
Процедуры локализации дефекта памяти 415
Логическая организация памяти 417

7 Интерфейс ATA/IDE 421

Краткий обзор 421
История развития интерфейса IDE 422
Происхождение IDE 422
Происхождение ATA 423
Стандарты ATA 424
Стандарт ATA-1 426
Стандарт ATA-2 426
Стандарт ATA-3 427
Стандарт ATA/ATAPI-4 427
Стандарт ATA/ATAPI-5 428
Стандарт ATA/ATAPI-6 429

Стандарт ATA/ATAPI-7 430
Стандарт SATA/ATAPI-8 431
Параллельный интерфейс ATA 431
Разъем ввода-вывода параллельного ATA 431
Кабель ввода-вывода параллельного ATA 434
Длинные и круглые кабели 435
Управляющие сигналы параллельного интерфейса ATA 436
Подключение двух жестких дисков PATA 437
Режимы обмена данными PIO параллельного ATA 439
Режимы обмена данными DMA параллельного ATA 440
Serial ATA 441
Кабели и разъемы SATA 443
Конфигурирование устройств SATA 445
Интерфейс AHCI 446
Режимы обмена данными SATA 447
Функции ATA 448
Команды интерфейса ATA 448
Режим безопасности ATA 450
Защищенная область 451
Интерфейс ATAPI (ATA Packet Interface) 452
Ограничения емкости дисков ATA 452
Префиксы десятичных и двоичных множителей 453
Ограничения BIOS 454
Методы адресации CHS и LBA 454
Преобразования CHS/LBA и LBA/CHS 455
Команды BIOS и ATA 456
Ограничения CHS (преодоление ограничения в 528 Мбайт) 457
CHS-трансляция (преодоление ограничения в 528 Мбайт) 459
Преодоление ограничений емкости в 2,1 и 4,2 Гбайт 461
Трансляция LBA-Assist 463
Преодоление ограничения емкости в 8,4 Гбайт 466
Преодоление барьера в 137 Гбайт 467
Ограничения операционных систем и различного программного обеспечения 469
PATA/SATA RAID 470

8 Устройства магнитного хранения данных 475

Хранение данных на магнитных носителях 475
История развития устройств хранения данных на магнитных носителях 475
Как магнитное поле используется для хранения данных 476
Конструкции головок чтения/записи 480
Ферритовые головки 480
Головки с металлом в зазоре 481
Тонкопленочные головки 481
Магниторезистивные головки 482
Гигантские магниторезистивные головки 484
Ползунки 485
Способы кодирования данных 487
Частотная модуляция (FM) 488
Модифицированная частотная модуляция (MFM) 488
Кодирование с ограничением длины поля записи (RLL) 489
Сравнение способов кодирования 490
Декодеры PRML 492
Измерение емкости накопителя 492
Поверхностная плотность записи 493
Перпендикулярная магнитная запись 495

9 Накопители на жестких дисках 499

Что такое жесткий диск 499
Достижения в развитии накопителей 500
Формфакторы 501
5,25-дюймовые накопители 502
3,25-дюймовые накопители 503
2,5-дюймовые накопители 503
1,8-дюймовые накопители 503
1-дюймовые накопители 504
Принципы работы накопителей на жестких дисках 504
Несколько слов о наглядных сравнениях 506
Дорожки и секторы 507
Форматирование дисков 510
Основные компоненты жестких дисков 514
Диски 515
Рабочий слой диска 516
Головки чтения/записи 518
Механизмы привода головок 519
Воздушные фильтры 527
“Акклиматизация” жестких дисков 529
Шпиндельный двигатель 529
Платы управления 531
Кабели и разъемы накопителей 531
Элементы конфигурации 532
Характеристики накопителей на жестких дисках 532
Емкость 532
Быстродействие 535
Надежность 539
Стоимость 542

10 Накопители со сменными носителями 543

Назначение накопителей со сменными носителями 543
Накопители на основе флеш-памяти 543
Магнитные дисковые накопители 544
Магнитные ленточные накопители 544
Флеш-память 544

Типы устройств флеш-памяти 545
Сравнение устройств флеш-памяти 551
Перемещение устройств флеш-памяти из камеры в компьютер 553
Технология Microdrive 554
Магнитные устройства хранения высокой емкости 555
Дисковод для гибких дисков 555
Дисковод формата 3,5 дюйма для дисков емкостью 1,44 Мбайт 556
Интерфейсы накопителей на гибких дисках 557
Компоненты дисковода 557
Использование дисковода операционной системой 563
Перемычка смены дискеты 564
Типы и параметры дискет 564
Правила обращения с дискетами и дисководами 566
Накопители на магнитной ленте 568
Недостатки ленточных накопителей резервного копирования 568
Преимущества ленточных накопителей резервного копирования 569
Магнитооптические накопители 569

11 Устройства оптического хранения данных 571

Оптические технологии 571
Оптические технологии на основе компакт-дисков 572
Компакт-диски: немного истории 572
Технология записи компакт-дисков 573
Массовое производство CD-ROM 574
Записывающие накопители на компакт-дисках 585
Спецификации MultiRead 592
Накопители DVD 594
История DVD 594
Технология и производство DVD 595
Дорожки и секторы DVD 596
Обработка ошибок DVD 599
Емкость DVD (слои и стороны) 601
Кодирование данных на диске 604
Стандарты перезаписываемых DVD 604
Многоформатные перезаписывающие накопители DVD 612
Стандарт Blu-ray Disc 612
Стандарт HD-DVD 614
Форматы оптических носителей 614
Форматы компакт-дисков и накопителей 614
Стандарты и форматы DVD 623
Файловые системы CD-ROM 626
Копирование цифрового звука с дисков 632
Музыкальные диски формата CD-R/RW 633
Защита от копирования компакт-дисков 633
Управление цифровыми правами 634
Защита от копирования DVD 635
Спецификации и типы накопителей CD/DVD 638
Скорость передачи данных 638
Быстродействие накопителей на компакт-дисках 638
Быстродействие накопителей DVD 641
Время доступа 643
Буфер/кэш-память 643
Прямой доступ к памяти 644
Интерфейс 644
Механизм загрузки 645
Другие особенности накопителей на компакт-дисках 645
Программное обеспечение для записи 646
Обеспечение надежности записи компакт-дисков 646
Загрузка с гибкого диска с поддержкой накопителя CD/DVD 648
Загрузочные компакт-диски и DVD — El Torito 648
LightScribe и LabelFlash 649
Устранение проблем, связанных с оптическими накопителями 649
Уход за оптическими носителями 653
Обновление прошивки перезаписывающих накопителей CD/DVD 654

12 Видеоадаптеры и мониторы 657

Технологии отображения информации 657
Видеоадаптеры 658
Типы видеоадаптеров 658
Системные платы с интегрированным графическим ядром 659
Компоненты видеоадаптера 661
Выбор графического и системного наборов микросхем 662
Видеопамять 663
Цифроаналоговый преобразователь 667
Интерфейсы видеоадаптеров 667
Системный интерфейс (шина) 667
Дисплейный интерфейс 669
Цифровые дисплейные интерфейсы 673
Стандарты формирования видеосигнала 683
Ускорители трехмерной графики 684
Как работает ускоритель трехмерной графики 685
Интерфейс прикладного программирования 690
Рендеринг сцен с использованием двух графических процессоров 692
Наборы микросхем для обработки трехмерной графики 694
Мониторы 694
Спецификации мониторов 694

Жидкокристаллические мониторы 704
Как работает электронно-лучевой монитор 706
Плазменные дисплеи 709
Жидкокристаллические и плазменные проекторы 709
Использование нескольких мониторов 711
Технология Dualview 712
Гомогенные адаптеры 712
Гетерогенные адаптеры 713
Устройства захвата видео 713
Устранение неполадок и поддержка видеоадаптеров и мониторов 716
Устранение неисправностей видеоадаптеров и драйверов 717
Видеодрайвер 718
Уход за монитором 719
Тестирование монитора 719
Настройка мониторов 721
“Битые” пиксели 721
Устранение неисправностей мониторов 722
Ремонт мониторов 723

13 Аудиоустройства 725

Первые звуковые адаптеры 726
Ограничения совместимости Sound Blaster Pro 726
DirectX и звуковые адаптеры 726
Поддержка старых звуковых устройств посредством виртуализации 726
История развития мультимедиа 727
Компоненты аудиосистемы 728
Разъемы звуковых плат 728
Дополнительные разъемы 730
Управление громкостью 732
MIDI-синтезаторы 732
Сжатие данных 733
Многофункциональные сигнальные процессоры 733
Драйверы звуковых плат 734
Звуковые платы для звукооператоров 734
Звуковые платы: основные понятия и термины 734
Природа звука 734
Оценка качества звукового адаптера 735
Дискретизация 735
Наборы микросхем системной логики с интегрированной аудиосистемой 736
Интегрированная аудиосистема AC’97 737
Интегрированная аудиосистема Intel HD Audio 739
Установка звуковой платы 739
Выбор разъема расширения 740
Подключение акустической системы и завершение установки звуковой платы 741
Подключение стереосистемы 741
Устранение неисправностей звуковых плат 742
Аппаратные конфликты 742
Другие неисправности звуковых плат 743
Акустические системы 746
Критерии выбора динамиков 747
Системы объемного звучания 749
Микрофоны 750

14 Внешние интерфейсы ввода-вывода 751

Знакомство с портами ввода-вывода 751
Сравнение последовательных и параллельных подключений 751
Универсальная последовательная шина USB 752
IEEE 1394 (FireWire или i.Link) 766
Сравнение USB и IEEE 1394 (FireWire) 770
Производительность: мифы и реальность 772
“Горячее” подключение (и отключение) 774
Низкоскоростные внешние подключения 777
Последовательные порты 777
Параллельные порты 781

15 Устройства ввода 785

Клавиатуры 785
Расширенная 101-клавишная клавиатура 785
104-клавишная клавиатура Windows 787
Устройство клавиатуры 788
Конструкции клавиш 788
Интерфейс клавиатуры 793
Автоматическое повторение 795
Номера клавиш и скан-коды 795
Международные раскладки клавиатуры и языки 797
Разъемы для подключения клавиатуры и мыши 797
Клавиатуры с интерфейсом USB 799
Клавиатуры с дополнительными функциональными возможностями 800
Поиск неисправностей и ремонт клавиатуры 800
Разборка клавиатуры 802
Чистка клавиатуры 802
Рекомендации по выбору клавиатуры 802
Устройства позиционирования 803
Мышь шарового типа 804
Оптическая мышь 804
Интерфейсы устройств позиционирования 807
Устранение неисправностей мыши 810
Колесо прокрутки 810
Устройство TrackPoint II/III/IV 811
Альтернативные устройства 813
Беспроводные устройства ввода данных 816
Возможности управления режимом питания беспроводных устройств ввода 818
Возможные проблемы беспроводных устройств 818

16 Подключение к Интернету 821
Способы подключения к Интернету 821
Широкополосный доступ к Интернету 822
Кабельные модемы 822
Цифровая абонентская линия (DSL) 826
Фиксированная беспроводная широкополосная сеть 828
Доступ к Интернету с помощью спутника 830
Сеть ISDN 832
Выделенные линии 832
Сравнение высокоскоростных средств доступа к Интернету 834
Коммутируемые модемы 834
Стандарты модемов и протоколы 836
Боды и биты 837
Стандарты модуляции 837
Протоколы коррекции ошибок 839
Стандарты сжатия данных 839
Модемы со скоростью передачи 56 Кбит/с 840
Безопасность доступа к Интернету 843
Запасной вариант доступа 844
Совместное использование подключения к Интернету 844
Маршрутизаторы для обеспечения общего доступа 845
Использование индикаторов для диагностирования соединения 847

17 Локальные сети 849
Что такое сеть 849
Типы сетей 850
Требования к сети 850
Архитектура “клиент/сервер” и одноранговые сети 851
Сеть “клиент/сервер” 851
Одноранговая сеть 852
Сравнение одноранговой сети и сети “клиент/сервер” 853
Обзор сетевых протоколов 854
Проводная сеть Ethernet 854
Беспроводная сеть Ethernet 856
Какой из беспроводных стандартов лучше 861
Bluetooth 862
Аппаратное обеспечение сети 863
Сетевые адаптеры 863
Сетевые кабели 865
Топологии сети 873
Концентраторы и коммутаторы для Ethernet 876
Оборудование беспроводных сетей 879
Сетевые протоколы 884
IP и TCP/IP 885
IPX 886
NetBEUI 886
Альтернативные способы организации домашней сети 886
HomePNA 887
Организация сети с помощью линий электропередачи 887
Настройка сети 889
Сетевой адаптер 889
Кабельное соединение компьютеров 890
Концентратор/коммутатор/точка доступа 890
Запишите сведения о сети 891
Установка сетевого программного обеспечения 891
Полезные советы 893
Совместный доступ к ресурсам 893
Настройка системы безопасности 893
Совместный доступ к Интернету 893

18 Блоки питания 895
Назначение и принципы работы блоков питания 895
Положительное напряжение 896
Отрицательное напряжение 897
Сигнал Power_Good 898
Формфакторы блоков питания 899
Устаревшие формфакторы 901
Современные формфакторы 901
Выключатели питания 914
ATX и более новые стандарты 915
Выключатели PC/XT/AT и LPX 916
Разъемы питания системной платы 917
Разъемы блоков питания AT/LPX 918
Разъемы питания ATX и ATX12V 1.x 919
Совместимость с существующими и будущими решениями 931
Собственная (нестандартная) конструкция ATX компании Dell 933
Дополнительные разъемы питания 936
Разъемы питания периферийных устройств 937
Разъем питания дисковода 937
Разъемы питания Serial ATA 939
Соединители PCI Express x16 940
Спецификации блоков питания 941
Нагрузка блоков питания 942
Мощность блоков питания 943
Другие параметры блоков питания 944
Коррекция коэффициента мощности 946
Сертификаты безопасности блоков питания 948
Расчет потребляемой мощности 949
Вопросы выключения питания 950
Управление питанием 954
Системы, обладающие сертификатом Energy Star 954
Усовершенствованная система управления питанием 954

Усовершенствованная конфигурация и интерфейс питания 955
Проблемы, связанные с блоками питания 958
Перегрузка блока питания 959
Недостаточное охлаждение 959
Цифровые мультиметры 960
Специальная измерительная аппаратура 963
Замена блоков питания 964
Поставщики блоков питания 965
Защитные устройства в сети питания 965
Ограничители выбросов 967
Ограничители выбросов в телефонной линии 967
Сетевые фильтры-стабилизаторы 968
Источники бесперебойного питания 968
Батареи RTC/NVRAM 971
Современные батареи CMOS 971
Устаревшие или уникальные батареи CMOS 973
Устранение неполадок батареи CMOS 973

19 Сборка и модернизация компьютера 975

Компоненты компьютера 975
Корпус с блоком питания 977
Процессор 977
Системная плата 978
Память 979
Порты ввода-вывода 979
Жесткие диски 981
Накопители на сменных носителях 981
Устройства ввода 981
Видеоадаптер и монитор 982
Звуковая плата и акустические системы 982
Вспомогательные компоненты 983
Программные и аппаратные ресурсы 983
Сборка и разборка компьютеров 984
Подготовка к работе 984
Установка системной платы 987
Установка процессора и теплоотвода 987
Установка модулей памяти 989
Закрепление системной платы в корпусе 990
Подключение блока питания 994
Подключение к системной плате кабелей от устройств ввода-вывода и других соединителей 996
Установка накопителей 998
Установка нового видеоадаптера и драйвера 1001
Установка плат расширения 1001
Закрываем корпус и подключаем внешние кабели 1003
Загрузка системы 1003
Устранение неполадок после сборки системы 1005
Установка операционной системы 1006

20 Средства диагностики и техническое обслуживание 1007

Диагностика ПК 1007
Программы диагностики 1007
Самопроверка при включении (POST) 1008
Диагностика аппаратного обеспечения 1018
Диагностические средства операционной системы 1019
Коммерческие диагностические программы 1020
Бесплатные средства диагностики 1020
Загрузка 1021
Загрузка: начальный этап, не зависящий от типа установленной операционной системы 1021
Загрузка DOS 1025
Загрузка Windows 9*x*/Me 1026
Загрузка Windows NT/2000/XP 1026
Особенности процесса загрузки Windows Vista/7 1027
Инструменты и приборы 1028
Подручные инструменты 1029
Вопросы безопасности 1032
Тестовое оборудование 1033
Специальные инструменты для энтузиастов 1038
Программа профилактических мероприятий 1039
Методы активного профилактического обслуживания 1040
Пассивные профилактические меры 1044
Основные направления поиска и устранения неисправностей 1048
Заменить или ремонтировать? 1049
Устранение проблем путем замены компонентов 1049
Выявление неисправностей при загрузке системы 1050
Проблемы при выполнении теста POST 1052
Проблемы программного обеспечения 1052
Проблемы с адаптерами 1052
Способы устранения наиболее распространенных проблем 1053

Предметный указатель 1065

Об авторе

Скотт Мюллер — президент компании Mueller Technical Research (MTR), которая занимается исследованиями технологий персональных компьютеров и обучением сотрудников различных компаний. Начиная с 1982 года MTR предоставляет консультационные услуги по внедрению самых современных и высокоэффективных аппаратных средств в инфраструктуры крупных компаний, а также проводит корпоративные технические семинары. В списке клиентов MTR значатся компании из рейтинга *Fortune 500*, государственные организации США и других стран, известные корпорации, занимающиеся разработкой программных и аппаратных систем, а также многочисленные энтузиасты современных технологий. Семинары Скотта Мюллера прослушали тысячи профессионалов по всему миру.

Наибольшую известность Скотт получил как автор самой долгоживущей, популярной и содержательной книги о персональных компьютерах — *Модернизация и ремонт ПК*, которая стала основой целой серии книг, в том числе *Модернизация и ремонт сетей*, *Модернизация и ремонт ноутбуков*, а также *Модернизация и ремонт серверов*.

О Скотте писали в журнале *Forbes*, он сам написал несколько статей для журналов *PC World* и *Maximum PC*. Он также пишет статьи для своего форума и сайта этой книги.

Подробную информацию об учебных семинарах MTR можно получить из следующих источников:

Веб-сайт:	`www.muellertech.com`
Электронная почта:	`info@muellertech.com`
Форум:	`www.forum.scottmueller.com`

Если у вас есть какие-либо предложения для следующего издания этой книги, комментарии к материалу в целом, а также вопросы, ответы на которые вы хотели бы получить в книге, отправьте Скотту сообщение по адресу `scottmueller@compuserve.com`.

Благодарности

Хочу выразить особую признательность Рику Кугену (Rick Kughen) из издательства Que. На протяжении многих лет именно благодаря его усилиям эта книга, а также другие книги данной серии постоянно находились на вершине популярности. После работы над книгой *Модернизация и ремонт ПК* у Рика заметно прибавилось седины, о чем я искренне сожалею.

Я глубоко признателен Тодду Бракке (Todd Brakke), который в очередной раз доказал, что он один из лучших редакторов. Его превосходные советы и предложения обеспечили максимально возможную актуальность книги. Особая благодарность Барту Риду (Bart Reed) и Джоване Сан Николас-Ширли (Jovana San Nicolas-Shirley), которые очень помогли с техническим редактированием. Хотелось бы поблагодарить всех остальных редакторов, художников, дизайнеров и технических специалистов издательства Que, благодаря которым удалось получить полноценную книгу и выпустить ее в свет.

Хочу выразить признательность издателю Грегу Виганду (Greg Wiegand), стоявшему за всеми изданиями книги *Модернизация и ремонт ПК* и моими видеопроектами. Грег — мотоциклист-энтузиаст, и я надеюсь, что однажды мы проедемся вместе.

Большое спасибо сотрудникам Que, которые сделали все, дабы я почувствовал, что все мы — члены одной команды. Именно благодаря им я пишу настолько хорошие книги, насколько это вообще возможно.

Кроме того, хотелось бы поблагодарить Марка Сопера (Mark Soper), колоссальный опыт которого помог мне заполнить "белые пятна" этой книги. Особая благодарность Марку Реддину (Mark Reddin), который был первым техническим редактором этой книги, начиная с 13-го издания, и который не только тщательно проверил все детали, но и внес многочисленные предложения относительно неохваченных тем. Его вклад был чрезвычайно важен и позволил обеспечить высокий уровень достоверности и полноценно охватить материал.

Спасибо читателям, которые направили мне немало замечаний и предложений. Пожалуйста, присылайте мне свои комментарии и даже критические замечания. Я отношусь к ним исключительно серьезно и учитываю при подготовке к изданию следующих редакций книги. Именно открытое общение с читателями позволяет постоянно поддерживать книгу на гребне успеха.

И наконец, благодарю тысячи людей, которые посетили мои семинары. Они даже не подозревали, как много нового я узнал, слушая их вопросы!

Ждем ваших отзывов!

Вы, читатель этой книги, и есть главный ее критик. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересны любые ваши замечания в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам бумажное или электронное письмо либо просто посетить наш сайт и оставить свои замечания там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится ли вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Отправляя письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также свой обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию новых книг.

Наши электронные адреса:

E-mail:	`info@williamspublishing.com`
WWW:	`http://www.williamspublishing.com`

Наши почтовые адреса:

в России:	127055, г. Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1
в Украине:	03150, Киев, а/я 152

Введение

Перед вами новое, 19-е издание книги *Модернизация и ремонт ПК*! Несмотря на то что с момента ее первого издания в 1988 году вышло множество широко разрекламированных книг по данной тематике, ни одна из них не смогла сравниться с ней по глубине и качеству информации. Это наиболее всесторонняя, полная и актуальная книга по аппаратному обеспечению персональных компьютеров (ПК) из имеющихся на рынке. В новой редакции были дополнены, отредактированы или переработаны сотни страниц. В настоящее время компьютерные технологии развиваются быстрее, чем когда бы то ни было, и в этом издании предоставлена наиболее всесторонняя и содержательная информация.

Книга предназначена для пользователей, профессионалов и энтузиастов, которые хотят знать о компьютере все: с чего началась эра компьютеров, как они развивались, как их модернизировать и поддерживать, как устранять неисправности. Здесь рассматривается широкий диапазон PC-совместимых компьютеров — от 8-разрядных машин до современных 64-разрядных рабочих станций с двухъядерными процессорами. Тем, кто хочет узнать все о современном ПК, начиная с истории и заканчивая последними тенденциями, просто не обойтись без этой книги и прилагаемого к ней компакт-диска.

Немалое внимание уделяется и другим важнейшим компонентам современного ПК, также играющим огромную роль в обеспечении работоспособности и надежности компьютера. Эта книга поможет разобраться, почему набор микросхем системной платы является основным компонентом ПК и что может случиться, если мощности старого блока питания окажется недостаточно для обеспечения работы только что приобретенного сверхмощного процессора. Большой объем материала посвящен таким решениям и технологиям, как новые процессоры, графические адаптеры, звуковые платы, PCI Express 2.x, устройства Blu-ray, интерфейсы Serial ATA, USB 2.0 и FireWire и др.

О чем эта книга

Главное назначение настоящего издания — помочь читателям освоить компьютер и научиться модернизировать и ремонтировать его. Эта книга даст вам полное представление о компьютерах, которые были разработаны на базе первого IBM PC и сейчас называются PC-совместимыми системами. В ней рассматривается все, что имеет отношение к компьютерной технике (материнские платы, процессоры и даже корпуса и блоки питания), обсуждаются вопросы сервисного обслуживания различных узлов компьютеров, описываются наиболее уязвимые элементы компьютера и методики поиска неисправностей. Здесь вы также ознакомитесь с мощными аппаратными и программными диагностическими средствами, с помощью которых можно определить и устранить причину неисправности.

Быстродействие и производительность ПК постоянно растут. Появление каждого нового процессора — это еще один шаг вперед в развитии компьютерной техники. В настоящем издании представлены все процессоры, используемые в PC-совместимых компьютерных системах.

В книге описываются важнейшие различия между основными системными архитектурами — от технологии ISA до последнего стандарта интерфейса PCI Express. Предоставляемая информация поможет вам при покупке ПК, его модернизации в будущем и решении различных проблем.

В современных компьютерах емкость различных накопителей растет буквально в геометрической прогрессии. Поэтому в книге упоминаются быстродействующие накопители на жестких дисках, не только находящиеся в серийном производстве, но и планируемые к выпуску.

Освоив представленный в книге материал, вы сможете модернизировать и отремонтировать практически любой компьютер и его компоненты.

Что содержится на прилагаемом компакт-диске

К этой книге прилагается компакт-диск, на котором представлен не менее важный материал, чем на ее страницах. На нем вы найдете мой знаменитый технический справочник, хранилище файлов PDF с материалом предыдущих изданий этой книги (на русском и английском языках), список производителей оборудования, а также детальный перечень кодов BIOS в формате PDF, который можно вывести на печать и всегда держать под рукой.

Все это вместе с материалом книги даст вам несравненно больше информации об аппаратной части компьютера, чем любой другой источник.

Сайт автора

Не забудьте посетить сайт InformIT Upgrading (`www.informit.com/upgrading`). На нем вы найдете обширный материал, который поможет при изучении книги. Он буквально заполнен "тоннами" полезной информации — от файлов видеозаписи до изменений в содержании книги и технологических новинок. Сайт предназначен для того, чтобы на протяжении года вы были в курсе наиболее значительных событий в области аппаратных компонентов ПК.

На сайте также представлены видеоматериалы из предыдущих изданий, не говоря уже о том, что это наилучшее место поиска информации по всем темам книг о модернизации и ремонте, выпущенных издательством QUE. Только за последний год мы выпустили следующие книги: *Upgrading and Repairing Servers*, *Upgrading and Repairing Windows* и *Upgraiding and Repairing Networks, 5th Edition*. На этом сайте вы также узнаете, какие новые книги автора готовятся к публикации.

Кроме того, сайт используется в качестве форума (`www.forum.scottmueller.com`), специально предназначенного для тех, кто приобрел мои книги и DVD. На нем я отвечаю на вопросы читателей и предлагаю другую адекватную помощь, так что не стесняйтесь задавать вопросы. Я мог бы отвечать каждому персонально, но мне хотелось бы, чтобы описанное решение конкретной проблемы было доступно и другим участникам форума. Каждый посетитель сайта может просмотреть этот форум, но, чтобы отправить свой вопрос, нужно зарегистрироваться (пароль для регистрации на форуме записан на диске). Однако даже без регистрации форум является беспрецедентным источником информации, так как открывает доступ к ответам на вопросы читателей, заданные за годы работы форума.

Личное замечание

Бывшего менеджера серии автомобилей Corvette компании General Motors Дейва МакЛеллана как-то спросили: "Какую из моделей серии Corvette вы предпочитаете?" На что он ответил: "Ту, которая появится в следующем году". Настоящее издание книги *Модернизация и ремонт ПК* — это модель следующего года уже сегодня. За ним последует еще один год и...

Я убежден, что эта книга — наилучшее издание такого рода из всех существующих ныне на рынке. Такой вывод позволили сделать многочисленные отзывы слушателей моих семинаров и преданных читателей этой книги. Я благодарен всем, кто помогал мне в работе над книгой, а также всем моим читателям, большинство из которых, как выяснилось, не пропустили ни одного ее издания. Встречаясь со многими из вас на семинарах, которые я веду с 1982 года, я с огромным удовольствием выслушиваю комментарии и критические замечания. Возможно, вам будет интересно узнать, что данную книгу я начал писать еще в 1985 году, после чего ис-

пользовал ее исключительно на своих семинарах по аппаратным средствам ПК, а в 1988 году она вышла в свет в издательстве Que.

Я писал и переписывал ее почти непрерывно более двадцати лет! Благодаря вашим комментариям, предложениям и поддержке *Модернизация и ремонт ПК* стала одной из самых полных и понятных книг по аппаратным средствам персональных компьютеров. Новое, 19-е издание, которое вы держите в руках, лучше всех предыдущих. И в этом ваша немалая заслуга. Я с нетерпением жду ваших отзывов о новом издании.

Скотт

ГЛАВА 1

Происхождение персональных компьютеров

История развития компьютеров: период до появления первого ПК

Персональный компьютер (*ПК*) так или иначе стал воплощением множества открытий и изобретений. Прежде чем обсуждать его устройство и возможности, скажем несколько слов об основных этапах развития компьютерной технологии.

Первые компьютеры были очень похожи на простейшие калькуляторы. Они прошли путь от простых механических до сложных цифровых электронных устройств.

Основные этапы развития компьютеров

Ниже перечислены события, которые тем или иным образом повлияли на развитие компьютерной техники.

1617 год	Джон Непер создал деревянную машину для простейших вычислений.
1642 год	Блез Паскаль описал машину для суммирования чисел.
1822 год	Чарльз Бэббидж представил механическое устройство, названное позднее *аналитической машиной*, которое можно считать первой настоящей вычислительной машиной.
1906 год	Ли Де Форест запатентовал вакуумный триод, использовавшийся в качестве переключателя в первых электронных компьютерах.
1936 год	Алан Тьюринг опубликовал статью *On Computable Numbers* (О вычислимых числах). В ней он описал воображаемый компьютер, который назвал *Машина Тьюринга*. Этот компьютер считается одним из прародителей современных компьютеров. В дальнейшем Тьюринг работал над взломом кода Enigma.
1936 год	Конрад Цузе начал работу над серией компьютеров и в 1941 году создал компьютер Z3 . Это была первая работающая модель электрического двоичного компьютера, в котором использовались электромеханические переключатели и реле.
1937 год	Джон Атанасов начал работу над компьютером Атанасова–Берри (ABC), который впоследствии будет официально признан первой электронно-вычислительной машиной.

1943 год	Томас Флауэрс разработал Colossus — секретный специализированный компьютер, предназначенный для расшифровки перехваченных сообщений немецких войск.
1945 год	Джон фон Нейман написал статью *First Draft of a Report on the EDVAC* (Первый черновик отчета о EDVAC), в которой рассматривалась архитектура современных программируемых компьютеров.
1946 год	Джон Мошли и Джон Преспер Эккерт создали электронно-вычислительную машину ENIAC.
1947 год	23 декабря Джон Бардин, Уолтер Браттейн и Уильям Шокли успешно протестировали первый транзистор, совершивший переворот в полупроводниковой технике.
1949 год	В Кембриджском университете Морис Уилкс создал первый практический программируемый компьютер EDSAC.
1950 год	Исследовательская организация в Миннеаполисе представила первый коммерческий компьютер ERA 1101.
1952 год	В Бюро переписи населения США установлен компьютер UNIVAC I.
1953 год	Компания IBM создала первый электронный компьютер 701.
1954 год	Впервые появился в продаже полупроводниковый транзистор стоимостью 2,5 доллара, созданный Гордоном Тилом из компании Texas Instruments, Inc.
1954 год	Компания IBM выпустила первый массовый калькулятор 650; в течение этого же года было продано 450 экземпляров данной модели.
1955 год	Компания Bell Laboratories анонсировала первый транзисторный компьютер TRADIC.
1956 год	В Массачусетском технологическом институте создан первый многоцелевой транзисторный программируемый компьютер TX-0.
1956 год	С появлением модели IBM 305 RAMAC начинается эра устройств магнитного хранения данных.
1958 год	Джек Килби из Texas Instruments, Inc. создал первую интегральную схему, состоящую из транзисторов и конденсаторов на одной полупроводниковой пластине.
1959 год	Компания IBM создала серию мэйнфреймов 7000 — первых транзисторных компьютеров для крупных компаний.
1959 год	Роберт Нойс (компании Fairchild Camera и Instrument Corp.) создал интегральную схему, расположив соединительные каналы непосредственно на кремниевой пластине.
1960 год	Компания Bell Laboratories разработала первый коммерческий модем Dataphone, преобразующий цифровые компьютерные данные в аналоговый сигнал для передачи по сети.
1961 год	По данным журнала *Datamation*, продукция IBM занимала 81,2% компьютерного рынка; в этом году IBM анонсировала серию систем 1400.
1964 год	Компания IBM анонсировала семейство компьютеров System/360 (6 совместимых модификаций и 40 периферийных устройств).
1964 год	Впервые в мире была проведена транзакция в реальном времени на системе IBM SABRE.
1965 год	Компания Digital Equipment Corporation анонсировала первый успешный коммерческий проект миникомпьютера PDP-8.
1969 год	По распоряжению Министерства обороны США были созданы четыре сайта сети ARPAnet, ставшей прообразом сегодняшнего Интернета. Два сайта были установлены на территории Калифорнийского университета (один — в Санта-Барбаре, другой — в Лос-Анджелесе) и по одному — в SRI International и в Университете штата Юта.
1971 год	В лаборатории IBM в Сан-Хосе создана 8-дюймовая дискета.
1971 год	В журнале *Electronic News* впервые появилась реклама микропроцессоров Intel 4004.
1971 год	В журнале *Scientific American* впервые появилась реклама одного из первых персональных компьютеров Kenback-1 стоимостью 750 долларов.
1972 год	"Дебют" микропроцессора Intel 8008.
1973 год	Роберт Меткалф описал метод сетевого соединения Ethernet в исследовательском центре Пало-Альто компании Xerox.
1973 год	Компания Micral выпустила первый коммерческий ПК на основе микропроцессора Intel 8008.
1973 год	Дон Ланкастер создал на основе телевизионного приемника первый алфавитно-цифровой монитор TV Typewriter.
1974 год	В исследовательском центре Пало-Альто компании Xerox создана рабочая станция, в качестве устройства ввода которой использовалась мышь.
1974 год	Компания Scelbi объявила о создании компьютера "Селби-8Н" — первого коммерческого компьютера на базе микропроцессора Intel 8008.
1975 год	Появилась первая коммерческая сеть с пакетной коммутацией Telenet — гражданский аналог ARPAnet.
1975 год	В январском выпуске журнала *Popular Electronics* описан компьютер Altair 8800, созданный на базе процессора Intel 8080.
1976 год	Стив Возняк создал компьютер Apple I, смонтированный на одной плате.
1976 год	Компанией Shugart Associates анонсированы первый 5,25-дюймовый гибкий диск и дисковод.
1977 год	Компания Tandy Radio Snack выпустила компьютер TSR-80.
1977 год	Создан компьютер Apple II.
1977 год	Компания Commodore выпустила компьютер PET (Personal Electronic Transactor).

1979 год	Компания Motorola выпустила микропроцессор 68000.
1980 год	Компания Seagate Technologies выпустила первый жесткий диск для микрокомпьютеров.
1981 год	Компания Xerox представила Star — первый ПК с графическим интерфейсом пользователя (GUI).
1981 год	Адам Осборн выпустил первый портативный компьютер Osborne I стоимостью 1795 долларов.
1981 год	Компания IBM выпустила свой первый персональный компьютер PC.
1981 год	Компания Sony анонсировала первую 3,5-дюймовую дискету и дисковод.
1981 год	Компании Philips и Sony представили дисковод CD-DA (компакт-диск с цифровой звукозаписью). Проигрыватель компакт-дисков, созданный компанией Sony, стал первым на компьютерном рынке.
1983 год	Компания Apple выпустила компьютер Lisa с первым графическим интерфейсом пользователя.
1983 год	Компания Compaq Computer Corp. выпустила первый клон компьютера IBM PC.
1984 год	Компания Apple приступила к выпуску первого ''обреченного'' на успех компьютера с графическим интерфейсом пользователя, который принес 1,5 млн. долларов только за этот год.
1984 год	Компания IBM выпустила компьютер PC-AT (PC Advanced Technology), который по быстродействию в три раза превосходил ранее созданные модели. Этот компьютер был разработан на базе микропроцессора Intel 286 и имел 16-разрядную шину ISA. Компьютер AT считается родоначальником всех современных ПК.
1985 год	Компания Philips выпустила первый музыкальный компакт-диск и накопитель CD-ROM.
1986 год	Компания Compaq выпустила компьютер Deskpro 386, в котором впервые был установлен процессор Intel 386.
1987 год	Компания IBM приступила к производству компьютеров семейства PS/2, в которых были установлены 3,5-дюймовый дисковод и VGA-видеоадаптер.
1988 год	Один из основателей компании Apple Стив Джобс, покинув ее, создал собственную компанию — NeXT.
1988 год	Compaq и другие производители PC-совместимых систем разработали новую, улучшенную архитектуру компьютера.
1988 год	Роберт Моррис создал и запустил своего ''червя'' в ARPAnet; по различным оценкам, заражено от 6 до 60 тыс. сайтов.
1989 год	Компания Intel выпустила процессор 486, который содержал миллион транзисторов.
1990 год	Тим Бернерс-Ли, сотрудник Женевской лаборатории физики высоких энергий (CERN), разработал гипертекстовый язык разметки (HTML), тем самым начав эру Всемирной паутины (World Wide Web — WWW).
1993 год	Компания Intel выпустила первый процессор Pentium из семейства P5. Кроме того, Intel разработала для него набор микросхем системной логики.
1995 год	Компания Intel начала продавать процессор Pentium Pro (первый представитель семейства P6).
1995 год	Компания Microsoft представила первую 32-разрядную операционную систему Windows 95.
1997 год	Компания Intel выпустила процессор Pentium II, построенный на базе Pentium Pro с поддержкой инструкций MMX.
1997 год	Компания AMD представила процессор K6, совместимый с Intel P5 (Pentium).
1998 год	Компания Microsoft анонсировала новую версию своей операционной системы Windows 98.
1998 год	Компания Intel выпустила Celeron, представляющий собой дешевую версию процессора Pentium II. Первые процессоры этого типа выпускались без кэш-памяти, но уже через несколько месяцев Intel представила версии с уменьшенной, но более быстродействующей кэш-памятью второго уровня.
1999 год	Компания AMD представила процессор Athlon.
1999 год	Компания Intel выпустила процессор Pentium III, построенный на базе Pentium II с поддержкой инструкций SSE (Streaming SIMD Extensions).
1999 год	Комитет IEEE официально утвердил беспроводные стандарты 802.11a 54Mbps (5 ГГц) и 802.11b 11Mbps (2,4 ГГц). Для сертификации продуктов 802.11b создана организация Wi-Fi Alliance.
2000 год	Представлены сертифицированные продукты Wi-Fi 802.11b, что привело к быстрому распространению беспроводных сетей.
2000 год	Компания Microsoft выпустила Windows Me (Millennium Edition) и Windows 2000.
2000 год	Компании Intel и AMD объявили о выпуске процессоров с тактовой частотой 1 ГГц.
2000 год	Компания AMD представила Duron, более дешевую версию процессора Athlon с уменьшенным объемом кэш-памяти второго уровня.
2000 год	Компания Intel представила Pentium 4, новейший процессор с 32-разрядной архитектурой (IA-32) семейства Intel.
2001 год	Отмечается 20-я годовщина со дня выпуска первого компьютера — IBM PC.
2001 год	Компания Intel представила первый процессор с рабочей частотой 2 ГГц, которым стала одна из версий Pentium 4. Потребовалось двадцать восемь с половиной лет для того, чтобы пройти путь от 108 кГц до 1 ГГц, и всего лишь полтора года для того, чтобы повысить рабочую частоту процессора с 1 до 2 ГГц.
2001 год	Компания Microsoft выпустила Windows XP Home и Professional, впервые объединив потребительскую (9x/Me) и корпоративную (NT/2000) операционные системы на основе технологии Windows NT.
2001 год	Компания Atheros представила первые высокоскоростные беспроводные чипы стандарта 802.11a 54Mbps, благодаря чему продукты стандарта 802.11a наконец вышли на рынок

2002 год	На рынке появился первый процессор Pentium 4, преодолевший рубеж 3 ГГц. В процессоре также впервые реализована технология Hyper-Threading (HT), позволяющая одному физическому процессору одновременно выполнять два потока приложений.
2003 год	Компания Intel выпустила процессор Pentium M, разработанный специально для мобильных систем и обеспечивающий малое энергопотребление, а значит, длительное время работы от батарей и при этом относительно высокое быстродействие. Процессор Pentium M — основа торговой марки Centrino компании Intel.
2003 год	Компания AMD представила Athlon 64 — первый 64-разрядный процессор, ориентированный на использование в домашних и офисных системах.
2003 год	Комитет IEEE официально утвердил стандарт высокоскоростного беспроводного взаимодействия по сети 802.11g, обеспечивающий скорость передачи данных 54 Мбит/с.
2004 год	Компания Intel представила процессор Pentium 4 на ядре Prescotte — первый PC-совместимый процессор, производимый по 90 нм технологии
2004 год	Компания Intel представила технологию EM64T (Extended Memory 64 Technology) — 64-разрядное расширение к архитектуре IA-32 компании Intel. EM64T программно совместима (и нацелена на тот же сегмент рынка) с технологией x86-64 (AMD64), разработанной AMD; при этом она не совместима с 64-разрядными процессорами Itanium.
2005 год	Компания Microsoft представила операционную систему Windows XP x64 Edition, которая поддерживает процессоры с расширениями AMD64 и EM64T.
2005 год	Началась эра многоядерных процессоров. Компания Intel представила двухъядерные процессоры Pentium D 8*xx* и Pentium Extreme Edition 8*xx*. Впоследствии компания AMD представила двухъядерные процессоры Athlon 64 X2.
2006 год	Компания Apple представила первый компьютер Macintosh, основанный на архитектуре и технологиях PC, что в четыре раза повысило быстродействие традиционных компьютеров Mac.
2006 год	Компания Intel представила первый четырехъядерный процессор для ПК — Core 2 Extreme.
2006 год	Компания Microsoft выпустила долгожданную систему Windows Vista для корпоративных пользователей. На потребительский рынок эта система вышла в начале 2007 года.
2007 год	Компания Intel выпустила набор микросхем системной логики серии 3x с поддержкой памяти DDR3 и интерфейса PCI Express 2.0, что вдвое увеличило общую пропускную способность шины.
2007 год	Компания AMD представила процессоры Phenom, первые четырехъядерные процессоры, в которых все четыре ядра содержатся на одном кристалле.
2008 год	Компания Intel выпустила процессоры Core i7 (Nehalem), четырехъядерные процессоры с поддержкой технологии Hyper-Threading (для операционной системы тем самым стали доступны восемь ядер) и встроенным трехканальным контроллером памяти.
2008 год	Компания Intel представила наборы микросхем семейств 4x и 5x, поддерживающие процессоры Core i7 со встроенным контроллером памяти.
2009 год	Компания Microsoft выпустила операционную систему Windows 7, значительно улучшенную "наследницу" Windows Vista.

Электронные компьютеры

Физик Джон Атанасов вместе с Клиффордом Берри с 1937-го по 1942-й год работали в Университете штата Айова над созданием первой цифровой электронно-вычислительной машины. Компьютер Атанасова–Берри (названный впоследствии ABC — Atanasoff-Berry Computer) стал первой системой, в которой были использованы современные цифровые коммутационные технологии и вакуумные лампы, а также концепции двоичной арифметики и логических схем. После долгого судебного разбирательства 19 октября 1973 года федеральный судья США Эрл Ларсон аннулировал патент, ранее выданный Эккерту и Мошли, официально признав Атанасова изобретателем первого электронного цифрового компьютера.

Использование вычислительной техники во время Второй мировой войны послужило серьезным толчком для развития компьютеров. В 1943 году англичанин Алан Тьюринг завершил работу над созданием военного компьютера "Колосс", используемого для расшифровки перехваченных немецких сообщений. К сожалению, работа Тьюринга не была оценена по достоинству, так как конструкция "Колосса" в течение еще многих лет после окончания войны была засекречена.

Помимо расшифровки неприятельских кодов, постепенно возникла потребность в выполнении баллистических расчетов и решении других военных задач. В 1946 году Джон Эккерт и Джон Мошли вместе с сотрудниками Школы электротехники Мура Университета штата Пенсильвания создали первую большую электронно-вычислительную машину для военных целей. Эта система получила название *ENIAC* (Electrical Numerical Integrator and Calculator).

Она работала с десятизначными числами и выполняла около 300 умножений в секунду, находя значения каждого произведения в таблице, хранящейся в оперативной памяти. Эта система работала примерно в тысячу раз быстрее, чем электромеханические релейные вычислительные машины предыдущего поколения.

В компьютере ENIAC было около 18 тыс. электронно-вакуумных ламп; он занимал полезную площадь, равную примерно 167 м^2, и потреблял приблизительно 180 тыс. ватт электроэнергии. Для ввода и вывода данных использовались перфорационные карты, регистры выполняли роль сумматоров, а также предоставляли доступ вида "чтение/запись" к хранилищу данных.

Выполняемые команды, составляющие ту или иную программу, создавались с помощью определенной монтажной схемы и переключателей, которые управляли ходом вычислений. По существу, для каждой выполняемой программы приходилось изменять монтажную схему и расположение переключателей.

Патент на электронно-вычислительную машину был первоначально выдан Эккерту и Мошли, но впоследствии, как вы уже знаете, он был аннулирован и предоставлен Джону Атанасову, создавшему компьютер Атанасова–Берри (ABC).

Немногим ранее, в 1945 году, математик Джон фон Нейман продемонстрировал, что компьютер может представлять собой целостную физическую структуру и эффективно выполнять любые вычисления с помощью соответствующего программного управления без изменения аппаратной части. Другими словами, он доказал, что программы можно изменять, не меняя аппаратное обеспечение. Этот принцип стал основополагающим правилом для будущих поколений быстродействующих цифровых компьютеров.

Первое поколение современных программируемых электронно-вычислительных машин, использующих описанные нововведения, появилось в 1947 году. В их число вошли коммерческие компьютеры EDVAC и UNIVAC, в которых впервые использовалось оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), предназначенное для хранения данных и модулей программы. Как правило, программирование выполнялось непосредственно на машинном языке, несмотря на то, что к середине 1950-х годов наука программирования сделала большой шаг вперед. Символом новой компьютерной эры стал UNIVAC (Universal Automatic Computer) — первый по-настоящему универсальный алфавитно-цифровой компьютер общего назначения. Он применялся не только в научных и военных, но и в коммерческих целях.

Современные компьютеры

После появления UNIVAC темпы эволюции компьютеров заметно ускорились. В первом поколении компьютеров использовались вакуумные лампы, на смену которым пришли меньшие по размерам и более эффективные транзисторы.

От электронных ламп к транзисторам

Современный компьютер представляет собой набор электронных переключателей, которые используются как для представления информации в двоичном коде (в виде двоичных единиц — битов), так и для управления ее обработкой. Эти электронные переключатели могут находиться в двух состояниях — "включено" и "выключено", — что позволяет использовать их для хранения двоичной информации.

В первых компьютерах использовались так называемые *триоды* — вакуумные лампы, изобретенные Ли Де Форестом в 1906 году (рис. 1.1). Триод состоит из трех основных элементов, расположенных в стеклянной вакуумной лампе: катода, анода и разделяющей их сетки. При нагревании внешним источником питания катод испускает электроны, которые собираются на аноде. Сетка, расположенная в середине лампы, позволяет управлять потоком электронов. Когда на сетку подается ток отрицательного потенциала, электроны отталкиваются от нее и собираются вокруг катода; при подаче тока положительного потенциала электроны проходят через сетку и улавливаются анодом. Таким образом, изменяя значение потенциала сетки, можно моделировать состояние анода "включено/выключено".

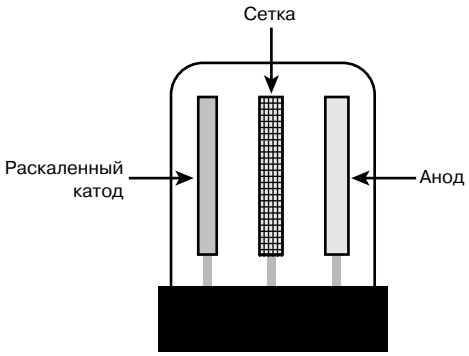


Рис. 1.1. Три основных компонента вакуумной трубки триода

К сожалению, вакуумная лампа в качестве переключателя оказалась малоэффективной. Она потребляла много электроэнергии и выделяла большое количество тепла — весьма существенная проблема для вычислительных систем того времени. Вакуумные лампы оказались ненадежными, главным образом из-за постоянного перегрева: в больших системах лампы приходилось менять каждые два часа и даже чаще.

Изобретение *транзистора* явилось одним из наиболее революционных событий эпохи ПК. В 1947 году инженеры Bell Laboratory Джон Бардин и Уолтер Браттейн изобрели транзистор, который был представлен широкой общественности в 1948 году. Несколько месяцев спустя Уильям Шокли, один из сотрудников компании Bell, разработал модель биполярного транзистора. В 1956 году эти ученые были удостоены Нобелевской премии в области физики. Транзистор, который, по сути, представляет собой твердотельный электронный переключатель, заменил громоздкую и неудобную вакуумную лампу. Поскольку потребляемая транзисторами мощность незначительна, созданные на их основе компьютеры имели гораздо меньшие размеры и отличались более высокими быстродействием и эффективностью.

Переход от вакуумных ламп к транзисторам положил начало тенденции к миниатюризации, которая продолжается и сегодня. Современные ноутбуки и даже карманные компьютеры, питающиеся от аккумуляторных батарей, имеют бо́льшую производительность вычислений, чем многие ранние системы, занимавшие целую комнату и потреблявшие неимоверное количество электроэнергии.

Несмотря на все многообразие типов, транзисторы состоят главным образом из кремния и германия, а также добавок определенного состава. Проводимость материала зависит от состава введенных примесей и может быть отрицательной, т.е. N-типа (при добавлении фосфора, в результате чего образуются свободные электроны), или положительной, P-типа (при добавлении бора, в результате чего образуются "дырки", т.е. атомы с недостающими электронами). Материал обоих типов является проводником, позволяющим электрическому току выбирать любое направление. Однако при соединении материалов разных типов возникает барьер, в результате чего электрический ток определенной полярности течет только в одном направлении. Именно поэтому такой материал называется полупроводником.

Для создания транзистора материалы P- и N-типа следует разместить "спиной друг к другу", т.е. поместить пластину одного типа между двумя пластинами другого типа. Если материал средней пластины обладает проводимостью P-типа, то транзистор будет обозначен как NPN, а если N-типа — то как PNP.

В транзисторе NPN одна из пластин, на которую обычно подается отрицательный потенциал, называется *эмиттером*, средняя пластина — *базой*, а последняя пластина, выполненная из того же материала, что и первая, называется *коллектором*. В транзисторах NPN эмиттер и коллектор выполнены из материала N-типа, а база — из материала P-типа (рис. 1.2). База помещена над кремнием P-типа, разделяющим эмиттер и коллектор, и отделена от него слоем

двуокиси кремния. При обычных условиях между кремнием N- и P-типа нет проводимости, что предотвращает поток электронов между эмиттером и коллектором. Когда на базу подается положительное напряжение, этот электрод создает поле, затягивающее электроны эмиттера и коллектора в кремний P-типа, как бы превращая эту область в кремний N-типа. Это создает путь для перемещения электронов, т.е. электрический ток. Транзистор переводится во включенное состояние.

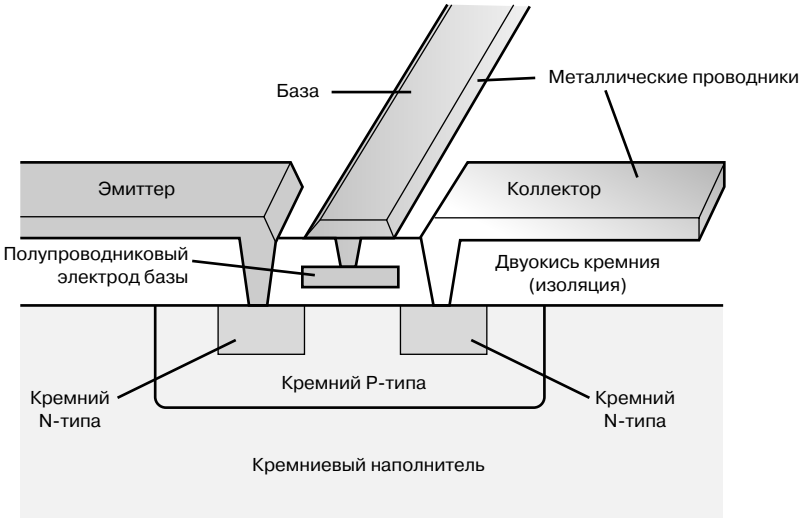


Рис. 1.2. Транзистор NPN в разрезе

Транзистор PNP работает прямо противоположным образом. Для эмиттера и коллектора используется кремний P-типа, а для базы — N-типа. Когда на базу подается отрицательное напряжение, создается поле, затягивающее электроны с эмиттера и коллектора в кремний N-типа, в результате чего возникает электрический ток и транзистор переходит во включенное состояние.

Когда транзисторы PNP и NPN комбинируются, замыкаясь друг на друга, ток подается только при переключении транзистора из одного состояния в другое. Далее два транзистора поддерживают друг друга в этом состоянии в замкнутом контуре, используя минимальный ток. По этой причине практически все современные процессоры используют технологию CMOS (комплементарных МОП-транзисторов).

По сравнению с вакуумной лампой транзистор более эффективен в качестве переключателя, к тому же имеет миниатюрные размеры. В 2003 году исследователи компании IBM представили миру самый маленький кремниевый транзистор, имеющий размеры 6 нм (т.е. миллиардных долей метра). Существуют и другие технологии, такие как углеродные нанолампы, позволяющие создавать даже меньшие транзисторы, вплоть до молекулярной и атомарной величины. В 2008 году британским исследователям удалось создать транзистор на основе графена толщиной всего в один атом и длиной в 10 атомов (около 1 нм), тем самым открыв новые возможности для создания микросхем будущего.

Интегральные схемы

В 1959 году сотрудники компании Texas Instruments изобрели *интегральную схему* — полупроводниковое устройство, в котором без проводов соединяется несколько расположенных на одном кристалле транзисторов. В 1959 году Роберт Нойс запатентовал “планарную” интегральную микросхему, в которой все компоненты были внедрены в кремниевую основу, в том

числе и алюминиевые межсоединения, а созданная в 1960 году компанией Fairchild микросхема при площади около 20 мм^2 содержала триггерную цепь из четырех транзисторов и пяти резисторов. Для сравнения: четырехъядерный процессор Intel Core i7 содержит 731 млн. транзисторов (а также много других компонентов) при размерах ядра 263 мм^2.

История персонального компьютера

Четвертое и все последующие поколения компьютеров включают в себя микропроцессоры собственной архитектуры. Первые ПК относились именно к четвертому поколению. Появление ПК стало возможным после изобретения относительно дешевых микропроцессоров и памяти.

Рождение ПК

В 1973 году были разработаны первые микропроцессорные комплекты на основе микропроцессора 8008. Правда, они годились разве что для демонстрации своих возможностей и включения индикаторов. В конце 1973 года компания Intel выпустила микропроцессор 8080, быстродействие которого было в десять раз выше, чем у 8008, и который мог адресовать память объемом до 64 Кбайт. Это стало толчком к промышленному производству ПК.

В 1975 году фотография комплекта Altair компании MITS была помещена на обложку январского номера журнала *Popular Electronic*. Этот комплект, который можно считать первым ПК, состоял из процессора 8080, блока питания, лицевой панели с множеством индикаторов и 256 байт (не килобайт!) памяти. Стоимость комплекта составляла 395 долларов, и покупатель должен был сам собрать компьютер. Для сборки компьютера нужен был паяльник, чтобы объединить компоненты в единую цепь (не то что сегодня, когда для сборки компьютера достаточно одной отвертки).

Примечание

Компания Micro Instrumentation and Telemetry Systems была основана в 1969 году Эдом Робертсом для производства и продажи инструментов и передатчиков. В начале 1970-х годов Эд Робертс стал единственным владельцем компании, вскоре после чего он разработал компьютер Altair. В январе 1975 года, когда Altair был представлен на рынке, компания называлась MITS, Inc. В 1977 году Робертс продал MITS компании Pertec, после чего сменил профессию и, закончив медицинскую школу, стал практикующим врачом.

Этот ПК был создан по схеме с открытой системной шиной (разъемами), названной *S-100*, что позволяло другим компаниям разрабатывать дополнительные платы и периферийное оборудование. Появление нового процессора стимулировало разработку различного программного обеспечения, включая операционную систему CP/M (Control Program for Microprocessors) и первую версию языка программирования BASIC (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) от компании Microsoft.

В 1975 году компания IBM впервые выпустила устройство, которое можно было бы назвать *персональным компьютером*. Модель 5100 имела память емкостью 16 Кбайт, встроенный дисплей на 16 строк по 64 символа, интерпретатор языка BASIC и кассетный накопитель DC-300. Однако стоимость компьютера (около 9 тыс. долларов) для рядового покупателя оказалась слишком высокой, особенно если учесть, что множество любителей (названных позже хакерами) предлагали собственные комплекты всего за 500 долларов. Очевидно, что ПК компании IBM не могли выдержать такой конкуренции на рынке и продавались очень плохо.

До появления известного сейчас IBM PC (модель 5150) были разработаны модели 5110 и 5120. Хотя эти компьютеры и предшествовали IBM PC, они не имели с ним ничего общего. IBM PC был больше похож на выпущенную в 1980 году для применения в офисах модель System/23 DataMaster. На самом деле многие из инженеров, участвовавших в разработке IBM PC, ранее работали в компании DataMaster.

В 1976 году компания-новичок Apple Computer вышла на рынок с компьютером Apple I стоимостью 666,66 доллара. Его системная плата была привинчена к куску фанеры, а корпуса

и блока питания не было вообще. Было выпущено всего несколько экземпляров этого компьютера, которые впоследствии продавались коллекционерам за 20 тыс. долларов. Но появившийся в 1977 году компьютер Apple II стал прообразом большинства последующих моделей, включая и IBM PC.

К 1980 году на рынке доминировали две базовые модели компьютерных систем. Это был Apple II, имевший множество преданных пользователей и гигантское количество программ, и системы CP/M, реализованные на базе MITS Altair. Эти компьютеры были совместимы друг с другом, имели одну операционную систему (CP/M) и стандартные разъемы расширения с шиной S 100 (со 100-контактными разъемами). Все они собирались различными компаниями и продавались под разными названиями. Но в большинстве случаев ими использовались одинаковые программные и аппаратные компоненты. Интересно отметить, что ни один компьютер не был совместим ни с одним из двух основных современных стандартов ПК — ни с IBM, ни с Macintosh.

Новый конкурент, появившийся на горизонте, дал возможность определить факторы будущего успеха ПК: открытая архитектура, слоты расширения, сборная конструкция, а также поддержка аппаратного и программного обеспечения различных компаний. Конкурентом, как ни удивительно, оказался компьютер компании IBM, до сих пор занимавшейся только мощными промышленными мэйнфреймами. Этот компьютер, по существу, напоминал раннюю версию Apple, в то время как системы Apple приобретали черты, которые все ожидали увидеть в компьютерах IBM. Открытая архитектура IBM PC и закрытая архитектура компьютеров Macintosh произвели настоящий переворот в компьютерной индустрии.

ПК компании IBM

В конце 1980 года IBM наконец-то решила выйти на стремительно развивающийся рынок дешевых ПК. Для разработки нового компьютера она основала в городе Бока-Ратон (штат Флорида) свое отделение Entry Systems Division. Небольшую группу из двенадцати человек возглавил Дон Эстридж. Именно эта группа и разработала первый настоящий IBM PC. (Модель 5100, разработанную в 1975 году, IBM считала интеллектуальным программируемым терминалом, а не подлинным компьютером, хотя, в сущности, это был настоящий компьютер.) Почти все инженеры группы ранее работали над проектом компьютера System/23 DataMaster, поэтому именно он оказался фактическим прообразом IBM PC.

Многое в конструкции IBM PC было заимствовано от DataMaster. Так, например, раскладка и электрическая схема клавиатуры были скопированы с DataMaster; правда, в IBM PC дисплей и клавиатура были автономны, в отличие от DataMaster, где они объединялись в одно устройство (что было неудобно).

Были заимствованы и некоторые другие компоненты, включая системную шину (разъемы ввода-вывода), причем использовались не только те же самые 62-контактные разъемы, но и разводка контактов. В IBM PC применялись те же контроллеры прерываний и прямого доступа к памяти (DMA), что и в DataMaster. При этом платы расширения, разработанные для DataMaster, можно было использовать и в IBM PC.

Однако в DataMaster применялся процессор 8085 компании Intel, который мог адресовать всего 64 Кбайт памяти и имел 8-разрядные внутреннюю и внешнюю шины данных. Из-за этих ограничений в IBM PC использовался процессор 8088, который имел адресное пространство 1 Мбайт и 16-разрядную внутреннюю шину данных, но внешняя шина данных оставалась 8-разрядной. Благодаря 8-разрядной внешней шине данных и аналогичной системе команд можно было использовать устройства, разработанные ранее для DataMaster.

Компания IBM создала компьютер менее чем за год, максимально внедрив в него имевшиеся разработки и компоненты других производителей. Группе Entry Systems Division была предоставлена бо́льшая независимость, чем другим подразделениям: им было разрешено использовать услуги и продукцию других фирм в обход бюрократического правила, предписывающего использовать в разработках только изделия IBM. В то время компания IBM заклю-

чила контракт с небольшой и малоизвестной компанией Microsoft на разработку операционной системы и языков программирования для создаваемого компьютера. Этот контракт и стал первой ступенькой восхождения Microsoft — доминирующего ныне разработчика программного обеспечения для персональных компьютеров.

Примечание

Интересно, что IBM сначала обратилась к Digital Research, создателю операционной системы CP/M, но та не заинтересовалась этим предложением. Тогда за дело взялась Microsoft, которая позднее превратилась в крупнейшую в мире компанию — изготовителя программных продуктов. IBM фактически предложила им сотрудничать и поддержать новый компьютер, и компания Microsoft успешно справилась с задачей.

С рождением IBM PC 12 августа 1981 года в мире микрокомпьютерной индустрии появился новый стандарт. С тех пор были проданы сотни миллионов PC-совместимых компьютеров и периферийных устройств. Программного обеспечения для этого семейства создано больше, чем для любой другой системы.

Индустрия ПК почти тридцать лет спустя

После появления первого IBM PC прошло более четверти века, и за это время, конечно, многое изменилось. Например, IBM-совместимые компьютеры, ранее использовавшие процессор 8088 с тактовой частотой 4,77 МГц, теперь работают на основе процессора Core 2 с тактовой частотой 3 ГГц и выше, быстродействие современных систем выросло более чем в *50000 раз* (имеется в виду общая производительность, а не только тактовая частота). Первый IBM PC имел два односторонних накопителя на гибких дисках емкостью 160 Кбайт и использовал операционную систему DOS 1.0, а современные компьютеры могут работать с жесткими дисками емкостью 1 Тбайт (1 триллион байт) и выше.

В компьютерной индустрии производительность процессора и емкость дисковых накопителей удваиваются, как правило, каждые полтора-два года (этот закон носит имя Гордона Мура, одного из основателей Intel).

Данный закон выполняется с самого начала истории ПК, и все говорит о том, что темпы роста могут только увеличиваться.

Закон Мура

В 1965 году Гордон Мур при подготовке доклада о перспективах развития компьютерной памяти обнаружил интересную особенность: емкость каждой новой микросхемы памяти удваивается по сравнению с ее предшественницей, а сама новая микросхема появляется каждые 18–24 месяца. Построив линию тренда, Мур отметил, что производительность компьютеров будет увеличиваться экспоненциально по времени.

Эту зависимость стали называть *законом Мура*. Кстати, этот закон не только описывает рост емкости оперативной памяти, но и часто используется для определения степени роста быстродействия процессоров и емкости жестких дисков. За тридцать лет количество транзисторов процессора увеличилось более чем в 250 тыс. раз: от 2,3 тыс. в процессоре 4004 до 820 млн. в Core 2 Quad в январе 2008 года. В 2009 Intel выпустила процессоры Core i7, содержащие больше одного миллиона транзисторов.

Следует отметить еще один важный момент: IBM перестала быть единственным производителем PC-совместимых компьютеров. Конечно, компания IBM разрабатывала и продолжает разрабатывать стандарты, которым должны соответствовать совместимые компьютеры, но она уже не является монополистом на рынке. Часто новые стандарты для ПК разрабатывают другие компании.

Сегодня Intel и AMD разрабатывают большинство стандартов аппаратного обеспечения, а Microsoft — программного. Именно из-за того что продукты этих двух компаний доминируют на рынке ПК, сами персональные компьютеры стандарта PC часто называют *системами Wintel*. Хотя изначально компания AMD выпускала по лицензии процессоры Intel и только затем представила собственные процессоры (AMD 484, K5/K6), совместимые по контактам с процессорами Pentium, начиная с семейства Athlon она перешла к созданию процессоров собственной архитектуры, которые стали достойными конкурентами Pentium.

За последние несколько лет были разработаны такие стандарты, как шины PCI, PCI Express и AGP, формфакторы системных плат ATX и NLX, гнезда и разъемы процессоров, а также многие другие нововведения, которые ясно демонстрируют лидерство Intel в развитии ПК. Кроме того, Intel создает наборы микросхем системной логики, поддерживающие перечисленные выше технологии и новые процессоры. Хотя в прошлом компания AMD только время от времени создавала наборы микросхем системной логики для своих процессоров, с приобретением ею компании ATI она может начать более агрессивно завоевывать пространство на рынке.

PC-совместимые компьютеры столь широко распространены не только потому, что совместимую аппаратуру легко собирать, но и потому, что операционные системы поставляет не IBM, а другие компании, в частности Microsoft. Ядром программного обеспечения компьютера является базовая система ввода-вывода (BIOS), производимая различными компаниями, например Phoenix, AMI и др. Многие производители лицензируют программное обеспечение BIOS и операционные системы, предлагая совместимые компьютеры. Вобрав в себя все лучшее, что было в системах CP/M и UNIX, DOS стала доступной для большинства существовавших программных продуктов. Успех Windows привел к тому, что разработчики программ все чаще стали создавать свои продукты для PC-совместимых компьютеров.

Системы Macintosh компании Apple никогда не пользовались таким успехом, как PC-совместимые модели. Это связано с тем, что Apple сама распоряжается всем программным обеспечением и не предоставляет его другим компаниям для использования в совместимых компьютерах. Собственническая маркетинговая политика компании Apple привела к тому, что ее доля на рынке персональных компьютеров уменьшилась до 3–5%.

Однако в последние годы наметился позитивный сдвиг: компания все-таки обратила внимание на архитектуру PC и процессоры Intel x86, что вылилось в значительный рост производительности компьютеров Mac и в их больший уровень стандартизации, чем в предыдущих моделях. Несмотря на то что Apple до сих пор избегает внедрения абсолютно всех формообразующих факторов, используемых в архитектуре PC, с аппаратной точки зрения последние модели Macintosh на самом деле являются компьютерами PC. Они используют те же процессоры, те же память, шину и прочие элементы, которые уже давно используются в компьютерах PC, что вскоре позволит этим компьютерам составить достойную конкуренцию компьютерам PC. У читателя возникает естественный вопрос: “А существует ли книга, аналогичная данной, но посвященная компьютерам Mac?” Ответ таков: “Поскольку с 2006 года компьютеры Mac фактически уже превратились в PC, материал этой книги применим и к ним”. Время, конечно, все расставит по своим местам, но мне кажется, что переход на рельсы архитектуры PC был самым позитивным сдвигом в политике компании Apple за последние годы.

Кроме всего прочего, компания Apple теперь способна стать достойным конкурентом компании Microsoft на рынке программного обеспечения, если будет продавать свою операционную систему в открытом виде, способном запускаться на компьютерах, выпускаемых другими компаниями. К сожалению, в настоящий момент операционная система OS X проверяет наличие на материнской плате специальной микросхемы, выпускаемой только компанией Apple. Естественно, уже давно найдены механизмы обхода этой проверки (см. `www.Osx86project.org`), однако компания Apple не особо приветствует их.

Сдвиг Apple в сторону архитектуры PC является еще одним признанием популярности, которую та завоевала за четверть века. Учитывая промышленную поддержку и постоянную эволюцию этой архитектуры, могу с уверенностью предсказать, что и в следующие тридцать лет PC-совместимые системы будут преобладать на рынке персональных компьютеров.

ГЛАВА 2

Компоненты ПК, его возможности и структура системы

Что такое ПК

Начиная очередной семинар по аппаратным средствам, я обычно спрашиваю: “Что такое PC?” И немедленно получаю ответ, что *PC* — аббревиатура от *Personal Computer* (*персональный компьютер — ПК*), и это на самом деле так. Многие определяют ПК как любую небольшую компьютерную систему, приобретаемую и используемую одним человеком. К сожалению, это определение недостаточно точное. Я согласен, PC — это персональный компьютер, однако далеко не все персональные компьютеры относятся к типу PC. Например, система Apple Macintosh, несомненно, является персональным компьютером, но я не знаю никого, кто назвал бы ее PC. Чтобы найти правильное определение PC, необходимо смотреть гораздо глубже.

Под PC подразумевается нечто гораздо более специфическое, нежели просто персональный компьютер. Естественно, это “нечто” как-то связано с первым компьютером IBM PC, появившимся в 1981 году. На самом деле именно компания IBM изобрела PC. Однако совершенно очевидно и то, что IBM не изобретала сам персональный компьютер как таковой. (История персональных компьютеров начинается в 1975 году, когда компания MITS представила Altair.) Гораздо вернее определить PC как любой IBM-совместимый персональный компьютер. Фактически уже много лет термин “PC” используется для обозначения или IBM-совместимых компьютеров, или их аналогов (таким образом, воздается должное тому, что компания IBM стояла у колыбели PC).

Некоторые личные наблюдения

Несмотря на то что компьютер Altair компании MITS часто называют первым персональным компьютером, согласно исследованиям Института археологии Blinkenlights (www.blinkenlight.com), первым ПК был Simon, созданный Эдмундом Беркли и описанный в его книге *Giant Brains, or Machines That Think* ("Гигантский мозг, или Мыслящие машины"). Планы машины Simon предлагались к продаже компанией Berkley Enterprises; также они были опубликованы в серии из тринадцати статей в журнале *Radio Electronics* в 1950–1951 годах.

Термин *персональный компьютер* впервые мог появиться 3 ноября 1962 года в статье Джона Мошли, бывшего участника команды создателей ENIAC. В этой статье описывалось в*и*дение автором будущего компьютерных вычислений. В частности, в ней говорилось: ''Нет оснований предполагать, что обычный мальчик или девочка не сможет овладеть персональным компьютером''.

Первым устройством, официально названным персональным компьютером, стал настольный программируемый калькулятор Hewlett-Packard 9100A, выпущенный в 1968 году. В рекламе так и говорилось: ''Новый персональный компьютер Hewlett-Packard 9100A всего за 4900 долларов''. В конце рекламного объявления говорилось: ''Если вы скептически относитесь к рекламе или чувствуете неуверенность, попросите продемонстрировать его возможности. Это только подтвердит (правда, немного задержит) ваше решение войти в мир персональных компьютеров'' (см. www.vintagecalculators.com).

Однако в действительности, несмотря на то что сотрудниками IBM в 1981 году был разработан и создан первый PC и что именно эта компания руководила разработкой и совершенствованием стандарта PC в течение нескольких лет, в настоящее время она не контролирует этот стандарт. IBM потеряла контроль над стандартом PC в 1987 году, когда представила свою модель компьютеров PS/2. Вплоть до этого момента другие компании, производящие персональные компьютеры, буквально копировали систему IBM вплоть до чипов, соединителей и формфакторов плат; IBM же отказалась от многих стандартов, которые первоначально создала. Именно поэтому я стараюсь воздерживаться от использования термина "IBM-совместимый", когда говорю о персональном компьютере PC.

В таком случае возникает вопрос: "Если PC — не IBM-совместимый компьютер, что же это?" Хотя правильнее было бы сформулировать его иначе: "Кто сегодня осуществляет контроль над стандартом PC?" Еще лучше разбить этот вопрос на две части и выяснить, кто определяет стандарты, во-первых, в индустрии программного обеспечения для PC и, во-вторых, в индустрии аппаратных средств PC?

Кто определяет стандарты в индустрии программного обеспечения для ПК

Когда я задаю этот вопрос на семинарах, многие, не задумываясь, отвечают: "Microsoft!" Полагаю, нет никаких оснований не согласиться с таким ответом. Несомненно, сегодня компания Microsoft удерживает контроль над разработкой операционных систем, используемых на ПК; ведь первоначально в большинстве ПК использовались ее операционные системы MS-DOS и Windows 3.1/95/98/NT, а теперь — Windows 2000/XP и новая система Windows Vista.

Контроль над разработкой операционных систем Microsoft использовала как рычаг, позволяющий контролировать разработку других типов программного обеспечения ПК (например, утилит и приложений). Так, многие утилиты, такие как программы кэширования и сжатия диска, дефрагментации, а также калькуляторы и записные книжки, которые первоначально предлагались независимыми компаниями, теперь включены в Windows. Компания Microsoft даже встроила в операционную систему браузер, текстовый процессор и проигрыватель файлов мультимедиа, что не на шутку испугало конкурентов, создающих аналогичные программы. Более тесная интеграция программного обеспечения для работы с сетями и пакетов программ-приложений с операционной системой позволила Microsoft еще больше усилить контроль над операционными системами по сравнению с другими компаниями. Именно поэтому Microsoft теперь доминирует на рынке программного обеспечения для ПК, предлагая самые разнообразные программы — от текстовых процессоров до электронных таблиц и систем управления базами данных.

Когда появились первые ПК, компания IBM привлекла Microsoft для разработки большей части программного обеспечения для своего компьютера. Сама IBM разрабатывала аппаратные средства, базовую систему ввода-вывода BIOS и при этом привлекала Microsoft для разработки дисковой операционной системы DOS и нескольких других программ и пакетов для своего компьютера. Однако то, что произошло дальше, многие считают самой дорогостоящей ошибкой в истории бизнеса. IBM не сумела обеспечить себе исключительные права на DOS, предоставив Microsoft право продавать код MS-DOS, разработанный для IBM, любой другой заинтересованной компании. Такие компании, как Compaq, лицензировали код операционной системы, по сути клонируя ее архитектуру, и поэтому пользователи зачастую приобретали ту же самую MS-DOS, отличие между разными версиями которой заключалось лишь в названии компании на коробке. Именно эта ошибка в договоре превратила Microsoft в доминирующую компанию на рынке программного обеспечения, и именно из-за этой ошибки впоследствии IBM потеряла контроль над тем стандартом PC, который сама же создала.

Будучи писателем (хотя и не создателем программных продуктов), я могу с уверенностью отметить, насколько подобный подход был недальновиден. Допустим, представителям книжного издательства пришла в голову идея опубликовать популярную книгу, написать которую они поручили какому-либо автору за определенный гонорар. Однако контракт был составлен неграмотно, и автор понял, что может сам легально продавать эту книгу (хотя и под другим названием) всем конкурентам издательства. Безусловно, это вряд ли понравится издательству. Но именно это случилось, когда IBM предоставила соответствующую лицензию компании Microsoft в далеком 1981 году. В результате этого договора IBM утратила контроль над программным обеспечением, предназначенным для выпускаемых ею компьютеров.

Причина потери контроля IBM над этим стандартом состоит в том, что программное обеспечение можно защитить авторскими правами, в то время как авторские права на аппаратные средства могут быть защищены только в соответствии с патентами, что связано с трудностями и требует значительного времени (к тому же срок действия патента — всего двадцать лет). Кроме того, для получения патента разработанная аппаратура должна быть уникальной и новой, а IBM в своих разработках опиралась на уже существующие элементы, которые мог приобрести любой радиолюбитель. Фактически наиболее важные элементы для первого ПК были разработаны Intel, например процессор 8088, генератор синхронизирующих импульсов 8284, таймер 8253/54, контроллер прерываний 8259, контроллер прямого доступа к памяти 8237, периферийный интерфейс 8255 и контроллер шины 8288. Эти микросхемы составляли основу материнской платы первого персонального компьютера.

Поскольку проект первого компьютера нельзя было запатентовать, любая компания могла дублировать аппаратные средства IBM PC. Нужно было лишь приобрести те же микросхемы, что и IBM, у тех же производителей и поставщиков и разработать новую системную плату с аналогичной схемой. Чтобы помочь в этом, IBM даже издала полный набор схем своих системных плат и всех плат адаптеров в очень детализированном и легкодоступном техническом руководстве. У меня есть несколько этих первых руководств IBM, и я все еще заглядываю в них время от времени, когда хочу узнать что-нибудь об особенностях PC на уровне элементов. Несмотря на то что прошло уже много времени с момента печати этих руководств, они все еще появляются на вторичном книжном рынке и интерактивных аукционах типа eBay.

Труднее всего было скопировать программное обеспечение (имеется в виду программное обеспечение IBM PC), которое было защищено законом об авторском праве. Компания Phoenix Software (теперь известная как Phoenix Technologies) одной из первых разработала законные методы решения этой проблемы: оказывается, в соответствии с законом можно разработать (но не скопировать!) программы, которые функционально дублируют программное обеспечение, в частности BIOS. Система BIOS представляет собой набор управляющих программных компонентов, которые непосредственно “руководят” аппаратными устройствами компьютера. Эти компоненты называют драйверами устройств, поэтому BIOS является набором основных драйверов устройств, необходимых для управления системным аппаратным обеспечением и

его контроля. Операционная система (подобная DOS или Windows) использует драйверы BIOS для взаимодействия с различными аппаратными и периферийными устройствами.

Метод, использованный компанией для дублирования BIOS IBM PC, представлял собой особую форму так называемой *чистой комнаты*. В компании Phoenix были организованы две группы инженеров по разработке программного обеспечения, причем особенно тщательно следили за тем, чтобы во вторую группу входили специалисты, которые никогда прежде не видели код BIOS, разработанный IBM. Первая группа исследовала базовую систему ввода-вывода, разработанную IBM, и составила полное ее описание. Вторая читала описание, составленное первой группой, и намеренно с нуля программировала новую систему BIOS, которая делала все то, что было описано в составленной спецификации. В результате появилась новая BIOS с кодом, хотя и не идентичным коду IBM, но имевшим точно такие же функциональные возможности.

Компания Phoenix назвала это подходом *чистой комнаты* (clean room); он позволяет избежать любых потенциальных юридических осложнений. Поскольку первоначальная базовая система ввода-вывода IBM PC содержала только 8 Кбайт кода и имела ограниченные функциональные возможности, ее дублирование с помощью указанного подхода не составляло особого труда. По мере изменения базовой системы ввода-вывода IBM и другие компании, разрабатывавшие BIOS, обнаружили, что своевременно вносить изменения, соответствующие изменениям IBM, относительно просто. Команды теста POST (Power-On Self Test), являющегося частью BIOS, в большинстве базовых систем ввода-вывода даже сегодня занимают приблизительно 32–128 Кбайт. В настоящее время не только Phoenix, но и такие компании, как Award, AMI (American Megatrends) и Microid Research, разрабатывают программное обеспечение BIOS для производителей ПК.

После дублирования аппаратных средств и базовой системы ввода-вывода IBM PC осталось только воссоздать DOS, чтобы полностью воспроизвести систему, совместимую с системой IBM. Однако задача проектирования DOS с нуля была намного сложнее, поскольку DOS значительно превосходит по объему BIOS и содержит гораздо больше программ и функций. Кроме того, операционная система развивалась и изменялась чаще, чем BIOS. Это означает, что получить DOS для IBM-совместимого компьютера можно было, только получив права на ее использование. Вот здесь на сцену и вышла компания Microsoft. Как вы помните, IBM не потребовала от Microsoft подписать эксклюзивное лицензионное соглашение, что позволяло последней продавать DOS любому пользователю. Благодаря лицензии на копирование MS-DOS удалось преодолеть последнее препятствие на пути создания IBM-совместимых компьютеров, которые теперь можно было производить независимо от желания IBM.

Примечание

Система MS-DOS и сама неоднократно подвергалась клонированию. Первый клон, известный под названием DR-DOS, был выпущен компанией Digital Research (разработчиком CP/M) в 1988 году. Со всех точек зрения система DR-DOS была более чем обычным клоном — в ней имелись средства, на тот момент недоступные в MS-DOS, что подтолкнуло компанию Microsoft к их добавлению и в MS-DOS. В 1991 году компания Novell приобрела DR-DOS, за ней последовали в 1996 году — Caldera (компания, выпустившая первую версию кода с открытой лицензией), в 1988 году — Lineo и, наконец, в 2002 году, — DRDOS (`www.drdos.com`).

Бесплатные версии DOS с открытым кодом создавались, обновлялись и поддерживались независимо проектами DR-DOS/OpenDOS Enhancement Project (`www.drdosprojects.com`) и FreeDOS Project (`www.freedos.org`).

Теперь понятно, почему нет никаких клонов или аналогов системы Macintosh Apple. Не потому, что компьютеры Mac нельзя продублировать; аппаратные средства Mac довольно просты и их легко воспроизвести, используя имеющиеся в наличии детали. Реальная проблема состоит в том, что Apple владеет операционной системой MAC OS и не позволяет никакой другой компании продавать Apple-совместимые системы. Кроме того, BIOS и OS весьма существенно интегрированы в Mac; эта BIOS очень большая, сложная и, по существу, является

частью операционной системы. Поэтому метод "чистой комнаты" практически не позволяет продублировать ни BIOS, ни операционную систему.

Примечание

В 1996–1997 годах Apple лицензировала BIOS и операционную систему, что позволило компаниям Sony, Power Computing, Radius и даже Motorola начать выпуск недорогих Apple-совместимых систем. Появление относительно недорогих Apple-совместимых компьютеров стало пагубно влиять на развитие и доходы самой Apple, которая немедленно остановила действие лицензий. Отмена лицензий фактически означала, что Apple никогда не будет массовым производителем компьютеров и не будет конкурировать с компьютерами PC с их операционной системой Windows. К минусам систем Apple относятся небольшая рыночная доля компании, высокие цены, небольшое количество доступных приложений и модернизируемых компонентов по сравнению с PC. При модернизации компьютера Macintosh основные комплектующие (такие, как материнские платы, блоки питания и корпуса) можно приобрести только у Apple по довольно высоким ценам, так что модернизация системы становится невыгодной.

Теперь, когда Apple перешла к архитектуре компьютеров PC, единственным отличием между компьютерами Mac и PC остается запущенная на них операционная система. Компьютер, на котором запущена OS X, автоматически становится Mac, а на котором запущена Windows — PC. Это означает, что единственным фактором, поддерживающим уникальность компьютеров Mac, стала возможность запуска системы OS X. Вплоть до настоящего момента Apple включает в код операционной системы проверку наличия специальной микросхемы на материнской плате, что делает невозможной ее запуск на компьютерах других производителей. Хотя это некоторым образом и поддерживает позиции Apple на рынке аппаратных средств, для компании автоматически закрывается большой сектор рынка в части продажи системы OS X владельцам компьютеров PC, произведенных другими компаниями. К примеру, если бы во время задержки с выходом на рынок системы Windows Vista пользователям ПК была доступна система OS X, компании Apple удалось бы отвоевать у Microsoft существенный сектор рынка. В то же время, несмотря на все хитрости Apple, пущенные в ход для предотвращения запуска системы OS X, проект OSx86 (`www.osxproject.org`) предоставляет пользователям информацию, как обойти ограничения запуска этой системы на стандартных компьютерах.

Кто контролирует рынок аппаратных средств ПК

Усвоив, что Microsoft контролирует рынок программного обеспечения для ПК, поскольку она получила права на операционную систему PC, попытаемся разобраться, что можно сказать об аппаратных средствах. Нетрудно установить, что IBM имела контроль над стандартом аппаратных средств PC до 1987 года. Именно IBM разработала основной проект системной платы PC, архитектуру шины расширения (8/16-разрядная шина ISA), последовательный и параллельный порты, видеоадаптеры стандартов VGA и XGA, интерфейс гибких и жестких дисков, контроллеры, блок питания, интерфейсы клавиатуры и мыши и даже физические формфакторы всех устройств — от системной платы до плат расширения, источников питания и системного блока. Будучи разработанными IBM до 1987 года, они все еще продолжают влиять на возможности современных систем.

Наиболее важным является вопрос о том, какая компания ответственна за создание и изобретение новых проектов аппаратных средств ПК, интерфейсов и стандартов. Но, как правило, получить точный ответ не удается: одни указывают на Microsoft (но эта компания контролирует рынок программного обеспечения, а не аппаратных средств), другие — на Compaq или иных крупных производителей компьютеров, и только немногие дают правильный ответ — Intel.

Вполне понятно, почему многие не сразу улавливают суть вопроса: ведь я спрашиваю, кто фактически отвечает за Intel PC. Причем я имею в виду не только компьютеры, на которых есть наклейка *Intel inside* (это ведь относится лишь к системам, имеющим процессор Intel), но и системы, разработанные и собранные с помощью комплектующих Intel и даже приобретенные через эту компанию. Вы можете со мной не согласиться, но я убежден, что большинство пользователей сегодня имеют Intel PC!

Конечно, это не означает, что они приобрели свои системы у Intel, так как известно, что эта компания не продает полностью собранные ПК. В настоящее время нельзя ни заказать системный блок у Intel, ни приобрести компьютер марки Intel у кого бы то ни было. Речь идет исключительно о системных платах или наборах микросхем. По моему мнению, из всех составляющих самая важная — системная плата, и поэтому выпустившая ее компания теоретически должна быть признана законным производителем системы.

Спрашивается, как и когда компания Intel получила господство над содержимым персональных компьютеров? Конечно, Intel всегда была доминирующим поставщиком процессоров для PC, с тех пор как IBM выбрала Intel 8088 в качестве центрального процессора в первом IBM PC в 1981 году. Контролируя рынок процессоров, эта компания, естественно, контролировала и рынок микросхем, необходимых для установки процессоров в компьютеры. А это, в свою очередь, позволило Intel контролировать рынок микросхем системной логики. Она начала их продавать в 1989 году, когда появилась микросхема 82350 EISA (Extended Industry Standard Architecture), и к 1993 году стала самым большим (по объему) поставщиком микросхем системной логики для системных плат. Но в таком случае почему бы компании, производящей процессор и все другие микросхемы, необходимые для системной платы, не устранить посредников и не производить также системные платы целиком? Такой поворотный момент наступил в 1994 году, когда Intel стала самым крупным в мире производителем системных плат. С тех пор она контролирует и этот рынок: в 1997 году Intel произвела их больше, чем восемь самых крупных производителей системных плат вместе взятых (объем сбыта превысил 30 млн. плат, а их стоимость — 3,6 млрд. долларов!).

После отраслевого спада в 2001 году компания Intel сосредоточила свои силы на производстве микросхем, заключив договор с китайскими контрактными производителями, такими как Foxconn, о производстве системных плат под торговой маркой Intel. С тех пор такие контрактные производители, как Asus, Foxconn, ECS, MSI и Gigabyte, заняли основную долю рынка системных плат. Независимо от того, какой компанией произведена системная плата, основой платы является набор микросхем (чипсет). В настоящее время в 80% компьютеров используются процессоры Intel, большинство из которых установлено в разъемы системных плат на базе наборов микросхем.

Без сомнения, Intel осуществляет контроль над стандартом аппаратных средств ПК, потому что контролирует рынок системных плат ПК. Она не только выпускает подавляющее большинство системных плат, используемых в настоящее время в компьютерах, но и поставляет основную массу процессоров и микросхем системной логики для системных плат другим производителям.

Компания Intel установила несколько современных стандартов аппаратных средств PC.

- PCI (Peripheral Component Interconnect) — интерфейс локальной шины.
- AGP (Accelerated Graphics Port — ускоренный графический порт) — интерфейс высокоэффективных видеоадаптеров.
- PCI Express (кодовое название — 3GIO) — интерфейс, представляющий собой высокоэффективную шину для будущих PC и выбранный недавно специальной группой PCI SIG (PCI Special Interest Group) для замены ныне используемой шины PCI.
- Стандартные формфакторы материнских плат, такие как ATX (включая различные вариации, например microATX и BlexATX) и BTX (включая microBTX, nanoBTX и picoBTX). Стандарт ATX остается самым популярным; в 1996-1997 годах он заменил собой набивший оскомину формфактор Baby-AT, разработанный компанией IBM и продержавшийся “на плаву” с начала 1980-х годов.
- DMI (Desktop Management Interface — настольный интерфейс управления), используемый для управления аппаратными средствами системы.

- DPMA (Dynamic Power Management Architecture — динамическая архитектура управления питанием) и APM (Advanced Power Management — усовершенствованное управление питанием) — стандарты управления энергопотреблением в ПК.

Компания Intel доминирует не только на рынке персональных компьютеров, но и в полупроводниковой промышленности в целом. В соответствии с данными о продажах, собранными компанией IC Insights, товарооборот Intel почти в два раза превышает объем продаж наиболее близкой компании — производителя полупроводников (Samsung) и более чем в шесть раз — объем продаж основного конкурента, которым является компания AMD (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Объемы продаж основных производителей полупроводников в 2007 году

Рейтинг в 2007 г.	Компания	Доход в 2007 г., млн. долл.	В процентах к общему доходу	Рейтинг в 2006 г.	Доход в 2006 г., млн. долл.	Разница, проценты
1	Intel	33 995	12,6	1	31 542	7,8
2	Samsung	19 691	7,3	2	19 842	-0,8
3	Texas Instruments	12 275	4,6	3	12 600	-2,6
4	Toshiba	12 186	4,5	4	10 141	20,2
5	STMicroelectronics	10 000	3,7	5	9 854	1,5
6	Hynix	9 047	3,4	7	7 865	15,0
7	Renesas	8 001	3,0	6	7 900	1,3
8	Sony	7 974	3,0	14	5 129	55,5
9	Infineon	6 201	2,3	15	5 119	21,1
10	AMD[1]	5 918	2,2	8	7 506	-21,2
11	NXP	5 746	2,1	9	5 707	0,7
12	NEC	5 742	2,1	11	5 601	2,5
13	Qualcomm	5 619	2,1	16	4 529	24,1
14	Freescale	5 264	2,0	10	5 616	-6,3
15	Micron	4 869	1,8	13	5 247	-7,2
16	Qimonda	4 005	1,5	12	5 413	-26,0
17	Elpida	3 838	1,4	19	3 527	8,8
18	Matsushita	3 800	1,4	17	4 022	-5,5
19	Broadcom	3 746	1,4	18	3 668	2,1
20	nVidia	3 466	1,3	25	2 578	34,4
21	Sharp	3 401	1,3	20	3 341	1,8
22	IBM	2 977	1 ,1	21	3 172	-6,1
23	Marvell	2 777	1,0	26	2 550	8,9
24	Analog Devices	2 707	1,0	23	2 603	4,0
25	Rohm	2 633	1,0	22	2 882	-8,6
	Другие:	83 027	30,9		82 401	0,8
	Всего:	268 905	100,0		260 355	3,3

[1] *Компания ATI была приобретена компанией AMD в 2006 году, и ее объем продаж включен в сводку за 2006 год для компании AMD.*

Как видите, нет ничего удивительного в том, что в материалах популярного сайта промышленных новостей, который называется *The Register* (`www.theregister.com`), при упоминании об этом промышленном гиганте чаще всего используется термин “Chipzilla”.

Кто контролирует рынок операционных систем, тот управляет и рынком программного обеспечения ПК, а кто контролирует рынок процессоров и, следовательно, системных плат, тому обеспечен и контроль над рынком аппаратных средств. Поскольку сегодня Microsoft и Intel совместно контролируют рынок программного обеспечения и оборудования ПК, неудивительно, что современный ПК часто называют системой типа *Wintel*.

Системы “белой” сборки

Самые крупные компании — сборщики компьютеров разработали собственные системные платы. В соответствии с материалами журнала *Computer Reseller News* компании Compaq

(теперь подразделение HP) и IBM — наиболее крупные производители настольных компьютеров в последние годы. Они разрабатывают и производят собственные системные платы, а также многие другие компоненты системы. Они даже разрабатывают микросхемы и компоненты системной логики для собственных плат. Несмотря на то что рынок сбыта этих отдельных компаний довольно велик, существует еще более крупный сегмент рынка, называемый в промышленности рынком "белой сборки".

Термин *белая сборка* используется в различных отраслях промышленности для определения так называемых *стандартных* ПК, т.е. персональных компьютеров, собираемых из стандартных серийно выпускаемых системных компонентов. Обычно при сборке подобных систем используются корпуса белого цвета (а также бежевые или цвета слоновой кости), что и послужило причиной появления такого термина.

Возможность использования взаимозаменяемых стандартных компонентов является одним из преимуществ белой сборки. Подобная взаимозаменяемость является залогом будущих успешных модификаций и ремонтов, поскольку гарантирует изобилие системных компонентов, которые могут быть использованы для замены того или иного элемента. Старайтесь избегать так называемых "брендовых" систем, отдавая предпочтение стандартным.

Компании, проводящие политику белой сборки, в действительности не производят компьютерные системы, а собирают их, т.е. приобретают системные платы, корпуса, источники питания, дисководы, периферийные устройства и другие компоненты, собирают компьютеры и продают их как готовые изделия. Некоторые компании, такие как HP и Dell, выпускают собственные "брендовые" системы, но не отказываются и от сборки компьютеров из комплектующих других производителей. В частности, модели HP Pavilion и Dell Dimension представляют собой обычные сборки из стандартных компонентов. В число производителей ПК, использующих стандартные комплектующие, входят и компании, выпускающие высококлассные игровые компьютеры, такие как VoodooPC (приобретенная компанией HP) и Alienware (приобретенная компанией Dell). В качестве других примеров можно привести Gateway и eMachines (приобретенная компанией Gateway), которые также собирают свои компьютеры из стандартных комплектующих. Следует заметить, что в любой из этих марок существуют свои исключения. Так, системы Dell Dimension XPS используют нестандартные блоки питания компании Dell. Рекомендую избегать таких компьютеров, поскольку в будущем могут возникнуть проблемы с их модернизацией и ремонтом.

Белой сборкой занимается множество известных компаний, таких как Acer, CyberPower, Micros Express и Systemax; число прочих компаний измеряется сотнями. По общему объему продаж сегодня они занимают самый существенный сегмент рынка ПК. Что интересно в феномене белой сборки, так это то, что и вы, и я можем купить те же комплектующие, что и производитель компьютера, и собрать в точности такую же модель. Правда, это обойдется нам несколько дороже, поскольку крупные компании имеют у производителей комплектующих существенные скидки. О собственноручной сборке компьютеров мы поговорим в главе 19.

Спецификации персональных компьютеров

На протяжении нескольких лет компании Microsoft и Intel выпускают серию документов, называемых *PC xx Design Guides* (за символами *xx* скрывается год выпуска), — набор стандартных спецификаций, предназначенных для разработчиков аппаратных средств и программного обеспечения, создающих изделия (и программы) для работы с Windows. Требования в этих руководствах являются частью требований к изделиям с логотипом *Designed for Windows* (Разработаны для Windows). Другими словами, если вы производите аппаратные средства или программный продукт и хотите украсить упаковку официальной эмблемой *Designed for Windows*, ваше изделие (программа) должно удовлетворять минимальным требованиям PC*xx*.

Ниже приведены существующие документы этой серии:

- *Hardware Design Guide for Microsoft Windows 95* (Руководство разработчика аппаратных средств для Microsoft Windows 95);

- *Hardware Design Guide Supplement for PC 95* (Приложение к руководству разработчика аппаратных средств PC 95);
- *PC 97 Hardware Design Guide* (Руководство разработчика аппаратных средств для PC 97);
- *PC 98 System Design Guide* (Руководство системного разработчика по PC 98);
- *PC 99 System Design Guide* (Руководство системного разработчика по PC 99);
- *PC 2000 System Design Guide* (Руководство системного разработчика по PC 2000);
- *PC 2001 System Design Guide* (Руководство системного разработчика по PC 2001).

Перечисленные руководства можно загрузить с сайта компании Microsoft:

```
http://www.microsoft.com/whdc/system/platform/pcdesign/
desguide/pcguides.mspx
```

Примечание

В этих документах нет ничего для конечного пользователя — они предназначены для производителей ПК. В некотором роде эти документы регулируют рынок, обеспечивая компаниям Microsoft и Intel доминирующее положение на нем.

Для того чтобы получить подробную информацию о системной архитектуре ПК, соответствующей последнему руководству *PS 2001 System Design*, посетите следующие сайты:

- `http://www.microsoft.com/hwdev/platform/default.asp` (обзор архитектуры платформы Microsoft);
- `http://developer.intel.com` (сайт разработчиков Intel-совместимых платформ).

Типы систем

Классифицировать ПК можно по нескольким (вообще говоря, по многим) категориям. Я предпочитаю делать это двумя способами: по типу программного обеспечения, которое они могут выполнять, и по типу главной шины системной платы компьютера, т.е. по типу шины процессора и ее разрядности. Поскольку в этой книге внимание концентрируется главным образом на аппаратных средствах, рассмотрим вначале именно такую классификацию.

Процессор считывает данные, поступающие через внешнюю соединительную шину данных процессора, которая непосредственно соединена с главной шиной на системной плате. Традиционно это была параллельная шина; однако новые процессоры используют последовательную шину “точка-точка”, что позволяет передавать меньше битов за одну операцию, однако с гораздо большей скоростью. Если в системах старых архитектур любые другие устройства могли использовать главную шину, то современные шины предназначены для обеспечения взаимодействия исключительно процессора и набора микросхем.

В табл. 2.2 перечислены все процессоры, выпускаемые компанией Intel, указана разрядность их шины данных и внутренних регистров.

Таблица 2.2. Процессоры Intel и разрядность их шины данных

Процессор	Шины данных	Разрядность внутренних регистров
8088	8	16
8086	16	16
286	16	16
386SX	16	32
386DX	32	32
486/AMD-5x86	32	32
Intel/AMD x86, шина FSB	64	32
AMD x86, шина HT	16	32
AMD x86-64, шина HT	16	64

Окончание табл. 2.2

Процессор	Шины данных	Разрядность внутренних регистров
Intel x86-64, шина FSB	64	64
Intel x86-64, шина QPI	64	64

FSB — Front Side Bus (параллельная шина)
HT — HyperTransport (последовательная шина "точка-точка")
QPI — QuickPath Interconnect (последовательная шина "точка-точка")

Говоря о *разрядности* процессоров, следует обратить внимание на то, что, хотя все процессоры Pentium имеют 64-разрядную шину данных, разрядность их внутренних регистров составляет только 32 бита, и они выполняют 32-разрядные команды. Процессоры AMD64 и EM64T имеют разрядность внутренних регистров 64 и могут работать как в 32-, так и в 64-разрядном режиме. Таким образом, с точки зрения программного обеспечения все процессоры от 386 до Athlon/Duron и Celeron/Pentium 4 имеют 32-разрядные регистры и могут выполнять 32-разрядные инструкции. С электрофизической точки зрения эти 32-разрядные процессоры могут быть доступны по 16-рязрядной (386), 32-разрядной (386DX и 486) и 64-разрядной (Pentium и далее) шинам данных. Разрядность шины данных является главным определяющим фактором конструкции материнской платы и памяти, поскольку именно этот показатель определяет, сколько битов можно передать за один цикл на микропроцессор и получить от него.

Компоненты системы

Современный ПК одновременно и прост и сложен. Он стал проще, так как за минувшие годы многие компоненты, используемые для сборки системы, были интегрированы с другими компонентами, и поэтому общее количество элементов уменьшилось. Он стал сложнее, так как каждая часть современной системы выполняет намного больше функций, чем в более старых компьютерах.

Все компоненты, необходимые для сборки современной компьютерной системы, перечислены в табл. 2.3, а более подробно они описаны в соответствующих главах.

Таблица 2.3. Основные компоненты ПК

Компонент	Описание
Системная плата	Центральная часть системы, к которой подключаются все аппаратные компоненты ПК. Системные платы подробно рассматриваются в главе 4
Процессор	Это "двигатель" компьютера. Его называют также центральным процессором, или CPU (central processing unit). Микропроцессоры рассматриваются в главе 3
Оперативная память	Память системы часто называют оперативной или памятью с произвольным доступом (Random Access Memory — RAM). Это основная память, в которую записываются все программы и данные, используемые процессором в работе. Более подробная информация приведена в главе 6
Корпус/шасси	Это рама (или шасси), к которой крепятся системная плата, блок питания, дисководы, платы адаптеров и любые другие компоненты системы. Корпуса подробно рассматриваются в главе 18
Блоки питания	От блока питания электрическое напряжение подается к каждому отдельному компоненту ПК. Блоки питания подробно рассматриваются в главе 18
Дисковод гибких дисков	Прост, недорог и позволяет использовать сменный магнитный носитель. Во многих современных системах используются устройства на базе флеш-памяти, а также магнитных носителей иных типов. Подробно накопители на съемных носителях описаны в главе 10
Накопитель на жестких дисках	Жесткий диск — самый главный носитель информации в системе. Накопители на жестких дисках подробно рассматриваются в главе 9
Накопитель CD-ROM/DVD-ROM	Накопители CD-ROM (Compact Disc — компакт-диск) и DVD-ROM (Digital Versatile Disc — цифровой универсальный диск) представляют собой запоминающие устройства относительно большой емкости со сменными носителями и оптической записью информации. Оптические накопители подробно рассматриваются в главе 11

Окончание табл. 2.3

Компонент	Описание
Клавиатура	Основное устройство ПК, которое изначально было создано для того, чтобы пользователь мог управлять системой. О клавиатурах речь идет в главе 15
Мышь	Хотя на рынке присутствуют различные типы устройств позиционирования, первым и наиболее популярным остается манипулятор типа "мышь", который подробно описывается в главе 15
Видеоадаптер*	Служит для управления отображением информации, которая отображается на мониторе. Видеоадаптеры подробно рассматриваются в главе 12
Монитор (дисплей)	Подробная информация приведена в главе 13
Звуковая плата*	Это устройство позволяет ПК генерировать сложные звуки. Звуковые платы и акустические системы подробно описаны в главе 13
Сетевой адаптер/модем*	Многие модели ПК изначально оснащены сетевым адаптером, а иногда еще и модемом. Подробно сетевые адаптеры описаны в главе 17, а модемы --- в главе 16

* *Эти адаптеры могут быть интегрированы в системную плату, что характерно для многих систем эконом-класса.*

ГЛАВА 3

Типы и спецификации микропроцессоров

История микропроцессоров до появления ПК

"Мозгом" персонального компьютера является *микропроцессор*, или *центральный процессор* — CPU (Central Processing Unit). Микропроцессор выполняет вычисления и обработку данных (за исключением некоторых математических операций, осуществляемых в компьютерах, имеющих сопроцессор). Пока что он остается самым дорогостоящим компонентом компьютера (правда, стоимость отдельных современных графических адаптеров бывает и выше). В компьютерах верхнего ценового сектора рынка его стоимость иногда превосходит стоимость материнской платы в четыре раза. Создание микропроцессора обычно приписывают компании Intel, которая в 1971 году представила миру микросхему с номером 4004. И по сей день Intel продолжает контролировать рынок процессоров, хотя в последние годы ее несколько потеснила компания AMD. Это значит, что все PC-совместимые компьютеры используют либо процессор Intel, либо совместимый с ним, произведенный одним из конкурентов (в частности, AMD и VIA/Cyrix).

Интересен тот факт, что первый процессор был выпущен на десять лет раньше первого компьютера IBM PC. Компания Intel создала свой первый процессор в 1971 году, а компания IBM свой первый ПК — в 1981 году. Но даже теперь, спустя более четверти века, мы продолжаем использовать системы, в той или иной мере сходные по архитектуре с первым ПК. Процессоры, установленные в наших компьютерах, большей частью имеют обратную совместимость с процессором 8088, который компания IBM выбрала для своего первого персонального компьютера в 1981 году.

Первый микропроцессор

Компания Intel была основана 18 июля 1968 года двумя инженерами — Робертом Нойсом и Гордоном Муром, которые до этого работали в компании Fairchild (первоначально компания

называлась N M Electronics). Практически сразу название компании было изменено на Intel, также у компании появился новый сооснователь — Эндрю Гроув. Инженеры ставили перед собой вполне конкретную цель: сделать полупроводниковую память доступной и практичной. Цель была очень амбициозной, поскольку память на основе кремниевых микросхем стоила более чем в сто раз памяти на основе магнитых технологий тех лет. В те времена стоимомось полупроводниковой памяти превышала доллар за бит! Как сказал Нойс: "Все, что нам было нужно сделать, — это снизить стоимость в тысячу раз, и, собственно, именно это мы и сделали".

К 1970 году Intel уже была известна как успешный производитель микросхем памяти, первой представив самый емкий модуль памяти объемом 1 Кбайт. (1 Кбайт равен 1024 байтам, а один байт равен 8 битам.) Известный как динамическое запоминающее устройство с произвольной выборкой 1103 (DRAM), он был самым продаваемым полупроводниковым устройством по итогам года. К тому времени компания Intel насчитывала уже больше ста сотрудников.

В связи с огромным успехом Intel в производстве и разработке модулей памяти японская компания Busicom заказала у Intel разработку микросхем для целого семейства производительных программируемых калькуляторов. В то время все упровляющие микросхемы производились по индивидуальным проектам под конкретный проект, что не позволяло ни одной из подобных микросхем найти широкого применения.

Первоначальный проект Busicom требовал как минимум двенадцать микросхем уникальной архитектуры. Инженер компании Intel Тэд Хофф отклонил эту идею и предложил разработать однокристальное (содержащее одну микросхему) универсальное устройство, получающее инструкции из полупроводниковой памяти. Используя всего четыре микросхемы, в том числе ПЗУ, ОЗУ, контроллер ввода-вывода, а также процессор 4004, программа могла контролировать их функции и выполнять задания. Микросхема была универсальной по природе, что позвояло использовать ее и в других устройствах, а не только в калькуляторах. Все выпускаемые ранее микросхемы поддерживали уникальный встроенный набор инструкций, а новая разработка позволяла выполнять различные инструкции, хранимые в памяти. Идея состояла в разработке однокристального вычислительного устройства, которое могло бы выполнять различные фунции, руководствуясь полученными инструкциями.

В апреле 1970 года Intel наняла инженера Фредерико Фаггина для проектирования и создания управляющей микросхемы 4004 в соответствии с предложениями Хоффа. Как и основатели Intel, Фаггин раньше работал в компании Fairchild Semiconductor, где разработал технологию кремниевого затвора, которая сыграла огромную роль при проектировании микропроцессоров. На первых этапах разработки Фаггин обращался за помощью к Масатоши Шиме, инженеру из компании Busicom, который отвечал за разработку калькуляторов. Шима и Фаггин совместно работали до октября 1970 года, после чего Шима вернулся в Busicom. Фаггин получил первые образцы микросхем 4004 вечером одного январского дня 1971 года, после чего просидел в лаборатории до следующего утра, прежде чем убедился в том, что все работает! Работы над семейством микросхем 4004 были завершены к марту 1971 года, а промышленное производство было начато в июне того же года. Интересно отметить, что Фаггин пометил ядро процессора своими инициалами (F.F.); эту традицию подхватили разработчики будущих микросхем.

С новой микросхемой были связаны определенные проблемы: правами на нее обладала компания Busicom. Фаггин знал, что микросхема найдет практически неограниченное применение. Он убедил руководство Intel в приобретении прав на микросхему. Хотя основатели Intel Гордон Мур и Роберт Нойс по достоинству оценили микросхему, другие сотрудники считали, что это отвлечет силы компании от основого вида деятельности — производства памяти. Однако они все же согласились с приобретением, когда осознали, что каждый содержащий четыре микросхемы процессор комплектуется двумя модулями памяти. По словам директора по маркетингу, тогда большинство сотрудников Intel полагали, что данная сделка позволит компании продавать больше памяти.

Компания Intel предложила Busicom компенсацию в 60 тыс. долларов в обмен на право разработки. В связи с имеющимися финансовыми проблемами японская компания приняла предложение. Никто из специалистов того времени, даже Intel, не осознавал значимости этой сделки, предопределившей роль Intel в развитии процессоров.

В результате 15 ноября 1971 года был представлен процессор 4004, являющийся частью микрокомпьютера MCS-4; он работал на частоте 108 кГц (108 тыс. тактов в секунду, или всего 0,1 МГц). Процессор 4004 содержал 2300 транзисторов и производился с использованием 10-микронной технологии. Это означает, что все линии, дорожки и транзисторы располагались от других элементов на расстоянии около 10 микрон (миллионная часть метра). Данные передавались блоками по 4 бита за такт, а максимальный адресуемый объем памяти составлял 640 байт. Стоимость микросхемы составляла около 200 долларов; микросхема обеспечивала такие же вычислительные возможности, как и ENIAC — один из первых электронных компьютеров. Созданный в 1946 году, компьютер ENIAC содержал 18 тыс. вакуумных ламп, занимая площадь 85 $м^2$.

Процессор 4004 предназначался для использования в калькуляторах, однако в конечном итоге нашел и другие применения в связи с широкими возможностями программирования. Например, процессор 4004 использовался для управления светофорами, при анализе крови и даже в исследовательской ракете "Pioneer 10", запущенной NASA!

В апреле 1972 года Intel выпустила процессор 8008, который работал на частоте 200 кГц. Он содержал 3500 транзисторов и производился все по той же 10-микронной технологии. Шина данных была 8-разрядной, что позволяло адресовать 16 Кбайт памяти. Этот процессор предназначался для использования в терминалах и программируемых калькуляторах.

Следующая модель процессора, 8080, была анонсирована в апреле 1974 года. Этот процессор содержал 6 тыс. транзисторов и мог адресовать уже 64 Кбайт памяти. На нем был собран первый персональный компьютер (не PC) Altair 8800. В этом компьютере использовалась операционная система CP/M, а Microsoft разработала для него интерпретатор языка BASIC. Это была первая массовая модель компьютера, для которого были написаны тысячи программ.

Со временем процессор 8080 стал настолько известен, что его начали копировать. В конце 1975 года несколько бывших инженеров Intel, занимавшихся разработкой процессора 8080, создали компанию Zilog. В июле 1976 года эта компания выпустила процессор Z-80, который представлял собой значительно улучшенную версию 8080. Этот процессор был несовместим с 8080 по контактным выводам, но сочетал в себе множество различных функций, например интерфейс памяти и схему обновления ОЗУ (RAM), что давало возможность разрабатывать более дешевые и простые компьютеры. В Z-80 был также включен расширенный набор команд процессора 8080, позволяющий использовать его программное обеспечение. В этот процессор вошли новые команды и внутренние регистры, поэтому программное обеспечение, разработанное для Z-80, могло использоваться практически со всеми версиями 8080. Первоначально процессор Z-80 работал на частоте 2,5 МГц (более поздние версии работали уже на частоте 10 МГц), содержал 8500 транзисторов и мог адресовать 64 Кбайт памяти.

Компания Radio Shack выбрала процессор Z-80 для своего первого персонального компьютера TRS-80 Model 1. Следует заметить, что Z-80 стал первым процессором, используемым во многих новаторских системах, в том числе в Osborne и Kaypro. Этому примеру последовали другие компании, и вскоре Z-80 стал стандартным процессором для систем, работающих с операционной системой CP/M, и наиболее распространенным программным обеспечением того времени.

Компания Intel не остановилась на достигнутом и в марте 1976 года выпустила процессор 8085, который содержал 6500 транзисторов, работал на частоте 5 МГц и производился по 3-микронной технологии. Несмотря на то что он обогнал процессор Z-80 на несколько месяцев, ему так и не удалось достичь популярности последнего. Он использовался в основном в качестве управляющей микросхемы различных компьютеризованных устройств.

В этом же году компания MOS Technologies выпустила процессор 6502, который был абсолютно не похож на процессоры Intel. Он был разработан группой инженеров компании Motorola. Эта же группа работала над созданием процессора 6800, который в будущем трансформировался в семейство процессоров 68000. Цена первой версии процессора 8080 достигала 300 долларов, в то время как 8-разрядный процессор 6502 стоил всего около 25 долларов. Такая цена была вполне приемлема для Стива Возняка, и он встроил процессор 6502 в новые модели Apple I и Apple II. Процессор 6502 использовался также в системах, созданных компанией Commodore и другими производителями. Этот процессор и его преемники с успехом работали в игровых компьютерных системах, в число которых вошла приставка Nintendo Entertainment System (NES). Компания Motorola продолжила работу над созданием серии процессоров 68000, которые впоследствии были использованы в компьютерах Apple Macintosh. Второе поколение компьютеров Mac использовало процессор PowerPC, являющийся преемником 68000. Сегодня компьютеры Mac снова перешли на архитектуру PC и используют с ними одни процессоры, микросхемы системной логики и прочие компоненты.

В начале 1980-х у меня была система, содержащая микросхемы MOS Technologies 6502 и Zilog Z80. Это была система Apple][+ на базе микросхемы MOS Technologies 6502 с частотой 1 МГц (да-да, всего один мегагерц!); в один из разъемов была вставлена плата Microsoft Softcard (Z80). Плата Softcard содержала процессор Z80 с частотой 2 МГц, что позволило запускать приложения Apple и CP/M на одной системе.

В июне 1978 года Intel выпустила процессор 8086, который содержал набор команд под кодовым названием *x86*. Этот же набор команд до сих пор поддерживается в самых современных процессорах Core i7 и AMD Phenom II. Процессор 8086 был полностью 16-разрядным — внутренние регистры и шина данных. Он содержал 29 тыс. транзисторов и работал на частоте 5 МГц. Благодаря 20-разрядной шине адреса он мог адресовать 1 Мбайт памяти. При создании процессора 8086 обратная совместимость с 8080 не предусматривалась. Но в то же время значительное сходство их команд и языка позволили использовать более ранние версии программного обеспечения. Это свойство впоследствии сыграло важную роль для быстрого перевода программ системы CP/M (8080) на рельсы PC.

Судьба Intel и Microsoft кардинальным образом изменилась, когда в 1981 году компания IBM представила свой ПК IBM PC на базе процессора Intel 8088 с частотой 4,77 МГц, работающий под управлением Microsoft Disk Operating System (MS-DOS) 1.0. Поскольку в первом ПК использовались процессоры Intel, они использовались и во всех последующих PC-совместимых системах, так как это позволяло обеспечивать программную совместимость.

Несмотря на высокую эффективность процессора 8086, его цена была все же слишком высока по меркам того времени и, что гораздо важнее, для его работы требовалась дорогая микросхема поддержки 16-разрядной шины данных. Чтобы уменьшить себестоимость процессора, в 1979 году Intel выпустила процессор 8088 — упрощенную версию 8086. Процессор 8088 использовал те же внутреннее ядро и 16-разрядные регистры, что и 8086, мог адресовать 1 Мбайт памяти, но в отличие от предыдущей версии использовал внешнюю 8-разрядную шину данных. Это позволило обеспечить обратную совместимость с ранее разработанным 8-разрядным процессором 8085 и тем самым значительно снизить стоимость создаваемых системных плат и компьютеров. Именно поэтому IBM выбрала для своего первого ПК "урезанный" процессор 8088, а не 8086.

Это решение имело далеко идущие последствия для всей компьютерной индустрии. Процессор 8088 был полностью программно-совместимым с 8086, что позволяло использовать 16-разрядное программное обеспечение. В процессорах 8085 и 8080 использовался очень похожий набор команд, поэтому программы, написанные для процессоров предыдущих версий, можно было легко преобразовать для процессора 8088. Это, в свою очередь, позволяло разрабатывать разнообразные программы для IBM PC, что явилось залогом его будущего успеха. Не желая останавливаться на полпути, Intel была вынуждена обеспечить поддержку обратной совместимости 8088/8086 с большинством процессоров, выпущенных в то время.

Эволюция процессоров для ПК

С момента выхода первого ПК в 1981 году процессорные технологии развивались в четырех основных направлениях:

- увеличение количества транзисторов и плотности их размещения;
- увеличение тактовой частоты;
- увеличение размера внутренних регисторов (разрядности);
- увеличение количества ядер в одной микросхеме.

Компания Intel представила процессор 286 в 1982 году. Насчитывая 134 тыс. транзисторов, он обеспечивал более чем в три раза более высокую производительность, нежели другие 16-разрядные процессоры того времнени. Обладая встроенными средствами управления памятью, процессор 286 обеспечивал совместимость с предшественниками. Этот революционный процессор впервые использовался в производительной системе IBM PC-AT, на базе которой были созданы все современные ПК.

В 1985 году был выпущен процессор Intel 386. Он был построен на 32-разрядной архитектуре и содержал 275 тыс. транзисторов, обладал производительностью свыше пяти миллионов инструкций в секунду (MIPS). Первой системой на базе нового процессора стал компьютер Compaq Deskpro 386.

Следующим в 1989 году был представлен процессор Intel 486. Он содержал 1,2 млн. транзисторов и был первым процессором со встроенным математическим сопроцессором. Его производительность была практически в пятьдесят раз выше производительности первого процессора 4004, что позволило ему соперничать с некоторыми моделями мэйнфреймов.

Затем, в 1993 году, компания Intel представила первое семейство процессоров P5 (586), получившее название Pentium, тем самым определив новые стандарты производительности, в несколько раз превышающие производительность процессора 486 предыдущего поколения. Процессор Pentium содержал 3,1 млн. транзисторов и обладал производительностью 90 MIPS, что в 1500 раз превышало производительность процессора 4004.

Примечание

Переход Intel от использования чисел (386/486) к именам (Pentium/Pentium Pro) своих процессоров был обусловлен тем фактом, что числа не могли быть зарегистрированными торговыми марками, а значит, у компании не было возможности предотвратить выпуск конкурирующими компаниями процессоров-клонов.

Первый процессор семейства P6 (686), получивший название Pentium Pro, был представлен в 1995 году. Это был первый процессор, насчитывающий 5,5 млн. транзисторов и оснащенный производительной кэш-памятью второго уровня.

Пересмотрев архитектуру P6 (686/Pentium Pro), в мае 1997 года компания Intel выпустила процессор Pentium II, который содержал 7,5 млн. транзисторов, упакованных в картридже, а не в привычной микросхеме, что позволило разместить кэш-память L2 непосредственно на модуле. В апреле 1998 года семейство Pentium II было расширено; были представлены процессор Celeron для компьютеров начального уровня, а также процессор Pentium II Xeon, предназначенный для серверов и рабочих станций. Добавив к архитектуре Pentium II новый набор инструкций Streaming SIMD Extensions (SSE), в 1999 году компания Intel представила процессор Pentium III.

В то время как процессор Pentium начал занимать доминирующее положение, компания AMD приобрела компанию NexGen, которая работала над процессором Nx686. AMD объединила архитектуру этого процессора с интерфейсом Pentium, что привело к созданию процессора, получившего название AMD K6. Процессор K6 был аппаратно и программно совместим с Pentium, что означало возможность установки в то же гнездо Socket 7, а также запуск идентичного набора программ. Хотя компания Intel прекратила выпуск Pentium, предпочитая более дорогостоящие Pentium II и III, AMD продолжала разрабатывать более производительные версии K6, стимулуя развитие рынка ПК начального уровня.

В 1998 году компания Intel впервые интегрировала кэш-память L2 непосредственно в кристалл процессора (при этом память работала на частоте ядра), что позволило кардинально увеличить производительность. Впервые это было реализовано во втором поколении процессоров Celeron (базирующихся на ядре Pentium II), а также в процессоре Pentium IIPE, который применялся в портативных системах. Первый производительный процессор с итегрированной кэш-памятью L2, работающей на частоте ядра, предназначенный для производительных ПК, был представлен в конце 1999 года. Это был процессор Pentium III второго поколения на ядре Coppermine. После этого уже все основные производители процессоров интегрировали кэш-память L2 (и даже L3) в кристалл процессора; данный подход применяется и в настоящее время.

В 1999 году компания AMD представила процессор Athlon, что позволило ей конкурировать с Intel на рынке производительных ПК. Процессор Athlon стал очень популярным; создалось впечатление, что Intel впервые столкнулась с реальной конкуренцией на рынке производительных систем. Конечно, сейчас успех Athlon кажется безоговорочным, однако на момент анонса все казалось не так очевидно. В отличие от процессоров предыдущего поколения, K6, которые были программно и аппаратно совместимы с процессорами Intel, процесор Athlon был совместим только программно; для него требовалась материнская плата со специальным гнездом, предназначенным для установки именно Athlon.

Очень важной вехой для обеих компаний оказался 2000 год. Intel и AMD представили процессоры с частотой 1 ГГц, которая еще недавно казалась недостижимой. В 2001 году компания Intel представила процессор Pentium 4 с тактовой частотой 2 ГГц — первый процессор с такой частотой. 15 ноября 2001 года индустрия отметила 30-летие микропроцессора; за эти годы производительность возросла более чем в 18500 (с 0,108 МГц до 2 ГГц). AMD также представила процессор Athlon XP на обновленном ядре Palomino и процессор Athlon MP, предназначенный для многопроцессорных серверных систем.

В 2002 году Intel выпустила Pentium 4 с частотой 3,06 ГГц — первый процессор, преодолевший рубеж в 3 ГГц и поддерживающий технологию Intel Hyper-Threading (HT), которая превращала процессор в виртуальную двухпроцессорную конфигурацию. Запуская два потока приложения одновременно, процессоры с поддержкой технологии HT выполняли задания на 25–40% быстрее процессоров, которые не поддерживали данную технологию. Это явилось стимулом для программистов, которые начали создавать приложения с поддержкой многопоточности, что окажется кстати при выходе настоящих многоядерных процессоров, которые будут выпущены через некоторое время.

В 2003 году AMD выпустила первый 64-разрядный процессор для ПК — Athlon 64 (кодовое название ClawHammer или K8), который поддерживал разработанные компанией AMD 64-разрядные расширения x86-64 для архитектуры IA-32, на которой базировались Athlon, Pentium 4 и другие более ранние модели процессоров. В том же году Intel выпустила процессор Pentium 4 Extreme Edition, первый процессор для потребительского рынка с интегрированной кэш-памятью L3. Добавление кэш-памяти объемом 2 Мбайт привело к значительному увеличению количества транзисторов и, разумеется, производительности. В 2004 году компания Intel последовала за AMD и добавила разработанные AMD расширения x86-64 к процессору Pentium 4.

В 2005 году компании Intel и AMD выпустили свои первые двухъядерные процессоры; фактически два процессора были интегрированы в одной микросхеме. Хотя системные платы с поддержкой двух или более процессоров широко использовались в серверах на протяжении многих лет, многоядерные конфигурации впервые стали доступны и в домашних компьютерах. Вместо того чтобы пытаться и дальше наращивать тактовую частоту, как это делалось прежде, объединение двух или более процессоров в одной микросхеме позволило решать больше задач за меньшее время; при этом были снижены энергопотребление и тепловыделение.

В 2006 году компания Intel представила новое семейство процессоров — Core 2, базирующееся на модифицированной архитектуре мобильных процессоров Pentium M/Core Duo.

Первыми были представлены двухъядерные процессоры Core 2, а в конце года — и четырехъядерные (представляющие собой объединение двух двухядерных кристаллов в одной упаковке). В 2007 году компания AMD выпустила Phenom — первый четырехъядерный процессор, у которого все четыре ядра содержатся в одном кристалле. В 2008 году Intel выпустила семейство процессоров Core i Series (ядро Nehalem) — четырехъядерные процессоры с поддержкой технологии Hyper-Threading (что позволит операционной системе видеть целых восемь ядер) с интегрированным контроллером памяти и даже с опциональным видеоконтроллером.

Эволюция архитектуры процессоров: от 16 разрядов –– к 64

Первым из основных изменений стал переход от 16-разрядной внутренней архитектуры процессора 286 и более ранних версий к 32-разрядной внутренней архитектуре 386-го и последующих процессоров, относящихся к категории IA-32 (32-разрядная архитектура Intel). Эта архитектура была представлена в 1985 году, однако потребовалось еще десять лет, чтобы на рынке появились такие операционные системы, как Windows 95 (частично 32-разрядные) и Windows NT (требующие использования исключительно 32-разрядных драйверов). И только еще через шесть лет появилась операционная система Windows XP, которая была 32-разрядной как на уровне драйверов, так и на уровне всех компонентов. Итак, на адаптацию 32-разрядных вычислений потребовалось шестнадцать лет. Для компьютерной индустрии это довольно длительный срок.

Теперь наблюдается очередной скачок в развитии архитектуры ПК — компании Intel, AMD и Microsoft начали переход от 32-разрядных вычислений к 64-разрядным. В 2001 году был выпущен процессор Itanium, поддерживающий архитектуру IA-64. Однако данная архитектура была абсолютно несовместима с существовавшей 32-разрядной. Архитектура IA-64 была анонсирована в 1994 году в рамках проекта по разработке компаниями Intel и HP нового процессора с кодовым названием Merced; первые технические детали были опубликованы в октябре 1997 года.

К сожалению, IA-64 не являлась расширением архитектуры IA-32, а была совершенно новой архитектурой. Это хорошо для рынка серверов (собственно, для этого IA-64 и разрабатывалась), однако совершенно неприемлемо для мира ПК, который всегда требовал обратной совместимости. Хотя архитектура IA-64 и поддерживает эмуляцию IA-32, при этом обеспечивается очень низкая производительность.

Компания AMD пошла по другому пути и разработала 64-разрядные расширения для архитектуры IA-32. В результате появилась архитектура AMD64 (которая также называется x86-64). Через некоторое время Intel представила собственный набор 64-разрядных расширений, который назвала EM64T (IA-32e). Расширения Intel практически идентичны расширениям AMD, что означает их совместимость на программном уровне. В результате впервые в истории сложилась ситуация, когда Intel следовала за AMD в разработке архитектуры ПК, а не наоборот.

Для того чтобы 64-разрядные вычисления стали реальностью, необходимы 64-разрядные операционные системы и драйверы. В апреле 2005 года компания Microsoft начала распространять пробную версию Windows XP Professional x64 Edition, поддерживающую дополнительные инструкции AMD64 и EM64T. Однако 64-разрядные вычисления получили распространение только в 2007 году после выхода Windows Vista x64. На первых порах серьезной проблемой было отсутствие 64-разрядных драйверов, однако к моменту выхода Windows 7 x64 в 2009 году большинство производителей предлагали 32- и 64-разрядные версии драйверов практически для всех своих новых устройств. Выпускаются и 64-разрядные версии Linux, благодаря чему каких-либо серьезных препятствий для перехода к 64-разрядным вычислениям нет.

Еще одним важным достижением можно считать выпуск компаниями Intel и AMD двух- и четырехъядерных процессоров. Они содержат два или четыре полноценных ядра на одной подложке; в результате один процессор теоретически может выполнять работу двух или четырех процессоров. Хотя многоядерные процессоры не обеспечивают значительного увеличения быстродействия в играх (которые в основном предполагают выполнение данных в один поток), они просто незаменимы в многозадачной среде. Если вы когда-нибудь пытались одновременно выполнять проверку компьютера на наличие вирусов, работать с электронной

почтой, а также запускать какие-то другие приложения, то наверняка знаете, что такая нагрузка может "поставить на колени" даже самый быстрый одноядерный процессор. Поскольку двухъядерные процессоры сейчас выпускаются обеими компаниями, Intel и AMD, шансы на то, что вам удастся выполнить работу гораздо быстрее благодаря многозадачности, значительно возрастают. Современные двухъядерные процессоры также поддерживают 64-разрядные расширения AMD64 или EM64T, что позволяет воспользоваться преимуществами как двухъядерности, так и 64-разрядных вычислений.

Персональные компьютеры прошли долгий путь развития. Первый используемый в ПК процессор 8088 содержал 29 тыс. транзисторов и работал с частотой 4,77 МГц. Процессор AMD Phenom II содержит больше 758 млн. транзисторов и работает на частоте 3,4 ГГц, процессор Intel Core i5/i7 работает с частотой до 3,33 ГГц и содержит до 774 млн. транзисторов. Многоядерная архитектура и постоянно растущий объем кэш-памяти второго уровня приводят к постоянному росту количества транзисторов. Скоро эта отметка перевалит за один миллиард. Все это является практическим подтверждением закона Мура, в соответствии с которым быстродействие процессоров и количество содержащихся в них транзисторов удваивается каждые полтора-два года.

Параметры процессоров

При описании параметров и устройств процессоров часто возникает путаница. Мы рассмотрим некоторые характеристики процессоров, в том числе *разрядность шины данных* и *шины адреса*, а также *быстродействие*.

Процессоры можно классифицировать по двум основным параметрам: разрядности и быстродействию. Быстродействие процессора — довольно простой параметр. Оно измеряется в мегагерцах (МГц); 1 МГц равен миллиону тактов в секунду. Чем выше быстродействие, тем лучше (тем быстрее работает процессор). Разрядность процессора — параметр более сложный. В процессор входят три важных устройства, основной характеристикой каждого из которых является разрядность:

- шина ввода и вывода данных;
- шина адреса памяти;
- внутренние регистры.

Следует заметить, что шину данных процессора также называют *передней шиной* (Front Side Bus — FSB), *внутренней шиной процессора* (Processor Side Bus — PSB) или просто *шиной ЦПУ*. Все эти термины обозначают шину, соединяющую процессор с основными компонентами набора микросхем системной платы (северный мост или концентратор контроллера памяти). Компания Intel отдает предпочтение терминам *FSB* и *PSB*, в то время как в AMD используют исключительно обозначение *FSB*. Безусловно, можно использовать и просто название *шина процессора/ЦПУ* — менее сложный и в то же время достоверный термин.

Понятие разрядности процессоров может вызвать некоторую путаницу. Все современные процессоры имеют 64-разрядную шину данных, однако это не делает их действительно 64-разрядными. Такие процессоры, как Pentium 4 и Athlon XP, являются 32-разрядными — именно такую разрядность имеют их внутренние регистры. В то же время шины ввода-вывода процессора являются 64-разрядными, а шины адреса — 32-разрядными (этот показатель выше, чем у процессоров предыдущих поколений, например Pentium и K6). Процессоры семейства Core 2, AMD Opteron и Athlon 64 являются полноценными 64-разрядными процессорами, поскольку имеют также 64-разрядные внутренние регистры.

Прежде всего стоит ознакомиться с рядом таблиц, в которых представлены основные параметры процессоров, используемых в персональных компьютерах. Разрядность и другие характеристики процессоров подробно описываются ниже. При чтении разделов, посвященных тем или иным параметрам, не забывайте обращаться к данным, которые приведены в этих таблицах.

В табл. 3.1 и 3.2 представлены сведения о процессорах Intel и AMD.

Шина данных

Производительность и разрядность внешней шины данных являются основными характеристиками центрального процессора, определяющими быстродействие, с которым данные передаются в процессор или из него.

Данные в компьютере передаются в виде цифр через одинаковые промежутки времени. Для передачи *единичного* бита данных в определенный временной интервал посылается сигнал напряжения *высокого* уровня (около 5 В), а для передачи *нулевого* бита данных — сигнал напряжения *низкого* уровня (около 0 В). Чем больше линий, тем больше битов можно передать за одно и то же время. Современные процессоры, начиная с Pentium и Athlon и заканчивая Core 2 и Athlon 64 X2, и даже Itanium 2, имеют 64-разрядные внешние шины данных. Это означает, что все эти процессоры могут передавать в системную память (или получать из нее) одновременно 64 бит (8 байт) данных.

Представим себе, что шина — это автомагистраль с движущимися по ней автомобилями. Если автомагистраль имеет всего по одной полосе движения в каждую сторону, то по ней в одном направлении в определенный момент времени может проехать только одна машина. Если вы хотите увеличить пропускную способность дороги, например вдвое, вам придется ее расширить, добавив еще по одной полосе движения в каждом направлении.

По мере развития процессоров количество "полос" возрастало. 8-разрядный процессор можно сравнить с однополосной дорогой, поскольку за один раз передается один байт информации (1 байт равен 8 битам). 16-разрядный процессор, способный обрабатывать по два байта, можно сравнить с двухполосной дорогой. Четырехполосная дорога с двумя полосами в каждом направлении — аналог 32-разрядной шины, способной передавать по четыре байта информации за раз. Продолжая развивать данную аналогию, 64-разрядную шину можно сравнить с восьмиполосным шоссе, по которому данные передаются в процессор и обратно.

Когда были созданы 64-разрядные шины, разработчики микросхем столкнулись с такой ситуацией: увеличение производительности невозможно из-за слишком больших сложностей с синхронизацией всех 64 битов. Разработчики пришли к выводу, что уменьшение количества линий позволяет значительно увеличить скорость передачи данных, тем самым достигнув больших полос пропускания. В связи с этим новые процессоры обладают 4- или 16-разрядными шинами данных, которые, тем не менее, характеризуются большей пропускной способностью, чем 64-разрядные шины, на смену которым они пришли.

Еще одно улучшение, реализованное в новых процессорах, — возможность использования нескольких шин для различных задач. Традиционная процессорная архитектура предполагала передачу всех данных по одной шине. Сейчас же для обмена данными с набором микросхем, памятью и разъемами графических карт используются разные физические шины.

Шина адреса

Шина адреса представляет собой набор проводников, по которым передается адрес ячейки памяти, в которую или из которой пересылаются данные. Как и в шине данных, по каждому проводнику передается один бит, соответствующий одной цифре в адресе. Увеличение количества проводников (разрядов), используемых для формирования адреса, позволяет увеличить количество адресуемых ячеек. Разрядность шины адреса определяет максимальный объем памяти, адресуемой процессором.

Представьте себе следующее. Если шина данных сравнивалась с автострадой, а ее разрядность — с количеством полос движения, то шину адреса можно ассоциировать с нумерацией домов или улиц. Количество линий в шине эквивалентно количеству цифр в номере дома. Например, если на какой-то гипотетической улице номера домов не могут состоять более чем из двух цифр (десятичных), то количество домов на ней не может быть больше ста (от 00 до 99), т.е. 10^2. При трехзначных номерах количество возможных адресов возрастает до 10^3 (от 000 до 999) и т.д.

Таблица 3.1. Спецификации процессоров Intel

Процессор	Количество ядер	Технологический процесс, мкм	Коэффициент умножения	Напряжение, В	Разрядность внутренних регистров, бит	Разрядность шины данных, бит	Максимальный объем памяти
8088	1	3,0	1x	5	16	8	1 Мбайт
8086	1	3,0	1x	5	16	16	1 Мбайт
286	1	1,5	1x	5	16	16	16 Мбайт
386SX	1	1,5, 1,0	1x	5	32	16	16 Мбайт
386SL	1	1,0	1x	3,3	32	16	16 Мбайт
386DX	1	1,5, 1,0	1x	5	32	32	4 Гбайт
486SX	1	1,0, 0,8	1x	5	32	32	4 Гбайт
486SX2	1	0,8	2x	5	32	32	4 Гбайт
487SX	1	1,0	1x	5	32	32	4 Гбайт
486DX	1	1,0, 0,8	1x	5	32	32	4 Гбайт
486SL[2]	1	0,8	1x	3,3	32	32	4 Гбайт
486DX2	1	0,8	2x	5	32	32	4 Гбайт
486DX4	1	0,6	2x+	3,3	32	32	4 Гбайт
486 Pentium OD	1	0,6	2,5x	5	32	32	4 Гбайт
Pentium 60/66	1	0,8	1x	5	32	64	4 Гбайт
Pentium 75-200	1	0,6, 0,35	1,5x+	3,3–3,5	32	64	4 Гбайт
Pentium MMX	1	0,35, 0,25	1,5x+	1,8–2,8	32	64	4 Гбайт
Pentium Pro	1	0,35	2x+	3,3	32	64	64 Гбайт
Pentium II (Klamath)	1	0,35	3,5x+	2,8	32	64	64 Гбайт
Pentium II (Deschutes)	1	0,35	3,5x+	2,0	32	64	64 Гбайт
Pentium II PE (Dixon)	1	0,25	3,5x+	1,6	32	64	64 Гбайт
Celeron (Covington)	1	0,25	3,5x+	1,8–2,8	32	64	64 Гбайт
Celeron A (Mendocino)	1	0,25	3,5x+	1,5–2	32	64	64 Гбайт
Celeron III (Coppermine)	1	0,18	4,5x+	1,5–1,75	32	64	64 Гбайт
Celeron III (Tualatin)	1	0,13	9x+	1,5	32	64	64 Гбайт
Pentium III (Katmai)	1	0,25	4x+	2,0–2,05	32	64	64 Гбайт
Pentium III (Coppermine)	1	0,18	4x+	1,6–1,75	32	64	64 Гбайт
Pentium III (Tualatin)	1	0,13	8,5x+	1,45	32	64	64 Гбайт
Celeron 4 (Willamette)	1	0,18	4,25x+	1,6	32	64	64 Гбайт
Pentium 4 (Willamette)	1	0,18	3x+	1,7	32	64	64 Гбайт
Pentium 4A (Northwood)	1	0,13	4x+	1,3	32	64	64 Гбайт
Pentium 4EE (Prestonia)	1	0,13	8x+	1,5	32	64	64 Гбайт
Pentium 4E (Prescott)	1	0,09	8x+	1,3	32	64	64 Гбайт
Celeron D (Prescott)	1	0,09	4x+	1,4	64	64	1 Тбайт
Pentium D (Smithfield)	2	0,09	3,5x+	1,4	64	64	1 Тбайт
Pentium D (Presler)	2	0,065	3,5x+	11,4	64	64	1 Тбайт
Pentium M (Banias)	1	0,13	2,25x+	1,5	32	64	64 Гбайт
Pentium M (Dothan)	1	0,09	4,25x+	1,3	32	64	64 Гбайт
Core Duo (Yonah)	2	0,09	2,25+	1,3	32	64	64 Гбайт
Core 2 Duo (Conroe)	2	0,65	1,75x+	1,3	64	64	1 Тбайт
Core 2 Quad (Kentsfield)	4	0,65	2,25x+	1,3	64	64	1 Тбайт
Core 2 Duo (Wolfdale)	2	0,45	2,25x+	1,3	64	64	1 Тбайт
Core 2 Quad (Yorkfield)	4	0,45	2,25x+	1,3	64	64	1 Тбайт
Core i7 (Bloomfield)	4	0,45	2,25x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Core i3/5/7 (Lynnfield)	4	0,45	2,25x+	1,4	64	16	1 Тбайт

1. *Процессор 386SL содержит интегрированный контроллер кэш-памяти, однако кэш-память расположена за пределами процессора.*

Кэш-память L1	Кэш-память L2	Кэш-память L3	Быстродействие кэш-памяти L2/L3	Мультимедийные инструкции	Количество транзисторов	Дата появления на рынке
---	---	---	---	---	29 тыс.	Июнь 1979 г.
---	---	---	---	---	29 тыс.	Июнь 1978 г.
---	---	---	---	---	134 тыс.	Февраль 1982 г.
---	---	---	Частота шины	---	275 тыс.	Июнь 1988 г.
0 Кбайт[1]	---	---	Частота шины	---	855 тыс.	Октябрь 1990 г.
---	---	---	Частота шины	---	275 тыс.	Октябрь 1985 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,185 млн.	Апрель 1991 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,185 млн.	Апрель 1994 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,2 млн.	Апрель 1991 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,2 млн.	Апрель 1989 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,4 млн.	Ноябрь 1992 г.
8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,2 млн.	Март 1992 г.
16 Кбайт	---	---	Частота шины	---	1,6 млн.	Февраль 1994 г.
2 × 16 Кбайт	---	---	Частота шины	---	3,1 млн.	Январь 1995 г.
2 × 8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	3,1 млн.	Март 1993 г.
2 × 8 Кбайт	---	---	Частота шины	---	3,3 млн.	Март 1994 г.
2 × 16 Кбайт	---	---	Частота шины	MMX	4,5 млн.	Январь 1997 г.
2 × 8 Кбайт	256 Кбайт, 512 Кбайт, 1 Мбайт	---	Частота ядра	---	5,5 млн.	Ноябрь 1995 г.
2 × 16 Кбайт	512 Кбайт	---	1/2 частоты ядра	MMX	7,5 млн.	Май 1997 г.
2 × 16 Кбайт	512 Кбайт	---	1/2 частоты ядра	MMX	7,5 млн.	Май 1997 г.
2 × 16 Кбайт	256 Кбайт	---	Частота ядра	MMX	27,4 млн.	Январь 1999 г.
2 × 16 Кбайт	0 Кбайт	---	---	MMX	7,5 млн.	Апрель 1998 г.
2×16 Кбайт	128 Кбайт	---	Частота ядра	MMX	19 млн.	Август 1998 г.
2 × 16 Кбайт	128 Кбайт	---	Частота ядра	SSE	28,1 млн.	Февраль 2000 г.
2 × 16 Кбайт	256 Кбайт	---	Частота ядра	SSE	44 млн.	Октябрь 2001 г.
2 × 16 Кбайт	512 Кбайт	---	1/2 частоты ядра	SSE	9,5 млн.	Февраль 1999 г.
2 × 16 Кбайт	256 Кбайт	---	Частота ядра	SSE	28,1 млн.	Октябрь 1999 г.
2 × 16 Кбайт	512 Кбайт	---	Частота ядра	SSE	44 млн.	Июнь 2001 г.
2 × 16 Кбайт	128 Кбайт	---	Частота ядра	SSE2	42 млн.	Май 2002 г.
12+8 Кбайт	256 Кбайт	---	Частота ядра	SSE2	42 млн.	Ноябрь 2000 г.
12+8 Кбайт	512 Кбайт	---	Частота ядра	SSE2	55 млн.	Январь 2002 г.
12+8 Кбайт	512 Кбайт	2 Мбайт	Частота ядра	SSE2	178 млн.	Ноябрь 2003 г.
12+16 Кбайт	1 Мбайт	---	Частота ядра	SSE3	125 млн.	Февраль 2004 г.
12+16 Кбайт	256 Кбайт	---	Частота ядра	SSE3	125 млн.	Июнь 2004 г.
12+16 Кбайт (×2)	1 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSE3	230 млн.	Май 2005 г.
12+16 Кбайт (×2)	2 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSE3	376 млн.	Декабрь 2005 г.
2 × 32 Кбайт	1 Мбайт	---	Частота ядра	SSE2	77 млн.	Март 2003 г.
2 × 32 Кбайт	2 Мбайт	---	Частота ядра	SSE2	144 млн.	Май 2004 г.
2 × 32 Кбайт (x2)	1 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSE3	151 млн.	Январь 2006 г.
2 × 32 Кбайт (x2)	2/3 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSSE3	291 млн.	Июль 2006 г.
2 × 32 Кбайт (x2)	4 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSSE3	582 млн.	Декабрь 2006 г.
2 × 32 Кбайт (x2)	3-6 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSSE4.1	410 млн.	Январь 2008 г.
2 × 32 Кбайт на ядро	2-6 Мбайт на ядро	---	Частота ядра	SSSE4.1	820 млн.	Март 2008 г.
2 × 32 Кбайт на ядро	256 Кбайт на ядро	8 Мбайт	Частота ядра	SSSE4.2	731 млн.	Ноябрь 2008 г.
2 × 32 Кбайт на ядро	256 Кбайт на ядро	8 Мбайт	Частота ядра	SSSE4.2	774 млн.	Сентябрь 2009 г.

2. Затем компания Intel выпустила версии SL Enhanced процессоров SX, DX и DX2. Эти процессоры, поддерживающие управление питанием, выпускаются в версиях с напряжением питания 5 и 3,3 В.

Таблица 3.2. Спецификации процессоров AMD

Процессор	Количество ядер	Технологический процесс, мкм	Коэффициент умножения	Напряжение, В	Разрядность внутренних регистров, бит	Разрядность шины данных, бит	Макс. объем памяти
AMD K5	1	0,35	1,5x+	3,5	32	64	4 Гбайт
AMD K6	1	0,35	2,5x+	3,2	32	64	4 Гбайт
AMD K6-2	1	0,25	2,5x+	2,4	32	64	4 Гбайт
AMD K6-3	1	0,25	3,5x+	12,4	32	64	4 Гбайт
AMD Athlon	01	0,25	5x+	1,8	32	64	4 Гбайт
AMD Duron	1	0,18	5x+	1,8	32	64	4 Гбайт
AMD Athlon (Thunderbird)	1	0,18	5x+	1,8	32	64	4 Гбайт
AMD Athlon XP (Palomino)	1	0,18	5x+	1,8	32	64	4 Гбайт
AMD Athlon XP (Thoroughbred)	1	0,13	5x+	1,8	32	64	4 Гбайт
AMD Athlon XP(Barton)	1	0,13	5,5x+	1,65	32	64	4 Гбайт
Athlon 64 (ClawHammer/Winchester)	1	0,13/0,09	5,5x+	1,5	64	16	1 Тбайт
Athlon 64 FX (SledgeHammer)	1	0,13	5,5x+	1,5	64	16	1 Тбайт
Athlon 64 X2 (Manchester)	2	0,09	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Athlon 64 X2 (Toledo)	2	0,09	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Athlon 64 X2 (Windsor)	2	0,09	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Athlon X2, 64 X2 (Brisbane)	2	0,065	5x+	1,35	64	16	1 Тбайт
Phenom X3/X4 (Taliman/Agena)	3/4	0,065	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Athlon X2 (Kuma)	2	0,065	5x+	1,3	64	16	1 Тбайт
Phenom II X2/X3/X4 (Callisto/Heka/Deneb)	2/3/4	0,045	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт
Athlon IIX2 (Regar)	2	0,045	5x+	1,4	64	16	1 Тбайт

В компьютерах применяется двоичная система счисления, поэтому при 2-разрядной адресации можно выбрать только четыре ячейки (с адресами 00, 01, 10 и 11), т.е. 2^2, при 3-разрядной — восемь (от 000 до 111), т.е. 2^3, и т.д. К примеру, в процессорах 8086 и 8088 используется 20-разрядная шина адреса, поэтому они могут адресовать 2^{20} (1048576) байт, или 1 Мбайт памяти. Объемы памяти, адресуемой процессорами Intel, приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Объемы памяти, адресуемой процессорами компании Intel

Тип процессора	Разрядность шины адреса	Байт	KiB	MiB	GiB	Tib
8088/8086	20	1048576	1024	1	---	---
286/386SX	24	16777216	16384	16	---	---
386DX/486/Pentium/K6/Athlon	32	4294967296	4194304	4096	4	---
Pentium с технологией PAE	36	68719476736	67108864	65536	64	—
64-разрядные AMD/Intel	40	1099511627776	1073741824	1048576	1024	1

PAE — расширенная физическая адресация (Physical Address Extension), поддерживаемая только в серверных ОС.

KiB — кибибайт, или 1024 байт.

MiB — мебибайт, или 1024 кибибайт.

GiB — гибибайт, или 1024 мебибайт.

TiB — тибибайт, или 1024 гибибайт.

Информация о префиксах двоичных множителей приведена по адресу `www.iec.ch/zone/si/si_bytes.htm`.

Кэш-память L1	Кэш-память L2	Кэш-память L3	Быстродействие кэш-памяти L2/L3	Мультимедийные инструкции	Количество транзисторов, млн.	Дата появления на рынке
16+8 Кбайт	—	—	Частота шины	—	4,3	Март 1996 г.
2 × 32 Кбайт	—	—	Частота шины	MMX	8,8	Апрель 1997 г.
2 × 32 Кбайт	—	—	Частота шины	3DNow!	9,3	Май 1998 г.
2 × 32 Кбайт	256 Кбайт	—	Частота ядра	3DNow!	21,3	Февраль 1999 г.
2 × 64 Кбайт	512 Кбайт	—	1/2–1/3 частоты ядра	Enh. 3DNow!	22	Июнь 1999 г.
2 × 64 Кбайт	64 Кбайт	—	Частота ядра	Enh. 3DNow!	25	Июнь 2000 г.
2 × 64 Кбайт	256 Кбайт	—	Частота ядра	Enh. 3DNow!	37	Июнь 2000 г.
2 × 64 Кбайт	256 Кбайт	—	Частота ядра	3DNow! Pro	37,5	Октябрь 2001 г.
2 × 64 Кбайт	256 Кбайт	—	Частота ядра	3DNow! Pro	37,2	Июнь 2002 г.
2 × 64 Кбайт	512 Кбайт	—	Частота ядра	3DNow! Pro	54,3	Февраль 2003 г.
2 × 64 Кбайт	1 Мбайт	—	Частота ядра	3DNow! Pro (SSE3 для процесса 0,09 мкм)	105,9	Сентябрь 2003 г.
2 × 64 Кбайт	1 Мбайт	—	Частота ядра	3DNow! Pro	105,9	Сентябрь 2003 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	256 Кбайт/512 Кбайт на ядро	—	Частота ядра	SSE3	154	Июнь 2005 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт/1 Мбайт на ядро	—	Частота ядра	SSE3	233	Июнь 2005 г.
2 × 64 Кбайт ядро	512 Кбайт/1 Мбайт на ядро	—	Частота ядра	SSE3	233,2	Май 2005 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт на ядро	—	Частота ядра	SSE3	154	Декабрь 2006 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт на ядро	2 Мбайт	Частота ядра	SSE4a	450	Ноябрь 2007 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт на ядро	2 Мбайт	Частота ядра	SSE4a	450	Декабрь 2008 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт на ядро	6 Мбайт	Частота ядра	SSE4a	758	Январь 2009 г.
2 × 64 Кбайт на ядро	512 Кбайт на ядро		Частота ядра	SSE4a	234	Июнь 2009 г.

Шины данных и адреса независимы, и разработчики микросхем выбирают их разрядность по своему усмотрению, но, как правило, чем больше разрядов в шине данных, тем больше их и в шине адреса. Разрядность этих шин является показателем возможностей процессора: количество разрядов в шине данных определяет способности процессора в обмене информацией, а разрядность шины адреса — объем памяти, с которым он может работать.

Внутренние регистры (внутренняя шина данных)

Количество битов данных, которые может обработать процессор за один прием, характеризуется *разрядностью* внутренних регистров. *Регистр* — это, по существу, ячейка памяти внутри процессора; например, процессор может складывать числа, записанные в двух различных регистрах, а результат сохранять в третьем регистре. Разрядность регистра определяет количество разрядов данных, обрабатываемых процессором, а также характеристики программного обеспечения и команд, выполняемых чипом. Например, процессоры с 32-разрядными внутренними регистрами могут выполнять 32-разрядные команды, которые обрабатывают данные 32-разрядными порциями, а процессоры с 16-разрядными регистрами этого делать не могут. Процессоры, начиная с 386 и заканчивая Pentium 4, имели 32-разрядные регистры и поэтому могли обеспечивать работу одних и тех же 32-разрядных приложений. Процессоры Core 2 и Athlon 64 имеют как 32-, так и 64-разрядные регистры; это значит, что на них можно запускать существующие 32-разрядные приложения и их новые 64-разрядные версии.

Режимы процессора

Все 32-разрядные и более поздние процессоры Intel, начиная с 386-го, а также совместимые с ними могут выполнять программы в нескольких режимах. Режимы процессора предназначены для выполнения программ в различных средах; в разных режимах возможности чипа неодинаковы, потому что команды выполняются по-разному. В зависимости от режима процессора изменяется схема управления памятью системы и задачами.

Основные параметры режимов процессора перечислены в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Режимы процессора

Режим	Подрежим	Разрядность операционной системы	Разрядность программного обеспечения	Разрядность адреса памяти	Размер операнда по умолчанию	Разрядность регистров
Реальный	—	16	16	24	16	16
IA-32	Защищенный	32	32	32	32	32/16
	Виртуальный реальный	32	16	24	16	16
IA-32e	64-разрядный	64	64	64	32	64
	Совместимость	64	32	32	32	32/16

Реальный режим

Реальный режим иногда называют режимом 8086, поскольку он основан на инструкциях процессоров 8086 и 8088. В первом IBM PC использовался процессор 8088, который мог выполнять 16-разрядные команды, применяя 16-разрядные внутренние регистры, и адресовать только 1 Мбайт памяти, используя для адреса 20 разрядов. Все программное обеспечение PC первоначально было предназначено для этого процессора; оно было разработано на основе 16-разрядной системы команд и модели памяти объемом 1 Мбайт. Например, операционные системы DOS и Windows от 1.*x* до 3.*x*, а также все приложения для этих ОС написаны в расчете на 16-разрядные команды. Эти 16-разрядные операционные системы и приложения были разработаны для выполнения на первоначальном процессоре 8088.

Более поздние процессоры, например 286, также могли выполнять те же самые 16-разрядные команды, что и первоначальный 8088, но намного быстрее. Другими словами, процессор 286 был полностью совместим с первоначальным 8088 и мог выполнять все 16-разрядные программы точно так же, как 8088, только значительно быстрее. 16-разрядный режим, в котором выполнялись команды процессоров 8088 и 286, был назван *реальным режимом*. Все программы, выполняемые в реальном режиме, должны использовать только 16-разрядные команды, 20-разрядные адреса и поддерживаться архитектурой памяти, рассчитанной на объем до 1 Мбайт. Для программного обеспечения этого типа обычно используется однозадачный режим, т.е. одновременно может выполняться только одна программа. Нет никакой встроенной защиты для предотвращения перезаписи ячеек памяти одной программы и даже операционной системы другой программой; это означает, что при выполнении нескольких программ вполне могут быть испорчены данные или код одной из них, что может привести всю систему к краху (или останову).

Режим IA-32 (32-разрядный)

Первым 32-разрядным процессором, предназначенным для PC, был 386-й. Этот чип мог выполнять абсолютно новую 32-разрядную систему команд. Чтобы полностью использовать преимущество 32-разрядной системы команд, были необходимы 32-разрядная операционная система и 32-разрядные приложения. Этот новый режим назывался *защищенным*, так как выполняемые в нем программы защищены от перезаписи своих областей памяти другими программами. Такая защита делает систему более надежной, поскольку ни одна программа с ошибками уже не сможет так легко повредить другие программы или операционную систему. Кроме того, программу, потерпевшую крах, можно довольно просто завершить без ущерба для всей системы.

Зная, что для разработки новых операционных систем и приложений, использующих преимущества 32-разрядного защищенного режима, потребуется некоторое время, компания Intel предусмотрела в процессоре 386 обратно совместимый реальный режим. Благодаря этому процессор 386 мог выполнять немодифицированные 16-разрядные приложения, причем намного быстрее, чем на любом процессоре предыдущего поколения. Для большинства пользователей этого было достаточно; им не требовалось все 32-разрядное программное обеспечение — достаточно было того, что имевшиеся у них 16-разрядные программы работали быстрее. К сожалению, из-за этого процессор никогда не работал в 32-разрядном защищенном режиме, и все возможности защищенного режима не использовались.

Когда высокопроизводительный процессор, подобный Pentium 4, работает в DOS (т.е. в реальном режиме), он напоминает "Turbo 8088". Слово "Turbo" означает, что процессор имеет преимущество в быстродействии при выполнении 16-разрядных программ, хотя он может выполнять только 16-разрядные команды и обращаться к памяти в пределах все того же одного мегабайта, предусмотренного картой памяти процессора 8088. Поэтому, даже если у вас система с Pentium 4 или Athlon XP и оперативной памятью объемом 256 Мбайт, при работе в Windows 3.*x* или DOS в действительности используется *только* первый мегабайт памяти.

В связи с этим потребовались новые операционные системы и приложения, которые могли бы использовать все преимущества современных процессоров в 32-разрядном защищенном режиме. Однако некоторые пользователи поначалу сопротивлялись переходу на 32-разрядную среду. Сообщество пользователей оказалось весьма устойчивым в своих привязанностях и не желало изменять привычек. Признаюсь честно: я был одним из них.

Из-за сопротивления пользователей 32-разрядные операционные системы, такие как Unix и ее разновидности (например, Linux), OS/2 и даже Windows NT/2000/XP, распространялись на рынке ПК довольно вяло. Из перечисленных систем Windows XP стала по-настоящему широко распространенным программным продуктом во многом благодаря огромной популярности Windows 95/98/Me (смешанные 16/32-разрядные системы). Последней полностью 16-разрядной операционной системой была Windows серии 3.*x*, так как на самом деле она работала в качестве надстройки DOS.

Виртуальный реальный режим IA-32

Для обратной совместимости 32-разрядная система Windows использует третий режим в процессоре — *виртуальный реальный режим*. По существу, это режим выполнения 16-разрядной среды (реальный режим), реализованный в 32-разрядном защищенном режиме (т.е. виртуально, а не реально). Выполняя команды в окне командной строки DOS системы Windows, вы создаете виртуальный сеанс реального режима. Поскольку защищенный режим является подлинно многозадачным, фактически можно выполнять несколько сеансов реального режима, причем в каждом сеансе собственное программное обеспечение работает на виртуальном компьютере. И все эти приложения могут выполняться одновременно, даже во время работы других 32-разрядных программ.

Учтите, что любая программа, выполняемая в виртуальном окне реального режима, может обращаться только к памяти объемом до 1 Мбайт, причем для каждой такой программы это будет первый и единственный мегабайт памяти в системе. Другими словами, если вы выполняете приложение DOS в виртуальном реальном окне, ему будет доступна память только объемом до 640 Кбайт. Так происходит потому, что в 16-разрядной среде имеется только 1 Мбайт общей оперативной памяти, при этом верхние 384 Кбайт зарезервированы для системы. Виртуальное реальное окно полностью имитирует среду процессора 8088, и, если не учитывать быстродействие, программное обеспечение будет выполняться точно так, как оно выполнялось первым PC в реальном режиме. Каждая виртуальная машина получает собственный 1 Мбайт адресного пространства и собственный экземпляр реальных аппаратных подпрограмм управления аппаратурой (базовую систему ввода-вывода), причем при этом эмулируются все регистры и возможности реального режима.

Виртуальный реальный режим используется при выполнении 16-разрядных программ в окне DOS. При запуске приложения DOS операционная система Windows создает виртуальную машину DOS, на которой это приложение может выполняться.

Важно отметить, что все Intel-совместимые процессоры (в частности, AMD и Cyrix) при включении питания начинают работать в реальном режиме. При загрузке 32-разрядная операционная система автоматически переключает процессор в 32-разрядный режим и управляет им в этом режиме.

Также важно заметить, что некоторые приложения DOS и Windows 3.*x* в 32-разрядной среде ведут себя неадекватно, т.е. делают то, что не поддерживается даже в виртуальном реальном режиме.

Диагностическое программное обеспечение — прекрасный тому пример: оно не будет корректно работать в окне реального режима (виртуального реального) под управлением Windows. Чтобы на Pentium 4 запустить такое программное обеспечение в первоначальном упрощенном режиме, необходимо прервать процесс начальной загрузки системы и просто загрузить DOS. Это можно выполнить в Windows 9x (исключая Windows Me), нажимая клавишу <F8>, когда на экране появляется подсказка *Starting Windows*. Затем, когда появится загрузочное меню, в нем нужно выбрать команду загрузки простой 16-разрядной операционной системы реального режима DOS. Для запуска программ диагностики, которые невозможно запустить обычным образом в защищенном режиме, рекомендуется выбирать режим с поддержкой командной строки. Учитывая, что промежуток времени, в который Windows ожидает нажатия клавиши <F8>, очень короткий (порядка 2 с), лучше нажимать <F8> несколько раз подряд.

Операционная система Windows Me создавалась, как вы знаете, на основе Windows 98. Пытаясь отучить пользователей от 16-разрядного режима работы, Microsoft удалила опцию загрузочного меню (Startup). Операционные системы Windows NT/2000/XP также лишены возможности прервать загрузку подобным образом. Для запуска компьютера в режиме DOS придется создать загрузочный диск, который и будет затем использоваться для загрузки системы в реальном режиме. Как правило, этот режим требуется для некоторых процедур технического обслуживания, в частности для выполнения аппаратной диагностики и непосредственного редактирования секторов диска.

Хотя реальный режим используется DOS и стандартными приложениями DOS, есть специальные программы, которые расширяют DOS и открывают доступ к дополнительной памяти XMS (сверх 1 Мбайт). Они иногда называются *расширителями* DOS и обычно включаются как часть программного обеспечения DOS или Windows 3.*x*, в котором используются. Протокол, описывающий, как выполнять DOS в защищенном режиме, называется *DPMI* (DOS Protected Mode Interface — интерфейс защищенного режима DOS).

Этот протокол использовался в Windows 3.*x* для обращения к дополнительной памяти XMS при работе приложений для Windows 3.*x*. Он позволял 16-разрядным приложениям использовать память, превышающую 1 Мбайт. Расширители DOS особенно часто применяются в играх DOS; именно благодаря им игровая программа может использовать объем памяти, намного превышающий стандартный (1 Мбайт), который могут адресовать большинство программ, работающих в реальном режиме. Эти расширители DOS переключают процессор в реальный режим и обратно, а в случае запуска под управлением Windows применяют интерфейс DPMI, встроенный в Windows, и тем самым позволяют другим программам совместно использовать часть дополнительной памяти XMS системы.

Есть еще одно исключение: первые 64 Кбайт дополнительной памяти в реальном режиме доступны программам. Это результат ошибки в первом компьютере IBM AT, связанной с 21-й линией адреса памяти (A20, поскольку A0 — первая строка адреса). Управляя сигналом на линии A20, программное обеспечение реального режима может получать доступ к первым 64 Кбайт дополнительной памяти — это первые 64 Кбайт памяти, следующие за первым мегабайтом. Эта область памяти называется *областью верхних адресов памяти* (*high memory area — HMA*).

64-разрядный расширенный режим IA-32e (AMD64, x86-64, EM64T)

Этот режим является расширением архитектуры IA-32, разработанным компанией AMD и в дальнейшем поддержанным Intel.

В 2003 году компания AMD представила первый 64-разрядный процессор для x86-совместимых настольных компьютеров — Athlon 64, — после чего выпустила свой первый 64-разрядный серверный процессор, Opteron. В 2004 году Intel представила 64-разрядные версии настольного процессора Pentium 4. Через несколько лет обе компании значительно расширили модельный ряд процессоров с поддержкой 64-разрядных функций.

Процессоры, поддерживающие 64-разрядные расширения, могут работать в реальном режиме (8086), режиме IA-32 или IA-32e. При использовании режима IA-32 процессор может работать в защищенном или виртуальном реальном режиме. Режим IA-32e позволяет работать в 64-разрядном режиме или в режиме совместимости, что подразумевает возможность одновременного выполнения 64- и 32-разрядных приложений. Режим IA-32e включает в себя два подрежима.

- **64-разрядный режим**. Позволяет 64-разрядной операционной системе выполнять 64-разрядные приложения.
- **Режим совместимости**. Позволяет 64-разрядной операционной системе выполнять 32-разрядные приложения.

Первый подрежим активизируется после загрузки 64-разрядной операционной системы и используется 64-разрядными приложениями. В 64-разрядном подрежиме доступно несколько новых функций:

- 64-разрядная линейная адресация памяти;
- поддержка физической памяти объемом более 4 Гбайт (определенные ограничения накладываются процессором);
- восемь новых регистров общего назначения GPR (General-Purpose Register);
- восемь новых регистров для поточных расширений SIMD (MMX, SSE, SSE2 и SSE3);
- 64-разрядные регистры GPR и указатели инструкций.

Режим совместимости IE-32e позволяет запускать 32- и 16-разрядные приложения под управлением 64-разрядной операционной системы. К сожалению, старые 16-разрядные программы, работающие в виртуальном реальном режиме (например, приложения DOS), не поддерживаются, а значит, их выполнение невозможно. Данное ограничение наверняка будет представлять наибольшую проблему для пользователей. Подобно 64-разрядному режиму, режим совместимости активизируется операционной системой для отдельных приложений, благодаря чему становится возможным одновременное выполнение 64- и 32-разрядных приложений.

Для того чтобы все эти приложения работали, необходима 64-разрядная операционная система и, что гораздо важнее, 64-разрядные драйверы для всех устройств, предназначенные именно для этой операционной системы. Несмотря на выпуск Microsoft 64-разрядной версии Windows XP, всего несколько компаний выпустили 64-разрядные драйверы для своих устройств под Windows XP. Положение изменилось только после того, когда были выпущены 64-разрядные версии Windows Vista x64 и особенно Windows 7 x64, для которых доступны 64-разрядные версии драйверов под подавляющее большинство устройств.

Примечание

В первых версиях процессоров с технологией EM64T от компании Intel отсутствовала поддержка инструкций IAHF и SAHF набора команд AMD64. В то же время процессоры Pentium 4 и Xeon полностью поддерживают эти инструкции, однако требуется обновление BIOS. Новые многоядерные процессоры также поддерживают эти инструкции.

Обратите внимание на то, что компания Microsoft использует обозначение *x64*, когда речь идет о процессорах с поддержкой технологии AMD64 или EM64T, поскольку разработанные

AMD и Intel расширения стандартной архитектуры IA32 практически идентичны и поддерживаются одной версией Windows.

Ограничения физической памяти для 32- и 64-разрядных версий Windows XP и более новых версий представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5. Ограничения памяти в 32- и 64-разрядных версях Windows

Версия Windows	32-разрядная, Гбайт	64-разрядная, Гбайт
7 Professional/ Ultimate	4	128
Vista Business/Ultimate	4	128
Vista/7 Home Premium	4	16
Vista/7 Home Basic	4	8
XP Professional	4	128
XP Home	4	—

Основное различие между 32- и 64-разрядной версиями Windows — поддерживаемый объем памяти, поскольку 32-разрядные версии не поддерживают более 4 Гбайт физической памяти, а также больше 2 Гбайт выделенной памяти на процесс. В то же время 64-разрядные версии Windows поддерживают до 128 Гбайт физической памяти (при выделении до 4 Гбайт на каждый 32-разрядный процесс, или до 8 Гбайт на каждый 64-разрядный процесс). Поддержка больших объемов памяти означает, что приложения могут загружать больше информации в память, а значит, процессор может быстрее обращаться к данным.

Следует отметить, что 64-разрядные версии Windows позволяют запустить без каких-либо проблем 32-разрядные Windows-приложения, но не поддерживают приложения DOS и другие программы, работающие в виртуальном реальном режиме. Достаточно серьезная проблема связана и с драйверами: 32-разрядные процессы не могут загружать 64-разрядные динамически подключаемые библиотеки DLL, а 64-разрядные процессы, в свою очередь, не могут загружать 32-разрядные библиотеки DLL. Следовательно, для всех устройств, подключенных к системе, необходимы как 32-, так и 64-разрядные драйверы. Поиск 64-разрядных драйверов для старых устройств крайне сложен. Найти драйверы для устройств, выпуск которых давно прекращен, чаще всего просто невозможно. Даже для новых устройств может пройти пару лет, прежде чем их производители начнут поставлять 64-разрядные версии драйверов. Хочется верить, что в обозримом будущем *все* производители оборудования начнут выпускать драйверы для 64-разрядных систем. Прежде чем устанавливать 64-разрядную версию Windows, убедитесь в наличии 64-разрядных версий драйверов для всех имеющихся в компьютерной системе внутренних и внешних устройств. Не забывайте, что драйверы для Itanium-совместимых версий операционных систем не подходят для операционных систем с x64-совместимыми процессорами.

Рассматривая возможность перехода от 32- к 64-разрядной технологии, следует принимать во внимание поддерживаемый объем памяти, доступность драйверов и совместимость программного обеспечения. Как уже отмечалось, переход от 16-разрядных вычислений к 32-разрядным продолжался шестнадцать лет. Первый 64-разрядный процессор для ПК был выпущен в 2003 году, однако 64-разрядные вичисления получили распространение после выхода Windows 7 в октябре 2009 года.

Измерения производительности процессоров

Людям нравится знать, насколько быстры (или медленны) их компьютеры. Нас всегда интересует скорость; такова уж человеческая природа. Для решения подобных задач можно использовать целый ряд тестовых программ-утилит, предназначенных для оценки различных аспектов производительности процессора и системы. Хотя ни одно числовое измерение не может полностью описать производительность сложного устройства, такого как процессор или целый ПК, тестовые утилиты можно успешно применять для сравнения различных компонентов и систем.

Однако единственным точным способом измерения производительности системы будет ее проверка с помощью реальных приложений, которые вы используете в повседневной работе. Хотя у вас порой может складываться впечатление, что измеряются характеристики одного компонента системы, на получаемые результаты чаще всего влияют и другие компоненты. Например, нельзя сравнивать системы с разными процессорами, если они также оснащены разными жесткими дисками, видеокартами, разным объемом памяти и т.д. Все эти компоненты оказывают определенное влияние на результаты тестирования.

Все тесты можно разделить на два типа: тесты компонентов и системные тесты. Тесты первой категории предназначены для тестирования определенной части компьютера, такой как процессор, жесткий диск, видеоадаптер или оптический привод, в то время как системные тесты предназначены для оценки системы в целом, для чего на компьютере запускается определенный набор тестов. Системные тесты часто называют *синтетическими*, поскольку они не изменяют никаких реальных операций.

Тесты, по большей части, имеет смысл использовать при модернизации или приобретении. Наилучший тест — запуск именно тех приложений, которые вы будете использовать в повседневной работе.

Я рекомендую использовать прикладные наборы тестов, такие как BAPCo SYSmark (`www.bapco.com`), для измерения относительной производительности процессоров и/или систем. В следующем разделе представлены результаты тестирования современных и некоторых устаревших процессоров с помощью тестовых комплексов SYSmark.

Быстродействие процессора

Быстродействие — одна из характеристик процессора, которую зачастую толкуют поразному. Из этого раздела вы узнаете о быстродействии процессоров Intel, AMD и VIA/Cyrix.

Быстродействие компьютера во многом зависит от тактовой частоты, обычно измеряемой в мегагерцах (МГц). Она определяется параметрами *кварцевого резонатора*, представляющего собой кристалл кварца, заключенный в небольшой оловянный контейнер. В новых материнских платах кварцевый резонатор может быть интегрирован в набор микросхем системной логики. Под воздействием электрического напряжения в кристалле кварца возникают колебания электрического тока с частотой, определяемой формой и размером кристалла. Частота этого переменного тока и называется *тактовой частотой*. Микросхемы обычного компьютера работают на частоте нескольких миллионов или миллиардов герц. (Герц — одно колебание в секунду.) Быстродействие измеряется в мегагерцах, т.е. в миллионах циклов в секунду. Тактовый сигнал имеет форму синусообразной волны, расстояние между пиками которой и определяет частоту (рис. 3.1).

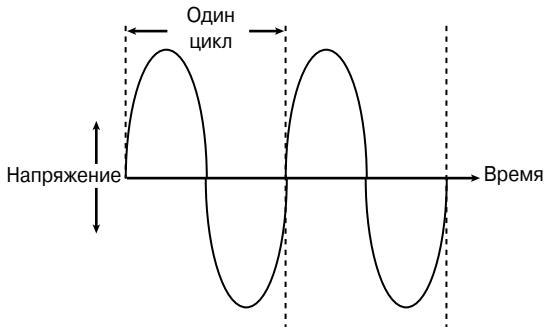


Рис. 3.1. Графическое представление понятия тактовой частоты

Наименьшей единицей измерения времени (квантом) для процессора как логического устройства является *период тактовой частоты*, или просто *такт*. На каждую операцию затрачивается минимум один такт. Например, первый обмен данными с памятью процессор Pentium 4

выполняет минимум за три такта; последующие 3–6 операций обмена данными выполняются за один такт. Дополнительные циклы первой операции обмена данными называют *циклами ожидания*. *Цикл ожидания* — это такт, в котором ничего не происходит; он необходим только для того, чтобы процессор не "убегал" вперед от менее быстродействующих узлов компьютера.

Примечание

Единица измерения частоты названа герцем в честь немецкого физика Генриха Рудольфа Герца. В 1885 году Герц экспериментальным путем подтвердил правильность электромагнитной теории, согласно которой свет является разновидностью электромагнитного излучения и распространяется в виде волн.

Различается и время, затрачиваемое на выполнение команд.

- **8086 и 8088**. В этих процессорах на выполнение одной команды уходит примерно 12 тактов.
- **286 и 386**. В этих процессорах время выполнения команд уменьшено примерно до 4,5 такта.
- **486** и большинство Intel-совместимых процессоров четвертого поколения, таких как AMD 5x86, уменьшили этот параметр до двух тактов.
- **Pentium и K6**. Архитектура процессоров Pentium и других Intel-совместимых процессоров пятого поколения, созданных в AMD и Cyrix, включающая в себя двойные конвейеры команд и прочие усовершенствования, обеспечила выполнение одной или двух команд за один такт.
- **От P6/P7 до новых решений**. Процессоры шестого и седьмого поколений, созданные компаниями AMD и Cyrix, позволяют выполнить минимум три команды за каждый такт. В многоядерных процессорах этот показатель умножается на количество ядер.

Различное количество тактов, необходимых для выполнения команд, затрудняет сравнение производительности компьютеров, основанное только на их тактовой частоте (т.е. количестве тактов в секунду). Почему при одной и той же тактовой частоте один из процессоров работает быстрее другого? Причина кроется во внутренней архитектуре процессоров.

Процессор 486 обладает более высоким быстродействием по сравнению с 386-м, так как на выполнение команды ему требуется в среднем в два раза меньше тактов, чем 386-му; процессору Pentium требуется в два раза меньше тактов, чем 486-му. Таким образом, процессор 486 с тактовой частотой 133 МГц (типа AMD 5x86-133) работает даже медленнее, чем Pentium с тактовой частотой 75 МГц! Это происходит потому, что при одной и той же частоте Pentium выполняет вдвое больше команд, чем процессор 486. Процессоры Pentium II и III приблизительно на 50% быстрее процессора Pentium, работающего на той же частоте, потому что они могут выполнять значительно больше команд в течение того же количества циклов.

К сожалению, в процессорах, более современных, чем Pentium III, сравнивать скорость стало еще сложнее, так как сама архитектура делает одни процессоры эффективнее других. Эта эффективность и определяет возможности процессоров, работающих на разных тактовых частотах. Чем меньше эффективность одного цикла, тем большую тактовую частоту должен иметь процессор для поддержания одного и того же быстродействия (и наоборот).

Один из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на производительность, — количество стадий внутреннего конвейера процессора (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Количество стадий конвейера у различных процессоров

Процессор	Количество стадий конвейера	Процессор	Количество стадий конвейера
Pentium III	10	Core 2/i5/i7	14
Pentium M/Core	10	Pentium 4	20
Athlon/XP	10	Pentium 4 Prescott	31
Athlon 64/Phenom	12	Pentium D	31

Чем больше стадий, тем эффективнее инструкции разделяются на этапы, что позволяет достичь более высокой тактовой частоты при использовании одной и той же технологии про-

изводства. Однако это также приводит и к уменьшению количества инструкций, выполняемых за один такт, по сравнению с процессорами с более коротким конвейером. Это связано с тем, что при ошибке предсказания ветвления или спекулятивного исполнения (что происходит достаточно часто при попытке процессора упорядочить инструкции, которые будут выполняться в ближайшее время) конвейер должен быть очищен и заполнен заново. Таким образом, если сравнить процессор Intel Core i7 или AMD Phenom с Pentium 4, работающим на одной частоте, Core i7 и Phenom за один такт выполняют больше инструкций.

Хотя с точки зрения эффективности исполнения инструкций увеличение стадий конвейера является недостатком, процессоры с "длинным" конвейером могут работать на большей частоте при той же технологии производства. Поэтому, несмотря на меньшую эффективность "длинного" конвейера, его использование оправдано, так как позволяет достичь более высоких тактовых частот. "Длинный" 20- или 31-стадийный конвейер архитектуры P4 позволил значительно улучшить частотный потенциал по сранению с другими процессорами того времени. Например, производимый по 0,13-микронной технологии Pentium 4 работал на частотах до 3,4 Ггц, в то время как Athlon XP, выпускаемый в то же время, смог достичь лишь частоты 2,2 Ггц (модель 3200+). И хотя Pentium 4 выполнял меньше инструкций за каждый цикл, более высокая тактовая частота компенсировала потерю эффективности — она просто компенсировала неэффективное выполнение инструкций.

К сожалению, сочетание "длинного" конвейера и высокой тактовой частоты не самым лучшим образом сказывались на энергопотреблении, а значит, и на выделении тепла. Очевидно, что высокое энергопотрбление является серьезнейшим недостатком архитектуры, поэтому Intel не оставалось ничего иного, как перейти на новую, во многих отношениях революционную микропроцессорную архитектуру Core. Вместо того чтобы продолжать наращивать тактовые частоты, было решено увеличить производительность, объединив несколько процессоров на одном кристалле, тем самым значительно повысив эффективность выполнения операций. Таким образом и был дан толчок к развитию многоядерной процессорной архитектуры.

Из всего вышесказанного следует один совершенно ясный вывод — "голая" тактовая частота не является хорошим показателем для сравнения процессоров, если только они не относятся к одному семейству и модели.

Для обеспечения более-менее объективного тестирования различных процессоров, работающих на разных частотах, Intel разработала целый ряд специальных тестов, получивших название *индекс iCOMP* (Intel Comparative Microprocessor Performance). Всего было выпущено три версии данного набора тестов — iCOMP, iCOMP 2.0 и iCOMP 3.0.

Индекс iCOMP 2.0 вычисляется по результатам нескольких независимых испытаний и довольно объективно характеризует относительную производительность процессора. При подсчете iCOMP учитываются операции с плавающей запятой и операции, необходимые для выполнения мультимедийных приложений.

В табл. 3.7 приведена относительная производительность, или индекс iCOMP 2.0, для некоторых процессоров.

Таблица 3.7. Индексы iCOMP 2.0 для процессоров Intel

Процессор	Индекс	Процессор	Индекс	Процессор	Индекс
Pentium II 450	483	Celeron 300A	296	Pentium-MMX 166	160
Pentium II 400	440	Pentium II 233	267	Pentium 200	142
Pentium II Overdrive 333	387	Celeron 300	226	Pentium 166	127
Pentium II 350	386	Pentium Pro 200	220	Pentium 150	114
Pentium II 333	366	Celeron 266	213	Pentium 133	111
Pentium II Overdrive 300	351	Pentium-MMX 233	203	Pentium 120	100
Pentium II 300	332	Pentium Pro 180	197	Pentium 100	90
Celeron 333	318	Pentium-MMX 200	182	Pentium 75	67
Pentium II 266	303	Pentium Pro 150	168		

В настоящее время компании Intel и AMD используют для индексации процессоров коммерческие наборы эталонных тестов BAPCo SYSmark. Это прикладной набор тестов, в основе которого лежит использование популярных офисных приложений. Этот набор используется многими компаниями для тестирования и сравнения целых систем или их компонентов. SYSmark — гораздо более современный и "реальный" набор тестов, чем iCOMP, ранее применяемый Intel, а поскольку он доступен каждому, результаты всегда могут быть проверены независимо. Набор тестов SYSmark можно приобрести у компании BAPCo (`www.bapco.com`) или FutureMark (`www.futuremark.com`). Рейтинги различных процессоров, полученные при тестировании с помощью наборов тестов BAPCo SYSmark и FutureMark, представлены в табл. 3.8–3.10.

Таблица 3.8. Рейтинги SYSmark 2004 для различных процессоров

Процессор	Рабочая частота, ГГц / кэш, Мбайт / FSB	Рейтинг SYSmark 2004
Intel Core 2 Quad Extreme QX6700	2,66/8/1066	413
Intel Core 2 Duo 6600	2,4/4/1066	335
Intel Pentium EE 965	3,73/2x2/1066	305
AMD Athlon 64 FX-60	2,6/2x1/1000	302
AMD Athlon 64 X2 4800+	2,4/1/1000	284
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,4/0,512/1000	281
Intel Pentium EE 955	3,46/2x2/1066	279
AMD Athlon 64 X2 4400+	2,2/1/1000	266
Intel Pentium D 950	3,4/2x2/800	263
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,2/0,512/1000	263
Intel Pentium 4 570J	3,8/1/800	245
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,0/0,512/1000	242
Intel Pentium 4 EE	3,73/2/1066	239
Intel Pentium EE 840	3,2/2x1/800	238
AMD Athlon 64 FX-55	2,6/1/1000	238
Intel Pentium D 840	3,2/2x1/800	232
Intel Core Duo T2600	2,16/2/667	231
Intel Pentium 4 560	3,6/1/800	229
Intel Pentium 4 EE	3,4/2/800	225
AMD Athlon 64 4000+	2,4/1/1000	222
Intel Pentium 4 660	3,6/2/800	220
AMD Athlon 64 FX-53	2,4/1/1000	219
Intel Pentium 4E	3,4/1/800	218
Intel Pentium 4 550	3,4/1/800	216
Intel Pentium 4 EE	3,2/0,512+2 (L3)/800	215
Intel Pentium D 925	3,0/2x2/800	214
AMD Athlon 64 3800+	2,4/0,512/1000	214
Intel Pentium 4	3,4/0,512/800	212
Intel Pentium 4C	3,4/0,512/800	212
AMD Athlon 64 3700+	2,4/1/1000	212
Intel Pentium D 820	2,8/2x1/800	211
Intel Pentium 4 540	3,2/1/800	207
AMD Athlon 64 3400+	2,4/0,512/1000	207
AMD Athlon 64 3500+	2,2/0,512/1000	205
Intel Pentium 4E	3,2/0,512/800	204
Intel Pentium 4 640	3,2/2/800	204
Intel Pentium 4	3,2/0,512/800	203
AMD Athlon 64 FX-51	2,2/1/1000	200
Intel Pentium D 805	2,66/2x1/533	196
AMD Athlon 64 3700+	2,2/1/1000	196
AMD Athlon 64 3400+	2,2/1/1000	195
AMD Athlon 64 3200+	2,2/0,512/1000	194
Intel Pentium 4	3,0/0,512/800	193

Продолжение табл. 3.8

Процессор	Рабочая частота, ГГц / кэш, Мбайт / FSB	Рейтинг SYSmark 2004
Intel Core Duo T2300	1,66/2/667	193
Intel Pentium 4E	3,0/0,512/800	192
Intel Pentium 4 630	3,0/2/800	190
Intel Pentium 4 530	3,0/1/800	188
Intel Pentium 4E	2,8/0,512/800	182
Intel Pentium 4	2,8/0,512/800	181
Intel Pentium 4 517	2,93/1/533	180
AMD Athlon 64 3200+	2,0/1/1000	180
AMD Athlon 64 3000+	2,0/0,512/1000	178
AMD Athlon 64 3200+	2,0/0,512/1000	176
Intel Pentium 4 520	2,8/1/800	175
Intel Pentium 4C	2,8/0,512/800	174
AMD Athlon 64 2800+	1,8/0,512/1000	164
AMD Sempron 3400+	2,0/0,256/800	161
AMD Sempron 3300+	2,0/0,128/800	157
AMD Sempron 3100+	1,8/0,256/1000	154
Intel Pentium 4C	2,4/0,512/800	153
Intel Pentium 4 515	2,93/1/800	152
Intel Celeron D 346	3,06/0,256/533	151
AMD Athlon XP 2800+	2,25/0,256/166	151
Intel Pentium 4	2,4/0,512/800	148
AMD Athlon XP 2700+	2,18/0,256/166	148
Intel Celeron D 341	2,93/0,256/533	146
AMD Sempron 3000+	1,8/0,128/800	145
Intel Pentium 4B	2,8/0,512/533	144
AMD Athlon XP 2600+	2,08/0,256/166	144
Intel Celeron D 336	2,8/0,256/533	143
Intel Celeron D 335	2,8/0,256/533	139
Intel Pentium M 730	1,6/2/533	139
AMD Sempron 3000+	2,0/0,512/333	137
AMD Sempron 2800+	1,6/0,256/800	137
AMD Sempron 2800+	2,0/0,256/533	136
Intel Celeron D 331	2,66/0,256/533	135
Intel Celeron D 340	2,93/0,256/533	133
Intel Celeron D 326	2,53/0,256/533	133
AMD Athlon XP 2400+	2,0/0,256/133	133
AMD Sempron 2600+	1,6/0,128/800	133
Intel Celeron D 330	2,66/0,256/533	131
Intel Pentium 4B	2,4/0,512/533	130
AMD Sempron 2600+	1,833/0,256/333	124
AMD Sempron 2500+	1,4/0,256/800	123
Intel Celeron D 320	2,4/0,256/533	119
Intel Celeron	2,8/0,128/400	117
AMD Sempron 2400+	1,667/0,256/333	117
Intel Celeron	2,7/0,128/400	115
AMD Athlon XP 3000+	2,2/0,512/400	115
AMD Sempron 2300+	1,583/0,256/333	113
AMD Athlon XP 3000+	2,1/0,512/400	112
AMD Athlon XP 2900+	2,0/0,512/400	111
AMD Athlon XP 1800+	1,53/0,256/133	111
Intel Celeron	2,5/0,128/400	110
Intel Pentium M	1,6/1/400	109
Intel Celeron	2,4/0,128/400	104
Intel Pentium 4	2,0/0,512/400	104

Окончание табл. 3.8

Процессор	Рабочая частота, ГГц / кэш, Мбайт / FSB	Рейтинг SYSmark 2004
Intel Celeron M	1,3/0,512/400	93
Intel Celeron C	2,0/0,128/400	84
Intel Pentium III	1,0/0,256/133	64

Таблица 3.9. Рейтинги SYSmark 2004 SE для различных процессоров

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/FSB	Рейтинг SYSmark 2004
Intel Core 2 Quad Extreme 6700	2,66/8/1066	440
Intel Core 2 Extreme X6800	2,93/4/1066	418
Intel Core 2 Duo E6700	2,66/4/1066	378
AMD Athlon 64 FX-62	2,8/2x1/1000	324
Intel Pentium EE 965	3,73/2x2/1066	305
AMD Athlon 64 FX-60	2,6/2x1/1000	297
AMD Athlon 64 X2 5000+	2,6/2x0,512/1000	290
Intel Core 2 Duo E6300	1,86/2/1066	280
AMD Athlon 64 X2 4800+	2,4/2x1/1000	280
Intel Pentium EE 955	3,46/2x2/1066	279
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,4/2x0,512/1000	275
Intel Core 2 Duo T7600	2,33/2x2/667	275
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,2/2x0,512/1000	256
Intel Pentium D 960	3,6/2x2/800	254
Intel Pentium D 945	3,4/2x2/800	246
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,0/2x0,512/1000	245
Intel Pentium 4 670	3,8/2/800	234
Intel Pentium D 930	3,0/2x2/800	223
Intel Pentium 4 661	3,6/2/800	220
AMD Athlon 64 3800+	2,4/0,512/1000	217
Intel Core 2 Duo T5500	1,66/4/667	204
AMD Athlon 64 3500+	2,2/0,512/1000	201
Athlon 64 3700+	2,2/1/1000	196
Intel Pentium D 805	2,66/2x1/533	196
Intel Core Duo T2300	1,66/2/667	193
Intel Pentium 4 540	3,2/1/800	192
Intel Pentium 4 630	3,0/2/800	190
Intel Pentium 4 631	3,0/2/800	189
Intel Pentium 4 530	3,0/1/800	188
Intel Pentium 4 517	2,93/1/533	180
Athlon 64 3200+	2,0/0,512/1000	176
Intel Pentium 4 520	2,8/1/800	175
AMD Turion X2 TL-52	1,6/2x0,512/1000	171
AMD Turion X2 TL-50	1,6/2x0,256/1000	169
AMD Sempron 3600+	2,0/0,256/1000	163
AMD Sempron 3500+	2,0/0,128/1000	162
Sempron 3400+	2,0/0,256/800	161
Sempron 3300+	2,0/0,128/800	157
Intel Celeron D 346	3,06/0,256/533	151
Sempron 3100+	1,8/0,256/800	149
AMD Sempron 3200+	1,9/0,128/1000	147
Intel Celeron D 341	2,93/0,256/533	146
Sempron 3000+	1,8/0,128/800	145
Intel Celeron D 336	2,8/0,256/533	143
Intel Pentium M 730	1,6/2/533	139
Sempron 2800+	1,6/0,256/800	137
Intel Celeron D 331	2,66/0,256/533	135

Окончание табл. 3.9

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/FSB	Рейтинг SYSmark 2004
Intel Celeron D 326	2,53/0,256/533	133
Sempron 2600+	1,6/0,128/800	133
Intel Celeron D 340	2,93/0,256/533	133
Sempron 2500+	1,4/0,256/800	123

Таблица 3.10. Результаты тестирования различных процессоров с помощью пакета SYSmark 2007 Preview

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/шина	Рейтинг SYSmark 2007 Preview
Intel Core i7-950	3,06/8/4,8	205
Intel Core i7-940	2,93/8/4,8	201
Intel Core i7-920	2,66/8/4,8	192
Intel Core 2 Quad Q9650	3,00/12/1 333	187
Intel Core 2 Duo E8600	3,33/6/1 333	186
Intel Core 2 Duo E8500	3,16/6/1 333	183
Intel Core 2 Duo E7400	2,80/3/1 066	181
Intel Core 2 Quad Q9550	2,83/12/1 333	180
Intel Core 2 Duo T9600	2,80/6/1 066	179
Intel Core 2 Duo E8400	3,00/6/1 333	174
Intel Core 2 Quad Q9450	2,66/12/1 333	173
Intel Core 2 Quad Q6700	2,66/8/1 066	169
Intel Core 2 Duo T9900	3,06/6/1 066	168
Intel Core 2 Duo E8300	2,83/6/1 333	164
AMD Phenom II X4 955	3,20/6/1 000	162
Intel Core 2 Duo E7600	3,06/3/1 066	162
Intel Core 2 Duo T9800	2,93/6/1 066	161
Intel Core 2 Quad Q9400	2,66/6/1 333	161
Intel Core 2 Quad Q9300	2,50/6/1 333	161
Intel Core 2 Duo E6850	3,00/4/1 333	158
Intel Core 2 Duo E8200	2,66/6/1 333	158
Intel Core 2 Duo E7500	2,93/3/1 066	157
AMD Phenom II X4 940	3,00/6/1 000	155
Intel Core 2 Duo P9700	2,80/6/1 066	155
Intel Core 2 Duo E6750	2,66/4/1 333	153
Intel Core 2 Duo E7300	2,66/3/1 066	153
Intel Core 2 Quad Q8400	2,66/4/1 333	152
AMD Phenom X4 9950	2,60/2/1 000	152
Intel Core 2 Quad Q6600	2,40/8/1 066	151
AMD Phenom II X4 925	2,80/6/1 000	150
Intel Core 2 Duo P9600	2,66/6/1 066	150
Intel Core 2 Duo T9550	2,66/6/1 066	150
Intel Core 2 Duo T9500	2,60/6/800	149
AMD Phenom II X4 920	2,80/6/1 000	148
Intel Pentium E5200	2,50/2/800	147
Intel Core 2 Duo T9400	2,53/6/1 066	146
Intel Core 2 Quad Q8300	2,50/4/1 333	146
Intel Core 2 Duo P9500	2,53/6/1 066	145
Intel Core 2 Duo T9300	2,50/6/800	144
Intel Core 2 Duo E6700	2,66/4/1 066	143
AMD Phenom II X4 910	2,60/6/1 000	143
Intel Pentium E6300	2,80/2/1 066	142
AMD Phenom II X4 810	2,60/4/1 000	142
Intel Core 2 Duo E7200	2,53/3/1 066	142
AMD Phenom II X3 720	2,80/6/1 000	141
Intel Core 2 Duo P8800	2,66/3/1 066	139

Продолжение табл. 3.10

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/шина	Рейтинг SYSmark 2007 Preview
Intel Core 2 Duo P8600	2,40/3/1 066	138
Intel Core 2 Quad Q8200	2,33/4/1 333	138
Intel Core 2 Duo T7800	2,60/4/800	137
AMD Phenom II X4 805	2,50/4/1 000	137
Intel Pentium E5400	2,70/2/800	136
AMD Phenom II X3 710	2,60/6/1 000	136
Intel Core 2 Duo E6550	2,33/4/1 333	136
Intel Core 2 Duo P8700	2,53/3/1 066	135
Intel Pentium E5300	2,60/2/800	133
Intel Core 2 Duo E6600	2,40/4/1 066	131
Intel Core 2 Duo T7700	2,40/4/800	130
Intel Core 2 Duo T8300	2,40/3/800	130
Intel Core 2 Duo E4700	2,60/2/800	129
AMD Athlon X2 7850	2,80/2/1 000	127
AMD Phenom X4 9850	2,50/2/1 000	126
Intel Core 2 Duo P7570	2,26/3/1 066	126
Intel Core 2 Duo P8400	2,26/3/1 066	126
Intel Core 2 Duo P7550	2,26/3/1 066	125
AMD Athlon X2 7750	2,70/2/1 000	122
Intel Core 2 Duo E4600	2,40/2/800	122
AMD Phenom X4 9750	2,40/2/1 000	122
Intel Core 2 Duo T7500	2,20/4/800	121
Intel Core 2 Duo E6420	2,13/4/1 066	121
AMD Athlon 64 X2 6400+	3,20/2/1 000	119
AMD Phenom X3 8750	2,40/2/1 000	119
AMD Phenom X4 9650	2,30/2/1 000	119
Intel Core 2 Duo P7450	2,13/3/1 066	118
Intel Core 2 Duo T8100	2,10/3/800	118
AMD Athlon X2 7550	2,50/2/1 000	116
Intel Core 2 Duo T6670	2,20/2/800	116
AMD Phenom X4 9550	2,20/2/1 000	116
Intel Core 2 Duo P7370	2,00/3/1 066	116
Intel Pentium E2220	2,40/1/800	115
AMD Phenom X3 8650	2,30/2/1 000	115
Intel Core 2 Duo T6600	2,20/2/800	114
Intel Core 2 Duo P7350	2,00/3/1 066	114
AMD Athlon 64 X2 6000+	3,00/1/1 000	112
Intel Core 2 Duo T7600	2,33/4/667	112
Intel Core 2 Duo T7300	2,00/4/800	112
Intel Core 2 Duo E4500	2,20/2/800	111
Intel Core 2 Duo T5900	2,20/2/800	111
Intel Core Duo T2700	2,33/2/667	110
AMD Phenom X4 9600	2,30/2/1 000	110
Intel Core 2 Duo T6570	2,10/2/800	110
AMD Athlon X2 6000+	3,10/1/1 000	109
Intel Core 2 Duo T6500	2,10/2/800	109
Intel Core 2 Duo E6320	1,86/4/1 066	109
Intel Core 2 Duo E6400	2,13/2/1 066	108
Intel Core 2 Duo T5800	2,00/2/800	108
AMD Phenom X4 9350e	2,00/2/1 000	108
AMD Athlon 64 X2 5800+	3,00/1/1 000	107
Intel Pentium E2200	2,20/1/800	107
Intel Core 2 Duo T7400	2,16/4/667	107
AMD Phenom X3 8450	2,10/2/1 000	107

Продолжение табл. 3.10

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/шина	Рейтинг SYSmark 2007 Preview
AMD Phenom X4 9500	2,20/2/1 000	106
AMD Athlon 64 X2 5600+	2,90/1/1 000	105
Intel Core 2 Duo T5870	2,00/2/800	105
Intel Core 2 Duo T6400	2,00/2/800	105
AMD Athlon X2 5600+	2,90/1/1 000	104
Intel Core 2 Duo T7250	2,00/2/800	104
Intel Pentium T4300	2,10/1/800	103
AMD Athlon 64 X2 5400+	2,80/1/1 000	102
Intel Core 2 Duo E4400	2,00/2/800	102
Intel Pentium E2180	2,00/1/800	102
Intel Core 2 Duo E6300	1,86/2/1 066	102
AMD Phenom X4 9150	1,80/2/1 000	102
Intel Core 2 Duo T7200	2,00/4/667	101
AMD Athlon 64 X2 5200+	2,60/2/1 000	100
Intel Core 2 Duo T7100	1,80/2/800	99
AMD Phenom X3 8600	2,30/2/1 000	98
Intel Pentium T3400	2,16/1/667	97
AMD Athlon 64 X2 5000+	2,60/1/1 000	96
Intel Core 2 Duo T4200	2,00/1/800	96
AMD Athlon X2 5400B+	2,80/1/1 000	95
Intel Celeron T3100	1,90/1/800	95
Intel Core 2 Duo E4300	1,80/2/800	95
Intel Core 2 Duo E2180	2,00/1/800	94
Intel Pentium T3200	2,00/1/667	94
AMD Phenom X3 8400	2,10/2/1 000	93
Intel Celeron T3000	1,80/1/800	92
AMD Athlon 64 X2 4800+	2,50/1/1 000	91
Intel Celeron E1400	2,00/512/800	91
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,40/1/1 000	89
AMD Athlon 64 X2 4450B+	2,30/1/1 000	89
AMD Phenom X4 9100e	1,80/2/1 000	89
Intel Pentium E2160	1,80/1/800	89
AMD Turion X2 Ultra ZM-86	2,40/2/1 000	88
AMD Athlon 64 X2 4400+	2,30/1/1 000	88
Intel Core 2 Duo E2160	1,80/1/800	88
Intel Pentium D 945	3,40/4/800	87
Intel Celeron T1700	1,83/1/667	87
AMD Athlon 64 4850e	2,50/1/1 000	86
AMD Phenom X4 9150e	1,80/2/1 000	86
Intel Celeron E1600	2,40/512/800	85
AMD Athlon 64 X2 BE2400	2,30/1/1 000	85
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,20/1/1 000	85
Intel Core 2 Duo T5600	1,83/2/667	85
AMD Turion X2 Ultra ZM-84	2,30/2/1 000	84
Intel Pentium D 935	3,20/4/800	83
AMD Athlon 64 X2 BE2350	2,10/1/1 000	83
Intel Celeron T1600	1,66/1/667	83
AMD Turion X2 RM-77	2,30/1/1 000	82
AMD Turion X2 Ultra ZM-82	2,20/2/1 000	82
Intel Celeron E1500	2,20/512/800	81
AMD Athlon 64 X2 4000+	2,10/1/1 000	81
AMD Athlon X2 BE-2350	2,10/1/1 000	81
Intel Core 2 Duo T5500	1,66/2/667	81
Intel Pentium E2140	1,60/1/800	81

Продолжение табл. 3.10

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/шина	Рейтинг SYSmark 2007 Preview
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,00/1/1 000	80
Intel Core 2 Duo E2140	1,60/1/800	80
Intel Pentium D 925	3,00/4/800	79
AMD Athlon 64 X2 4850e+	2,50/1/1 000	79
AMD Turion 64 X2 TL-68	2,40/1/1 000	78
AMD Athlon X2 QL-67	2,20/1/1 000	78
AMD Turion X2 Ultra ZM-80	2,10/2/1 000	78
Intel Celeron E1200	1,60/512/800	78
AMD Turion 64 X2 TL-66	2,30/1/1 000	77
Intel Celeron 900	2,20/1/800	77
AMD Turion X2 RM-72	2,10/1/1 000	77
AMD Athlon 64 X2 BE4850e	2,50/1/1 000	76
Intel Pentium M 780	2,26/2/533	76
AMD Athlon 64 X2 3600+	2,00/1/1 000	76
AMD Athlon X2 BE-2300	1,90/1/1 000	76
AMD Turion 64 X2 TL-64	2,20/1/1 000	75
AMD Turion X2 RM-70	2,00/1/1 000	74
AMD Athlon 64 X2 BE2300	1,90/1/1 000	74
AMD Turion 64 X2 TL-62	2,10/1/1 000	73
Intel Celeron 585	2,16/1/667	72
AMD Athlon X2 QL-62	2,00/1/1 000	72
AMD Turion 64 X2 TL-60	2,00/1/1 000	72
AMD Sempron X2 2100	1,80/512/1 000	72
Intel Pentium T2330	1,60/1/533	72
AMD Athlon LE-1640	2,70/512/1 000	69
Intel Celeron 575	2,00/1/667	69
AMD Athlon 64 X2 QL-60	1,90/512/1 000	69
AMD Athlon X2 QL-60	1,90/1/1 000	69
Intel Celeron 570	2,26/1/533	68
AMD Turion 64 X2 TL-58	1,90/1/1 000	68
Intel Pentium 4 651	3,40/2/800	67
AMD Turion 64 X2 TL-56	1,80/1/1 000	67
AMD Athlon 64 X2 TK-57	1,90/512/1 000	66
AMD Athlon 64 4000+	2,60/512/1 000	65
Intel Celeron 560	2,13/1/533	65
Intel Pentium T2130	1,86/1/533	65
Intel Pentium M 740	1,73/2/533	65
Intel Pentium 4 641	3,20/2/800	64
Intel Celeron 450	2,20/512/800	64
Intel Celeron 440	2,00/512/800	64
AMD Sempron LE-1250	2,20/512/1 000	63
Intel Celeron 550	2,00/1/533	63
AMD Athlon 64 X2 TK-55	1,80/512/1 000	63
AMD Turion 64 X2 TL-52	1,60/1/1 000	62
Intel Pentium 4 631	3,00/2/800	61
AMD Athlon LE-1620	2,40/1/1 000	61
AMD Athlon 64 3800+	2,40/512/1 000	60
AMD Sempron LE-1300	2,30/512/800	60
Intel Celeron 540	1,86/1/533	60
AMD Athlon 64 X2 TK-53	1,70/512/1 000	60
AMD Turion 64 X2 TL-50	1,60/512/1 000	60
Intel Celeron E440	2,00/512/800	58
Intel Celeron 530	1,73/1/533	58
AMD Athlon 64 3500+	2,20/512/1 000	57

Окончание табл. 3.10

Процессор	Рабочая частота, ГГц/кэш, Мбайт/шина	Рейтинг SYSmark 2007 Preview
AMD Athlon 64 X2 MK-38	2,20/512/1 000	57
Intel Celeron 430	1,80/512/800	57
Intel Celeron M 530	1,73/1/533	56
AMD Sempron 3800+	2,20/256/1 000	55
Intel Celeron M 450	2,00/1/533	55
AMD Sempron 3800+	2,20/256/800	54
AMD Athlon 64 X2 MK-36	2,00/512/1 000	54
Intel Celeron E430	1,80/512/800	54
AMD Sempron 3600+	2,00/256/800	53
Intel Celeron M 440	1,86/1/533	53
Intel Celeron D 360	3,46/512/533	52
AMD Sempron SI-40	2,00/512/1 000	52
AMD Sempron LE-1150	2,00/256/800	52
AMD Sempron 3600+	2,00/256/1 000	52
Intel Celeron 420	1,60/512/800	52
Intel Celeron M 520	1,60/1/533	52
AMD Sempron 3500+	2,00/128/800	51
Intel Celeron D 356	3,33/512/533	50
AMD Sempron LE-1100	1,90/256/800	50
AMD Athlon 64 3000+	1,80/512/1 000	50
Intel Celeron E420	1,60/512/800	50
Intel Celeron D 352	3,20/512/533	49
AMD Sempron 3500+	1,80/512/1 000	49
AMD Sempron 3400+	1,80/256/800	49
Intel Celeron D 347	3,06/512/533	47
AMD Sempron LE-1200	2,10/512/1 000	47
AMD Sempron 3400+	1,80/256/1 000	47
AMD Sempron 3200+	1,80/128/800	47
AMD Athlon Neo MV-40	1,60/512/1 000	47
AMD Sempron 3000+	1,60/256/800	45
AMD Sempron 3200+	1,60/256/1 000	45
AMD Athlon 64 2650e	1,60/512/1 000	44

Коммерческие наборы эталонных тестов SYSmark созданы на основе наиболее часто используемых приложений и отражают нормальные предпочтения потребителей, занимающихся разработкой интернет-ресурсов или работающих с офисными приложениями. Однако важно отметить, что приведенные выше значения получены для готовых систем и зависят от таких факторов, как точная версия процессора, материнская плата и набор микросхем, объем установленной памяти и ее тип, быстродействие жесткого диска, а также от других характеристик. Подробнее об этом — на сайте компании BAPCo (`www.bapco.com`).

Кэш-память

Следует заметить, что, несмотря на повышение скорости ядра процессора, быстродействие памяти остается на прежнем уровне. При этом возникает вопрос: как добиться повышения производительности процессора, если память, используемая для передачи данных, работает довольно медленно? Ответ прост: использовать кэш. Попросту говоря, *кэш-память* представляет собой быстродействующий буфер памяти, используемый для временного хранения данных, которые могут потребоваться процессору. Это позволяет получать необходимые данные быстрее, чем при извлечении из оперативной памяти. Одним из дополнительных свойств, отличающих кэш-память от обычного буфера, являются встроенные логические функции. Кэш-память можно по праву назвать “разумным” буфером.

Буфер содержит случайные данные, которые обычно обрабатываются по принципу "первым получен, первым выдан" или "первым получен, последним выдан". Кэш-память, в свою очередь, содержит данные, которые могут потребоваться процессору с определенной степенью вероятности. Это позволяет процессору работать практически с полной скоростью, без ожидания данных, извлекаемых из более медленной оперативной памяти. Кэш-память реализована в виде микросхем статической оперативной памяти (SRAM), установленных на системной плате или интегрированных в процессор.

В современных ПК используются два уровня кэш-памяти, получившие название *кэш-память первого уровня (L1)* и *кэш-память второго (L2) уровня*. В некоторых процессорах применяется кэш-память *третьего уровня — L3*, однако такие случаи редки. Организация и функционирование кэш-памяти разных уровней рассматривается в следующих разделах.

Внутренняя кэш-память первого уровня

Во всех процессорах, начиная с 486-го, имеется встроенный (первого уровня) *кэш-контроллер* с *кэш-памятью* объемом 8 Кбайт в процессорах 486DX, а также 32, 64 Кбайт и более — в современных моделях.

Чтобы понять значение кэш-памяти, необходимо сравнить относительные скорости процессоров и ОЗУ. Основная проблема заключается в том, что быстродействие процессора выражается обычно в мега- или гигагерцах (в миллионах или миллиардах тактов в секунду), в то время как скорость памяти выражается в наносекундах (т.е. в миллиардных долях секунды). Многие современные типы памяти выражают свое быстродействие в мегагерцах, а пропускную способность — в мегабайтах в секунду.

Временны*е* и частотные параметры компонентов приводятся в табл. 6.3. Как следует из этой таблицы, тактовой частоте процессора 233 МГц соответствует цикл длительностью 4,3 нс. Это означает, что для процессора, работающего на частоте 200 МГц, потребуется память со временем доступа 4 нс. Обратите внимание на то, что с процессором, работающим на частоте 233 МГц, обычно используется системная плата с тактовой частотой 66 МГц, что соответствует скорости 15 нс на цикл. Основная память, скорость которой равна 60 нс (общий параметр практически для всех систем класса Pentium), приравнивается к тактовой частоте, примерно равной 16 МГц. Таким образом, в типичную систему Pentium 233 входят процессор, работающий на частоте 233 МГц (4,3 нс на цикл), системная плата, тактовая частота которой — 66 МГц (15 нс на цикл), и основная память, работающая на частоте 16 МГц (60 нс на цикл). Этот пример может показаться устаревшим, однако он облегчит изложение материала, посвященного работе кэш-памяти.

Поскольку кэш-память первого уровня всегда интегрирована в ядро процессора, она работает на его частоте, в то время как внешняя память работает на частоте шины данных материнской платы, которая значительно ниже. В этом быстродействующем кэше хранится текущий рабочий набор данных и инструкций. Для доступа к кэш-памяти не требуются циклы ожидания, поскольку она работает на той же частоте, что и процессор.

Использование кэш-памяти сглаживает традиционный недостаток компьютера, состоящий в том, что оперативная память работает более медленно, чем центральный процессор (так называемый "эффект бутылочного горлышка"). Благодаря кэш-памяти процессору не приходится ждать, пока очередная порция программного кода или данных поступит из относительно медленной основной памяти, что приводит к ощутимому повышению производительности.

В современных процессорах встроенный кэш играет еще более важную роль, поскольку часто является единственным типом памяти во всей системе, который может работать синхронно с процессором. В большинстве современных процессоров используется множитель тактовой частоты, следовательно, они работают на частоте, в несколько раз превышающей тактовую частоту системной платы, к которой они подключены. Например, частота процессора Core 2 Quad (2,4 ГГц) в 9 раз больше частоты кварцевого генератора системной платы, составляющей 266 МГц, и в 2,25 раза больше частоты системной шины (1066 МГц). Основная память в такой системе обычно работает на частоте 667 или 800 МГц. На частоте 2,4 ГГц рабо-

тает только кэш-память первого и второго уровней, встроенная в ядро процессора. В данном случае процессор Core 2 Quad, работающий на частоте 2,4 ГГц, имеет 128 Кбайт интегрированной кэш-памяти первого уровня (по 32 Кбайт на ядро) и 8 Мбайт кэш-памяти второго уровня (по 2 Мбайт на ядро). Кэш-память обоих уровней работает на полной частоте ядра процессора.

Если данные, необходимые процессору, находятся уже во внутренней кэш-памяти, то задержек не возникает. В противном случае центральный процессор должен получать данные из кэш-памяти второго уровня или (в менее сложных системах) с системной шины, т.е. непосредственно из основной памяти.

Как работает кэш-память

Для того чтобы разобраться в принципах работы кэш-памяти первого и второго уровней, прибегнем к аналогии.

Герой нашей истории (в данном случае — вы), вкушающий различные яства, выступает в роли процессора, который извлекает необходимые данные из памяти и проводит их обработку. Кухня, на которой готовятся ваши любимые блюда, представляет собой основную оперативную память (модули DIMM DDR, DDR2 или DDR3). Официант является кэш-контроллером, а стол, за которым вы сидите, выступает в качестве кэш-памяти первого уровня. Роль кэш-памяти второго уровня играет тележка с заказанными блюдами, неспешно путешествующая между кухней и вашим столом.

Роли распределены, и пора начинать нашу историю. Ежедневно примерно в одно и то же время вы обедаете в определенном ресторане. Входите в обеденный зал, садитесь за столик и заказываете, например, хот-дог. Для того чтобы сохранить соответствие событий, предположим, что средняя скорость поглощения пищи равна одному биту в четыре секунды (цикл процессора 233 МГц составляет около 4 нс). А также определим, что повару (т.е. кухне) для приготовления каждого заказанного блюда потребуется 60 с (значит, скорость основной памяти — 60 нс).

Итак, при первом посещении ресторана вы садитесь за столик и заказываете хот-дог, после чего приходится ждать целых 60 секунд, пока приготовят заказанное блюдо. Когда официант наконец-то приносит заказ, вы, не спеша, со средней скоростью, принимаетесь за еду. Доев хот-дог, подзываете к себе официанта и заказываете гамбургер. Пока его готовят, вы снова ждете те же 60 секунд. Принесенный гамбургер съедается с той же скоростью. Подобрав последние крошки, вы снова зовете официанта и заказываете уже котлеты “по-киевски”. После 60-секундного ожидания принесенное блюдо съедается с аналогичной скоростью. Затем вы решаете заказать на десерт, скажем, яблочный пирог. Заказанный пирог вы получаете после ставшего привычным 60-секундного ожидания. Одним словом, обед состоит главным образом из длительных ожиданий, которые перемежаются энергичным поглощением заказываемых блюд.

После того как два дня подряд ровно в 18.00 вы приходите в ресторан и заказываете одни и те же блюда в одной и той же последовательности, у официанта появляется дельная мысль: “Сегодня в 18.00 снова появится этот странный посетитель и сделает свой обычный заказ: хот-дог, гамбургер, котлеты “по-киевски” и яблочный пирог на десерт. Почему бы не приготовить эти блюда заранее? Я думаю, он должным образом оценит мои старания”. Итак, вы приходите в ресторан, заказываете хот-дог, и официант сразу же, без малейшей паузы, ставит перед вами заказанное блюдо. После того как вы разделались с хот-догом и собирались заказать очередное блюдо, на столе появляется тарелка с гамбургером. Оставшаяся часть обеда проходит примерно так же. Вы стремительно, со скоростью один бит в четыре секунды, поглощаете пищу, не ожидая, пока заказанное блюдо будет приготовлено на кухне. На сей раз время обеда заполнено исключительно тщательным пережевыванием пищи, и все благодаря смекалке и практичному подходу официанта.

Приведенный пример достаточно точно описывает работу кэш-памяти первого уровня в процессоре. Роль кэш-памяти первого уровня в данном случае играет поднос, на котором может

находиться одно или несколько блюд. При отсутствии официанта пространство подноса представляет собой некий резервный запас (т.е. буфер) продуктов питания. Если буфер заполнен, значит, можно есть до тех пор, пока поднос не опустеет. Обдуманно пополнить его содержимое, к сожалению, некому. Официант представляет собой кэш-контроллер, предпринимающий определенные меры и пытающийся решить, какие же блюда следует заранее поставить на стол в соответствии с вашими возможными пожеланиями. Подобно настоящему кэш-контроллеру, официант воспользуется своим опытом для того, чтобы определить, какое блюдо будет заказано следующим. Если он определит правильно, значит, не придется долго ждать.

Настал четвертый день. Вы появляетесь в ресторане, как обычно, ровно в 18.00 и начинаете с привычного хот-дога. Официант, изучивший к тому времени ваши вкусы, уже приготовил хот-дог, и вы сразу же, не ожидая, приступаете к трапезе.

После хот-дога официант приносит вам гамбургер и вместо слов благодарности слышит: "Вообще-то, я гамбургер не заказывал. Принесите мне, пожалуйста, отбивную". Официант ошибся в своих предположениях, и вам снова придется ждать целых 60 секунд, пока на кухне не приготовят заказанное блюдо. Подобное событие, т.е. попытка доступа к той части кэшированного файла, которая отсутствует в кэш-памяти, называется *промахом кэша* (cache miss). Как следствие, возникает пауза. Если говорить о системе Pentium 233 МГц, то при каждом промахе кэша быстродействие системы снижается до 16 МГц (т.е. до скорости оперативной памяти).

Кэш-память первого уровня большинства процессоров Intel имеет коэффициент совпадения, равный примерно 90%. Это означает, что кэш-память содержит корректные данные 90% времени, а следовательно, процессор работает на полной скорости (в данном случае с частотой 233 МГц) примерно 90% всего времени. Оставшиеся 10% времени кэш-контроллер обращается к более медленной основной памяти, во время чего процессор находится в состоянии ожидания. Фактически происходит снижение быстродействия системы до уровня оперативной памяти, скорость которой равна 60 нс, или 16 МГц.

В нашем примере быстродействие процессора примерно в 14 раз выше скорости оперативной памяти. В современных системах скорость памяти увеличилась с 16 МГц (60 нс) до 333 МГц (3,0 нс), в то время как тактовая частота процессоров выросла до 3 ГГц и более, т.е. память все еще в 7,5 раза (или более) *медленнее* процессора. Кэш-память позволяет компенсировать эту разницу.

Основная особенность кэш-памяти первого уровня состоит в том, что она всегда интегрирована в ядро процессора и работает на той же частоте. Это свойство в сочетании с коэффициентом совпадений, равным 90%, делает кэш-память важной составляющей эффективности системы.

Кэш-память второго уровня

Для того чтобы уменьшить ощутимое замедление системы, возникающее при каждом промахе кэша, следует обратиться к кэш-памяти второго уровня.

Развивая аналогию с рестораном, которая использовалась для объяснения работы кэш-памяти первого уровня, можно обозначить кэш-память L2 как сервировочный столик с "дежурными" блюдами, расположение которого позволяет официанту принести любое из имеющихся блюд через 15 секунд. В системе класса Pentium (Socket 7) кэш-память второго уровня установлена на системной плате, т.е. работает на тактовой частоте системной платы (66 МГц, или 15 нс). Рассмотрим ситуацию, когда вы заказываете блюдо, которого нет в числе ранее принесенных. В этом случае, вместо того, чтобы отправиться на кухню и через 60 секунд принести приготовленное блюдо, официант в первую очередь проверяет столик с дежурными блюдами. При наличии там заказанного блюда он возвращается уже через 15 секунд. Результат в реальной системе выражается в следующем: вместо снижения быстродействия системы с 233 до 16 МГц и соответственно скорости основной памяти до 60 нс происходит извлечение необходимых данных из кэш-памяти второго уровня, скорость которой равна 15 нс (66 МГц). Таким образом, быстродействие системы изменяется с 233 до 66 МГц.

Все современные процессоры содержат встроенную кэш-память второго уровня, которая работает на той же скорости, что и ядро процессора, причем скорости кэш-памяти первого и второго уровней одинаковы. Если описывать новые микросхемы с помощью аналогий, то в этом случае официант размещает столик с дежурными блюдами рядом с тем столиком, за которым сидите вы. При этом, если заказанного блюда на вашем столе нет (промах кэш-памяти первого уровня), официанту всего лишь необходимо дотянуться до стоящего рядом столика с дежурными блюдами (кэш-память второго уровня), что потребует гораздо меньше времени, чем 15-секундная прогулка на кухню, как это было в более ранних схемах.

Кэш-память третьего уровня

Некоторые процессоры, преимущественно те, которые предназначены для высокопроизводительных игровых или серверных систем, содержат кэш-память третьего уровня — L3. Раньше кэш-памятью L3 оснащалось ограниченое количество моделей, однако она находит широкое применение в соременных и быстрых многоядерных процессорах, таких как Intel Core и AMD Phenom.

Все еще развивая аналогию с рестораном, которая использовалась для объяснения работы кэш-памяти первого и второго уровней, можно обозначить кэш-память L3 как столик с дополнительными блюдами. Если нужного блюда нет на первых двух столах, вероятно, его можно будет найти на третьем столе.

Кэш-память L3 оказывается очень полезной для многоядерных процессоров, где, как правило, совместно используется всеми ядрами. Согласно современным тенденциям, наличие кэш-памяти L3 скоро будет характерно и для моделей процессоров, предназначенных для массового рынка.

Структура и эффективность кэш-памяти

Коэффициент совпадения кэш-памяти как первого, так и второго уровня составляет 90%. Таким образом, рассматривая систему в целом, можно сказать, что 90% времени она работает с полной тактовой частотой (в данном примере — 233 МГц), получая данные из кэш-памяти первого уровня; 10% времени данные извлекаются из кэш-памяти второго уровня. Процессор работает с кэш-памятью второго уровня только 90% этого времени, а оставшиеся 10% вследствие промахов кэша — с более медленной основной памятью. Таким образом, объединяя кэш-память первого и второго уровней, получаем, что обычная система работает с частотой процессора 90% времени (в данном примере — 233 МГц), с частотой системной платы — 9% времени (т.е. 90 от 10% при частоте 66 МГц), а с тактовой частотой основной памяти — примерно 1% времени (10 от 10% при частоте 16 МГц). Это хорошо демонстрирует важность кэш-памяти первого и второго уровней; при отсутствии кэш-памяти система часто обращается к ОЗУ, скорость которого значительно ниже скорости процессора.

Это наводит на интересные мысли. Представьте, что вы собираетесь повысить эффективность оперативной памяти или кэш-памяти второго уровня вдвое. На что же именно потратить деньги? Поскольку оперативная память непосредственно используется примерно 1% времени, двойное увеличение ее производительности приведет к повышению быстродействия системы только в 1% времени! Нельзя сказать, что это звучит впечатляюще. С другой стороны, если вдвое повысить эффективность кэш-памяти второго уровня, это повлечет за собой двойное увеличение эффективности системы в 9% времени; безусловно, подобное улучшение окажется более весомым.

Системотехники и специалисты по разработке процессоров компаний Intel и AMD зря времени не теряли и разработали методы повышения эффективности кэш-памяти второго уровня. В системах класса Pentium (P5) кэш-память второго уровня обычно устанавливалась на системной плате и работала соответственно с ее тактовой частотой. Intel значительно повысила производительность процессоров, переместив кэш-память с системной платы непосредственно в процессор, что повлекло за собой увеличение ее рабочей частоты до частоты процессора. Сначала микросхемы кэша устанавливались в одном корпусе вместе с основным

процессором. Но такая конструкция оказалась слишком дорогой, поэтому, начиная с процессоров семейства Pentium II, компания Intel стала приобретать микросхемы кэш-памяти у сторонних производителей (Sony, Toshiba, NEC, Samsung и др.). Микросхемы поставлялись уже в готовом виде, в корпусном исполнении, поэтому Intel начала их устанавливать на монтажной плате рядом с процессором. Именно поэтому процессор Pentium II был изначально разработан в виде картриджа.

Одна из существенных проблем заключалась в быстродействии микросхем кэш-памяти сторонних производителей. Скорость наиболее быстрых микросхем достигала 3 нс и выше, что было эквивалентно тактовой частоте 333 МГц. Но процессоры уже работали на более высоких скоростях, поэтому в Pentium II и первых моделях Pentium III кэш-память второго уровня работает на половинной частоте процессора. В некоторых моделях процессора Athlon скорость кэш-памяти второго уровня уменьшена до двух пятых или даже одной трети тактовой частоты ядра.

Качественный скачок в технологии произошел с появлением процессоров Celeron 300A и выше. В этих процессорах внешние микросхемы кэш-памяти второго уровня не используются. Вместо этого кэш-память как первого, так и второго уровня была интегрирована непосредственно в ядро процессора. Таким образом, кэш-память обоих уровней работает с полной тактовой частотой процессора, что позволяет повышать ее быстродействие при возможном увеличении скорости процессора. В последних моделях Pentium III, а также во всех процессорах Xeon и Celeron кэш-память второго уровня по-прежнему работает с тактовой частотой ядра процессора, а значит, при неудачном обращении в кэш-память первого уровня ожидания или замедления операций не происходит. В современных моделях процессоров Athlon и Duron также используется встроенная кэш-память, работающая с частотой ядра. Как вы знаете, при неудачном обращении к внешней кэш-памяти происходит снижение скорости кэша до половинной частоты ядра или, что еще хуже, до частоты более медленной системной платы. Использование встроенного кэша позволяет значительно повысить эффективность процессора, так как 9% времени в системе будет использоваться кэш-память второго уровня, работающая с полной частотой ядра. К преимуществам встроенной кэш-памяти относится и снижение ее стоимости, так как она содержит меньше компонентов.

Вернемся к рассмотренной ранее аналогии, используя в качестве примера современный процессор с тактовой частотой 3,6 ГГц. Теперь скорость поглощения вами пищи равна двум байтам в секунду (тактовой частоте 3,6 ГГц соответствует длительность цикла 0,28 нс). Кэш-память первого уровня работает на этой же частоте, т.е. скорость поглощения блюд, находящихся на вашем столе, равна скорости процессора (а столик соответствует кэш-памяти первого уровня). Ощутимое повышение быстродействия происходит в том случае, когда вы заказываете блюдо, которого нет на столе (промах кэша первого уровня), и официанту приходится обращаться к столику с "дежурными" блюдами. В девяти случаях из десяти он находит там нужное блюдо, которое приносит через полсекунды (частота кэш-памяти второго уровня равна 3,6 ГГц, что соответствует скорости 0,28 нс). Итак, современные системы работают 99% времени (суммарный коэффициент совпадения кэш-памяти первого и второго уровней) с частотой 3,6 ГГц и, как и прежде, в одном случае из ста понижают скорость до частоты оперативной памяти (приготовление блюда на кухне). При увеличении скорости памяти до 800 МГц (1,25 нс) время ожидания заказанного блюда из кухни достигнет 1,25 с. Эх, если бы скорость обслуживания в ресторане повышалась бы так же, как быстродействие процессора!

Организация работы кэш-памяти

Как известно, кэш хранит копии данных из различных адресных областей основной памяти. Поскольку в кэше невозможно одновременно хранить копии данных из всех адресных областей, необходим такой метод определения адресов, данные которых скопированы в кэш, чтобы нужные данные считывались непосредственно из кэша, а не из основной оперативной памяти. Для этого применяется *ОЗУ тегов* — дополнительная область памяти кэша, в которой содержится индекс адресов, скопированных в кэш. Каждая строка памяти кэша имеет соот-

ветствующий адресный тег, который хранит адрес данных основной памяти, скопированных в текущий момент времени в отдельную строку кэша. Для получения данных с конкретного адреса основной памяти кэш-контроллер просматривает содержимое ОЗУ тегов, чтобы определить наличие адреса, содержащегося в кэше (совпадение), или его отсутствие (промах). Обнаруженные данные могут быть эффективно считаны из кэша; в противном случае процессор считывает данные из гораздо более медленной оперативной памяти.

Работа кэша зависит от методов упорядочения или отображения тегов. К таковым относятся методы полностью ассоциативного, прямого и множественно-ассоциативного отображения.

Метод полностью ассоциативного отображения заключается в следующем: когда запрашиваются данные с определенного адреса основной памяти, этот адрес сравнивается со всеми записями адресных тегов в кэше ОЗУ тегов. Если запрашиваемый адрес найден в теге (совпадение), возвращается соответствующий адрес данных в кэше. В том случае, когда адрес не обнаружен, констатируется промах, указывающий на то, что данные должны быть получены с адреса основной памяти вместо кэша.

При прямом отображении конкретные адреса основной памяти назначаются определенным адресам строк в кэше, где будут храниться в дальнейшем данные из основной памяти. Таким образом, для работы ОЗУ тегов понадобится меньшее число битов, поскольку, когда известен адрес основной памяти, необходимо проверить только один адресный тег. Каждый тег будет содержать только возможный адрес, хранимый в избранной строке ОЗУ тегов. Данный метод также отличается высокой эффективностью, поскольку для получения адреса основной памяти необходимо проверить лишь один адресный тег.

Метод множественно-ассоциативного отображения основан на методе прямого отображения, описанном ранее. Кэш прямого отображения имеет единственный ассоциативный набор адресов, т.е. один адрес основной памяти может быть ассоциирован (или отображен) только с определенным адресом строки кэша. Двухстраничный множественно-ассоциативный кэш содержит два набора, поэтому адрес памяти может содержаться в одной из двух строк кэша. В свою очередь, четырехстраничный множественно-ассоциативный кэш хранит адрес памяти в одной из четырех различных строк кэша (наборов). Увеличение ассоциативных наборов повышает вероятность обнаружения необходимого значения; однако на это требуется несколько больше времени, так как, чтобы найти определенное местоположение в кэше, понадобится просмотреть больше адресных тегов. В сущности, каждый набор в *n*-страничном множественно-ассоциативном кэше является субкэшем, ассоциированным с определенным адресом основной памяти. По мере увеличения субкэшей или наборов кэш становится полностью ассоциативным, т.е. каждый адрес памяти может храниться в любой строке кэша. В подобном случае *n*-страничный ассоциативный кэш будет представлять собой разумный компромисс между полностью ассоциативным кэшем и кэшем прямого отображения.

В целом кэш прямого отображения отличается наибольшей эффективностью помещения данных в кэш и считывания данных из кэша, поскольку для определенного адреса основной памяти необходимо просмотреть только один адресный тег. В то же время данный метод отличается повышенным количеством промахов по сравнению с другими методами. Полностью ассоциативный кэш характеризуется самым высоким уровнем совпадений, а также наименьшим быстродействием при обнаружении и получении данных, так как требуется просмотреть намного больше адресных тегов. Наряду с этим *n*-страничный ассоциативный кэш предлагает компромиссный вариант между оптимизацией быстродействия кэша и процентом совпадений. Для обеспечения работы этого кэша требуется больше двоичных тег-разрядов, схем сравнений (компараторов) и так далее, поэтому реализация кэша является более дорогостоящей. Безусловно, выбор схемы кэширования состоит в поиске выгодной альтернативы, а выбранный метод в одном системном окружении может оказаться непригодным в другом. Многозадачная вычислительная среда, в частности операционная система Windows, представляет собой пример системного окружения, в котором процессор одновременно обрабатывает не-

сколько областей памяти, поэтому использование *n*-страничного ассоциативного кэша помогает повысить производительность системы.

Содержимое кэша всегда должно соответствовать содержимому основной памяти, чтобы процессор работал с самыми свежими данными. Поэтому в семействе процессоров 486 используется кэш со *сквозной записью* (write-through), при которой данные, записанные в кэш, автоматически записываются и в основную память. Это позволяет еще больше повысить производительность процессора.

Для сравнения: в процессорах Pentium используется *двунаправленный кэш* (write-back), который работает при выполнении как операций считывания, так и записи.

Еще одна особенность улучшенной архитектуры кэша состоит в том, что кэш-память является *неблокируемой*. Это свойство позволяет уменьшать или скрывать задержки памяти, используя перекрытие операций процессора с выборкой данных. Неблокируемая кэш-память дает возможность продолжать выполнение программы одновременно с неудачными обращениями в кэш при наличии некоторых ограничений. Другими словами, кэш-память улучшает обработку промаха кэша и позволяет процессору продолжать выполнение операций, не связанных с отсутствующими данными.

Кэш-контроллер, встроенный в процессор, также используется для наблюдения за состоянием системной шины при передаче управления шиной альтернативным процессорам, которые называются *хозяевами шины* (bus masters). Процесс наблюдения, в свою очередь, называется *отслеживанием шины* (bus snooping). Если устройство, управляющее передачей данных по шине (т.е. хозяин шины), записывает какие-либо данные в область памяти, копия которой хранится в кэше процессора, то содержимое кэша перестает соответствовать содержимому основной памяти. В этом случае кэш-контроллер отмечает эти данные как ошибочные и при следующем обращении к памяти обновляет содержимое кэша, поддерживая тем самым целостность всей системы.

Все процессоры, поддерживающие использование кэш-памяти, включают в себя *буфер быстрого преобразования* (Translation Lookaside Buffer — TLB), необходимый для обработки неудачных попыток преобразования адресов кэш-памяти. Буфер представляет собой процессорную таблицу, в которой хранятся данные о местоположении недавно вызывавшихся адресов физической памяти. Он ускоряет преобразование виртуальных адресов в адреса физической памяти. Для дальнейшего повышения быстродействия в новых процессорах увеличено количество строк таблицы TLB (так поступила компания AMD при переходе от архитектуры ядра Thunderbird к Palomino в процессорах Athlon). В процессорах Pentium 4 с технологией Hyper-Threading для каждого виртуального потока процессора выделена отдельная инструкция TLB (iTLB).

При увеличении тактовой частоты длительность цикла уменьшается. В современных процессорах кэш-память как первого, так и второго уровня встроена непосредственно в ядро, благодаря чему кэш-память второго уровня работает на полной частоте процессора. Быстродействие кэш-памяти — более важный параметр, чем ее объем. Правило гласит, что меньший, но более быстрый кэш всегда предпочтительнее медленного кэша большого объема.

Функции процессора

По мере появления новых процессоров их архитектура дополняется все новыми и новыми возможностями, которые позволяют повысить не только эффективность выполнения тех или иных приложений, но и надежность центрального процессора в целом. В следующих разделах представлено краткое описание различных технологий.

Режим управления системой (SMM)

Задавшись целью создавать все более быстрые и мощные процессоры для портативных компьютеров, компании Intel и AMD в начале 1990-х годов начали внедрять в свои процессоры *режим управления системой*. Этот режим позволяет процессорам управлять на низком

уровне системой энергоснабжения. Система SMM предлагает изолированную среду программирования, открытую для операционной системы и прикладных программ; она предназначена для использования системной BIOS и драйверами устройств.

Режим SMM был реализован в мобильном процессоре 386SL в октябре 1990 года. Позже этот режим был внедрен в процессоры 486SL, а начиная с июня 1993 года стал использоваться во всех процессорах серии 486. Когда в марте 1993 года появились первые процессоры Pentium, в них система SMM встроена не была. Однако эта система была включена во все процессоры, начиная с Pentium с тактовой частотой 75 МГц, выпущенных после октября 1994 года. Компания AMD примерно в то же время внедрила систему SMM в свои процессоры Am486 и K5. С этого момента все процессоры, поступающие на рынок, включали в себя систему SMM.

Режим SMM вызывается с помощью подачи сигнала на специальный вывод процессора, который генерирует *прерывание управления системой* (System Management Interrupt — SMI) — немаскируемое прерывание с наивысшим доступным приоритетом. При запуске системы SMM текущий контекст (т.е. состояние) процессора и выполняющихся программ сохраняется. После этого процессор переключается в специально выделенное адресное пространство и выполняет код SMM совершенно прозрачно для прерванной программы и прочего программного обеспечения системы. После завершения выполнения кода SMM восстанавливается прежде сохраненный контекст процессора и прерванных программ и процессор продолжает работу с той точки, в которой остановился.

Несмотря на то что система SMM изначально использовалась только для управления электропитанием, она предназначена для использования любой низкоуровневой системной функцией, которой необходима работа, независимая от операционной системы и прочего программного обеспечения компьютера. В современных системах это следующие функции:

- функции управления электропитанием ACPI и APM;
- поддержка портом USB старых устройств (клавиатура и мышь);
- загрузка с устройств USB (эмуляция устройств);
- функции защиты паролем;
- мониторинг температуры;
- мониторинг скорости вентилятора;
- чтение/запись CMOS ОЗУ;
- обновление BIOS;
- протоколирование ошибок ECC памяти;
- протоколирование ошибок других устройств;
- функции включения компьютера при возникновении событий (например, Wake On Lan).

Систему SMM можно увидеть в работе при ее попытке получить доступ к периферийному устройству, которое ранее было переведено в режим энергосбережения. Предположим, что некоторая программа выполнила попытку чтения файла с жесткого диска, который с целью энергосбережения ранее был приостановлен. При получении такого запроса контроллер диска генерирует прерывание SMI, чтобы включить систему SMM. После этого программное обеспечение SMI подает команды раскрутки жесткого диска и приведения его в состояние готовности. Затем управление возвращается операционной системе, и загрузка файла с диска начинается так, будто работа диска не приостанавливалась.

Суперскалярное выполнение

В процессорах Pentium пятого и последующих поколений встроен ряд внутренних конвейеров, которые могут выполнять несколько команд одновременно. Процессор 486 и все предшествующие в течение определенного времени могли выполнять только одну команду. Технология одновременного выполнения нескольких команд называется *суперскалярной*.

Суперскалярная архитектура обычно ассоциируется с процессорами RISC (Reduced Instruction Set Computer — компьютер с упрощенной системой команд). Процессор Pentium — одна из первых микросхем CISC (Complex Instruction Set Computer — компьютер со сложной системой команд), в которой применяется суперскалярная технология, реализованная во всех процессорах пятого и последующих поколений.

Рассмотрим на примере установки электрической лампочки инструкции CISC.

1. Возьмите электрическую лампочку.
2. Вставьте ее в патрон.
3. Вращайте ее по часовой стрелке до отказа.

И аналогичный пример в виде инструкций RISC.

1. Поднесите руку к лампочке.
2. Возьмите лампочку.
3. Поднимите руку к патрону.
4. Вставьте лампочку в патрон.
5. Поверните ее по часовой стрелке.
6. Лампочка еще поворачивается в патроне? Если да, то перейти к п. 5.
7. Конец.

Многие инструкции RISC довольно просты, поэтому для выполнения какой-либо операции потребуется больше таких инструкций. Их основное преимущество состоит в том, что процессор осуществляет меньше операций, а это, как правило, сокращает время выполнения отдельных команд и, соответственно, всей задачи (программы). Можно долго спорить о том, что же в действительности лучше — RISC или CISC, хотя, по правде говоря, такого понятия, как "чистая" микросхема RISC или CISC, не существует. Подобная классификация — не более чем вопрос терминологии.

Процессоры Intel и совместимые с ними можно определить как микросхемы CISC. Несмотря на это, процессоры пятого и шестого поколений обладают различными атрибутами RISC и разбивают во время работы команды CISC на более простые инструкции RISC.

Технология MMX

В зависимости от контекста MMX может означать "multi-media extensions" (мультимедийные расширения) или "matrix math extensions" (матричные математические расширения). Технология MMX использовалась в старых моделях процессоров Pentium пятого поколения в качестве расширения, благодаря которому ускоряется компрессия/декомпрессия видеоданных, манипулирование изображением, шифрование и выполнение операций ввода-вывода, т.е. почти все операции, используемые во многих современных программах.

В архитектуре процессоров MMX есть два основных усовершенствования. Первое, фундаментальное, состоит в том, что все микросхемы MMX имеют больший внутренний встроенный кэш первого уровня, чем их "собратья", не использующие эту технологию. Это повышает эффективность выполнения каждой программы и всего программного обеспечения, независимо от того, использует ли оно фактически команды MMX.

Другим усовершенствованием MMX является расширение набора команд процессора пятьюдесятью семью новыми командами, а также введение новой возможности выполнения команд, называемой *одиночный поток команд — множественный поток данных* (Single Instruction — Multiple Data, SIMD).

В современных мультимедийных и сетевых приложениях часто используются циклы; хотя они занимают около 10% (или даже меньше) объема полного кода приложения, на их выполнение может уйти до 90% общего времени выполнения. Технология SIMD позволяет од-

ной команде осуществлять одну и ту же операцию над несколькими данными, подобно тому, как преподаватель, читая лекцию, обращается ко всей аудитории, а не к каждому студенту в отдельности. Применение SIMD позволяет ускорить выполнение циклов при обработке графических, анимационных, видео- и аудиофайлов; в противном случае эти циклы отнимали бы время у процессора.

Компанией Intel было добавлено пятьдесят семь новых команд, специально разработанных для более эффективной обработки звуковых, графических и видеоданных. Эти команды предназначены для выполнения с высокой степенью параллелизма последовательностей, которые часто встречаются при работе мультимедийных программ. *Высокая степень параллелизма* в данном случае означает, что одни и те же алгоритмы применяются ко многим данным, например к данным в различных точках при изменении графического изображения.

Компании AMD и Cyrix лицензировали у Intel технологию MMX и реализовали ее в собственных процессорах.

Инструкции SSE

В феврале 1999 года компания Intel представила общественности процессор Pentium III, содержащий обновление технологии MMX, получившей название *SSE* (Streaming SIMD Extensions — поточные расширения SIMD). До этого момента инструкции SSE назывались Katmai New Instructions (KNI), так как первоначально они были включены в процессор Pentium III с кодовым названием Katmai. Процессоры Celeron 533A и выше, созданные на основе ядра Pentium III, тоже поддерживают инструкции SSE. Более ранние версии процессора Pentium II, а также Celeron 533 и ниже (созданные на основе ядра Pentium II) SSE не поддерживают.

Инструкции SSE содержат семьдесят новых команд для работы с графикой и звуком в дополнение к существующим командам MMX. Фактически этот набор инструкций, кроме названия KNI, имел еще и второе название — MMX-2. Инструкции SSE позволяют выполнять операции с плавающей запятой, реализуемые в отдельном модуле процессора. В технологиях MMX для этого использовалось стандартное устройство с плавающей запятой.

Инструкции SSE2, содержащие сто сорок четыре дополнительные команды SIMD, были представлены в ноябре 2000 года вместе с процессором Pentium 4. В SSE2 были включены все инструкции предыдущих наборов MMX и SSE.

Инструкции SSE3 были представлены в феврале 2004 года вместе с процессором Pentium 4 Prescott; они добавляют тринадцать команд SIMD, предназначенных для ускорения выполнения сложных математических операций, обработки графики, кодирования видео и синхронизации потоков данных. Инструкции SSE3 также содержат все инструкции MMX, SSE и SSE2.

Дополнительные инструкции SSSE3 (Supplemental SSE3) были представлены общественности в июне 2006 года в процессорах серии Xeon 5100 и в июле того же года в процессорах Core 2. В этот набор были включены еще тридцать две дополнительные команды. Также компания Intel анонсировала выход нового набора SSE4, в который войдет еще пятьдесят дополнительных команд.

Набор расширений SSE4 (который компания Intel назвала HD Boost) был представлен в январе 2008 в процессорах Intel Core 2 (SSE4.1), а затем был обновлен в ноябре 2008 года, когда были представлены процессоры Core i7 (SSE4.2). Всего SSE4 содержит 54 инструкции, из которых 47 относятся к SSE4.1, а все 54 — к SSE4.2.

Несмотря на то что компания AMD заимствовала наборы инструкций SSE3 и более ранние версии в прошлом, вместо того, чтобы заимствовать набор SSE4, она создала другой набор, содержащий всего четыре инструкции и получивший название SSE4a. Компания AMD также анонсировала работу над набором из 170 инструкций, который получил название SSE5, несмотря на то, что он содержит всего несколько инструкций из набора Intel SSE4. Все это означает, что после SSE3 компания AMD отказалась от 100%-ной совместимости ее продук-

тов с решениями Intel, что в будущем может привести к определенным сложностям для программистов.

Поточные расширения SIMD (SSE) содержат ряд новых команд для выполнения операций с плавающей запятой и целыми числами, а также команды управления кэш-памятью. Новые технологии SSE позволяют более эффективно работать с трехмерной графикой, потоками аудио- и видеоданных (DVD-воспроизведение), а также приложениями распознавания речи. В целом SSE обеспечивает следующие преимущества:

- более высокое разрешение/качество при просмотре и обработке графических изображений;
- улучшенное качество воспроизведения аудио- и видеофайлов в формате MPEG2, а также одновременное кодирование и декодирование формата MPEG2 в мультимедийных приложениях;
- уменьшение загрузки процессора и повышение точности/скорости реагирования при выполнении программного обеспечения для распознавания речи.

Инструкции SSE*x* особенно эффективны при декодировании файлов формата MPEG2, который является стандартом сжатия аудио- и видеоданных, используемых в DVD. Следовательно, процессоры, оснащенные SSE, позволяют достичь максимальной скорости декодирования MPEG2 без использования дополнительных аппаратных средств (например, платы декодера MPEG2). Кроме того, процессоры, содержащие набор инструкций SSE, значительно превосходят предыдущие версии процессоров в операциях распознавания речи.

Одним из основных преимуществ SSE по сравнению с MMX является поддержка операций SIMD с плавающей запятой, что очень важно при обработке трехмерных графических изображений. Технология SIMD, как и MMX, позволяет выполнять сразу несколько операций при получении процессором одной команды. В частности, SSE поддерживает выполнение до четырех операций с плавающей запятой за цикл; одна инструкция может одновременно обрабатывать четыре блока данных. Для выполнения операций с плавающей запятой инструкции SSE могут использоваться вместе с командами MMX без заметного снижения быстродействия. SSE также поддерживает *упреждающую выборку данных*, которая представляет собой механизм предварительного считывания данных из кэш-памяти.

Обратите внимание: наилучшие результаты применения новых инструкций процессора обеспечиваются только при их поддержке на уровне используемых приложений. Сегодня большинство компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения, модифицировали приложения, связанные с обработкой графики и звука, что позволило в более полной мере использовать возможности SSE. Например, графическое приложение Adobe Photoshop поддерживает инструкции SSE, что значительно повышает эффективность использования процессоров, оснащенных SSE. Поддержка инструкций SSE встроена в DirectX 6.1 и в самые последние видео- и аудиодрайверы, поставляемые с операционными системами Windows 98 Second Edition и более новыми.

3DNow!

Технология 3DNow! разработана компанией AMD в ответ на реализацию поддержки инструкций SSE в процессорах Intel. Впервые (май 1998 года) 3DNow! реализована в процессорах AMD K6 еще до реализации SSE в процессорах Pentium III, а дальнейшее развитие — Enhanced 3Dnow! — эта технология получила в процессорах Athlon и Duron. Новая технология 3DNow! Professional впервые появилась в процессорах Athlon XP. Компания AMD лицензировала технологию MMX от Intel и реализовала полноценную поддержку инструкций MMX в процессорах K6, Athlon и Duron. Не желая дополнительно лицензировать инструкции SSE, в компании AMD разработали новый набор расширений для инструкций MMX, получивший название 3DNow!. Аналогично SSE/SSE2, технологии 3DNow!, Enhanced 3DNow! и 3DNow! Professional предназначены для ускорения обработки трехмерной графики, мультимедиа и других интенсивных вычислений.

Технология 3DNow! представляет собой набор из 21 инструкции SIMD, которые оперируют массивом данных в виде единичного элемента. В Enhanced 3DNow! к существующим добавлены 24 новые инструкции (19 SSE и 5 DSP/коммуникационных инструкций), что составляет в итоге 45 инструкций. Будучи расширением MMX, технология 3DNow! предоставляет функциональные возможности, аналогичные инструкциям SSE процессоров Pentium III и Celeron. Согласно данным компании AMD, технология 3DNow! расширяет возможности MMX наравне с SSE, однако использует для этого меньшее количество инструкций и менее сложную архитектуру. Технологии обработки данных 3DNow!, Enhanced 3DNow! и 3DNow! Professional, хотя и подобны SSE, несовместимы на уровне инструкций, поэтому производителям программного обеспечения необходимо отдельно реализовать их поддержку.

Последняя версия 3DNow! — 3DNow! Professional — добавляет 51 инструкцию SSE к набору команд 3DNow! Enhanced, благодаря чему процессоры AMD в полной мере поддерживают все возможности SSE. В процессоры Athlon 64, Athlon 64XP и 64-разрядные Opteron была добавлена поддержка инструкций SSE2, а в 0,09-микронные процессоры Athlon 64 и в двухъядерные Athlon 64 X2 — поддержка SSE3.

Динамическое выполнение

Этот метод впервые был использован в микросхемах P6 (процессорах шестого поколения). Он позволяет процессору параллельно обрабатывать сразу несколько команд, что сокращает время, необходимое для решения той или иной задачи. Это технологическое новшество включает ряд функций.

- **Предсказание множественного перехода (ветвления).** Предсказание потока выполнения программы через несколько ветвлений.
- **Анализ потока команд.** Назначение выполнения команд по мере готовности, независимо от их порядка в исходной программе.
- **Упреждающее выполнение.** Увеличение скорости выполнения за счет опережающего просмотра счетчика команд и выполнения тех инструкций, к которым, вероятно, потребуется обратиться позже.

Предсказание перехода

Функция *предсказания перехода*, ранее применявшаяся только в универсальных процессорах старших моделей, позволяет процессору при высокоскоростном выполнении команд сохранять конвейер заполненным. Специальный модуль выборки/декодирования, включенный в процессор, использует высокооптимизированный алгоритм предсказания перехода, позволяющий предсказывать направление и результат команд, выполняемых через несколько уровней ветвлений, обращений и возвратов. Этот модуль напоминает шахматиста, который разрабатывает несколько различных стратегий перед началом шахматной партии, предсказывая ответные действия противника на несколько ходов вперед. Благодаря предсказанию результатов выполнения команды инструкции могут выполняться практически без задержек.

Анализ потока команд

Функция *анализа потока команд* используется для исследования потока данных, проходящих через процессор, и выявления любых возможностей выполнения команды с изменением заданной ранее последовательности. Специальный процессорный модуль отправки/выполнения контролирует команды и позволяет выполнять их в таком порядке, который оптимизирует использование модулей множественного суперскалярного выполнения. Возможность изменять последовательность выполнения команд позволяет сохранить занятость модулей даже в случае промаха кэш-памяти или обработки каких-либо информационно-зависимых команд.

Упреждающее выполнение

Способность процессора выполнять команды с помощью опережающего просмотра существующего счетчика команд называется *упреждающим выполнением*. Модуль отправки/выполнения, включенный в процессор, анализирует поток данных для выполнения всех команд, существующих в буфере (накопителе) команд, и сохранения результатов в буферных регистрах. После этого модуль изъятия анализирует содержимое пула команд на предмет наличия завершенных команд, не зависящих от данных, получаемых при выполнении других команд, или команд, имеющих неразрешенные предсказания перехода. Результаты выполнения обнаруженных завершенных команд передаются в память модулем изъятия или соответствующей стандартной архитектурой Intel в том порядке, в котором они были получены. Затем команды удаляются из буфера.

В сущности, динамическое выполнение устраняет зависимость от линейной последовательности команд. Выполнение команд с изменением их последовательности позволяет максимально загрузить модуль выполнения и сократить время ожидания, необходимое для получения данных из памяти. Несмотря на то что порядок предсказания и выполнения команд может быть изменен, их результаты передаются в исходном порядке, для того чтобы не прерывать и не изменять течение программы. Это позволяет процессорам P6 выполнять программы, оптимизированные для архитектуры Intel, точно так же, как это делали P5 (Pentium) или процессоры более ранних версий, но на целый порядок быстрее.

Архитектура двойной независимой шины

Эта архитектура (Dual Independent Bus — DIB) впервые была реализована в процессоре шестого поколения и предназначалась для увеличения пропускной способности шины процессора и повышения производительности. При наличии двух независимых шин данных для ввода-вывода процессор получает доступ к данным с любой из них одновременно и параллельно, а не последовательно, как в системе с одной шиной. Основная шина реализует интерфейс процессора и материнской платы или набора микросхем системной логики. Вторая, или фоновая, входная шина процессора с DIB применяется кэш-памятью второго уровня, поэтому она может работать значительно быстрее, чем в том случае, если бы ей пришлось использовать (совместно с процессором) основную шину.

В архитектуре DIB предусмотрены две шины: шина кэш-памяти второго уровня и шина, соединяющая процессор и основную память (FSB). Процессоры шестого поколения, от Pentium Pro до Core 2 и Athlon 64, могут использовать обе шины одновременно, благодаря чему снижается критичность такого параметра, как пропускная способность шины. Благодаря архитектуре двойной шины кэш-память второго уровня более современных процессоров может работать на полной скорости в ядре процессора на независимой шине, используя при этом основную шину центрального процессора (FSB) для обработки текущих данных, поступающих на микросхему и отправляемых ею. Шины работают с разными тактовыми частотами. Шина FSB, или главная шина центрального процессора, соединена с системной платой, а шина кэш-памяти второго уровня — непосредственно с ядром процессора. При увеличении рабочей частоты процессора увеличивается и тактовая частота кэш-памяти второго уровня.

Для реализации архитектуры DIB кэш-память второго уровня перемещена с системной платы в один корпус с процессором, что позволило приблизить быстродействие кэш-памяти второго уровня к быстродействию встроенной кэш-памяти, которое значительно превосходит быстродействие памяти, помещаемой на системную плату.

Архитектура DIB также позволяет системной шине выполнять одновременно несколько транзакций (а не одну последовательность транзакций), благодаря чему ускоряется поток информации в системе и повышается эффективность. Все средства DIB повышают пропускную способность почти в три раза по сравнению с процессором, имеющим архитектуру одиночной шины.

Технология Hyper-Threading

Такие операционные системы, как Windows NT 4.0/2000/XP Professional/Vista и Linux, в полной мере поддерживают компьютеры с двумя или более установленными физическими процессорами, дающими подобным системам большой прирост производительности по сравнению с однопроцессорными компьютерами. Тем не менее двухпроцессорные компьютеры и системные платы всегда были на порядок дороже их однопроцессорных "сородичей", а добавление второго процессора в систему, поддерживающую подобную модернизацию, приводило к возникновению различных сложностей, связанных с подбором одинаковой тактовой частоты и конфигурационных параметров для двух процессоров. Новейшая технология Hyper-Threading (HT) компании Intel позволяет одному процессору одновременно обрабатывать два независимых потока команд. Другими словами, HT превращает один физический процессор в два виртуальных.

Изначально технология HT была представлена в семействе серверных процессоров Xeon в марте 2002 года. Она дала возможность виртуально вдвое увеличить количество процессоров многопроцессорных серверов. Затем HT появилась в предназначенных для рабочих станций процессорах Xeon с тактовой частотой шины 533 МГц, после чего в ноябре 2002 года "дебютировала" в процессоре Pentium 4 с тактовой частотой 3,06 ГГц, ориентированном на рынок домашних/офисных ПК. Технология HT предшествовала появлению многоядерных процессоров, поэтому процессоры, содержащие несколько физических ядер, например Core 2 и Core i Series, не всегда поддерживают данную технологию. Все зависит от конкретной версии процессора. Четырехъядерный процессор с поддержкой технологии HT (например, Core i Series) с точки зрения операционной системы является восьмиядерным.

Принцип работы

Поддерживающий HT процессор имеет два набора общих регистров, регистры управления и другие системные компоненты. В то же время логические процессоры совместно используют кэш-память, вычислительные блоки и шины данных/ввода-вывода. При выполнении программ каждый логический процессор обрабатывает один поток (рис. 3.2).

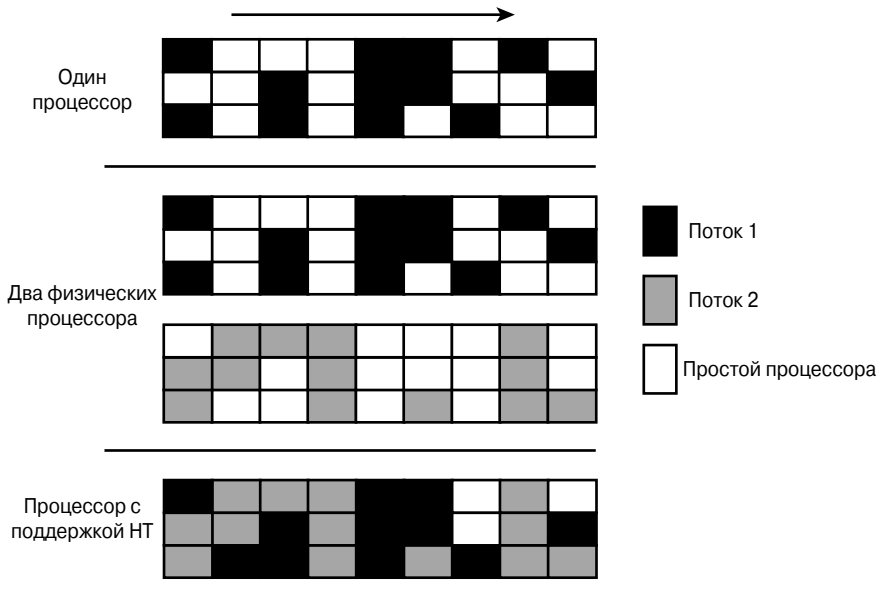


Рис. 3.2. Процессор, поддерживающий HT, позволяет заполнить время простоя выполнением другого процесса, тем самым увеличивая многозадачность и быстродействие многопоточных приложений

Совместное использование процессорных компонентов приводит к тому, что быстродействие системы с процессором HT меньше быстродействия систем с двумя физическими процессорами. Однако выполнение нескольких приложений или одного многопоточного приложения в системе с процессором HT демонстрирует прирост производительности примерно на 25% по сравнению с обычным однопроцессорным компьютером.

Требования к использованию

Для того чтобы иметь возможность воспользоваться преимуществами технологии HT, необходимы следующие компоненты.

- **Поддерживающая HT системная плата (набор микросхем).** Может понадобиться обновление BIOS.
- **Поддержка BIOS включения/отключения HT.** Если технология Hyper-Threading не поддерживается установленной операционной системой, HT необходимо отключить средствами BIOS. При включении поддержки HT скорость выполнения приложений изменяется в большей или меньшей мере (обратитесь к индексам производительности конкретных приложений, наполняющих вашу систему).
- **Совместимая с HT операционная система, например Windows XP или Vista.** При использовании режима HT в программе Диспетчер устройств будут отображены два процессора.

Совет

Хотя Windows NT 4.0 и Windows 2000 разработаны для использования нескольких физических процессоров, для обеспечения работы процессора HT потребуется изменить ряд конфигурационных параметров. Операционные системы Linux с версией ядра 2.4.18 и выше также поддерживают данную технологию.

Многоядерная технология

Технология Hyper-Threading всего лишь *имитирует* наличие двух процессоров. Однако если даже имитация нескольких процессоров принесла свои плоды, то наличие двух и более процессоров в одном корпусе еще больше скажется на производительности. Внешне двухъядерные процессоры выглядят как один; так же они рассматриваются и с точки зрения лицензионной политики компании Microsoft (в частности, для операционных систем Windows). Однако на самом деле в одном корпусе содержатся два, четыре, а то и больше полноценных процессорных ядер. Многоядерные процессоры обладают теми же преимуществами, которые дают многопроцессорные системы, однако стоят существенно дешевле.

В 2005 году компании AMD и Intel представили свои первые двухъядерные процессоры. AMD выпустила на рынок процессор Athlon 64 X2, устанавливаемый в материнские платы Socket 939, предназначенные для обычных одноядерных процессоров Athlon 64 и Athlon XP (в некоторых случаях могло потребоваться обновление BIOS). Также AMD представила двухъядерные версии процессоров Opteron для серверов и рабочих станций. Первыми ласточками от компании Intel стали двухъядерные процессоры Pentium D и Pentium Extreme Edition. Они использовали тот же разъем Socket 775, что и предыдущие модели Pentium 4. В то же время они требовали наличия в материнской плате набора микросхем системной логики, поддерживающих операции с двумя ядрами. В ноябре 2006 года компания Intel представила свои первые четырехъядерные процессоры Core 2 Extreme QX и Core 2 Quad. Свой первый четырехъядерный процессор, представленный в ноябре 2007 года, компания AMD назвала Phenom.

Примечание

С Windows и многоядерными процессорами связано одно недоразумение. Windows XP и более поздние версии для домашних пользователей поддерживают только один физический процессор, в то время как версии Professional, Business, Enterprise и Ultimate операционной системы Windows — два физических процессора. И хотя версии для домашних пользователей поддерживают всего один физический процессор, в

случае процессора с поддержкой Hyper-Threading поддерживаются все физические и виртуальные ядра. Например, если в системе установлен четырехъядерный процессор с поддержкой технологии HT, версии Windows Home увидят все восемь ядер, и все эти ядра будут поддержаны. Если материнская плата поддерживает установку двух таких процессоров, версии Windows Home увидят восемь виртуальных ядер первого процессора, в то время как версии Professional, Business, Enterprise и Ultimate — все шестнадцать ядер обоих процессоров.

Многоядерные процессоры предназначены для пользователей, которым необходима одновременная работа нескольких приложений или которые используют многопотоковые программы (пожалуй, в эту категорию попадут практически все современные пользователи компьютеров). На рис. 3.3 показано, как двухъядерный процессор обслуживает несколько приложений.

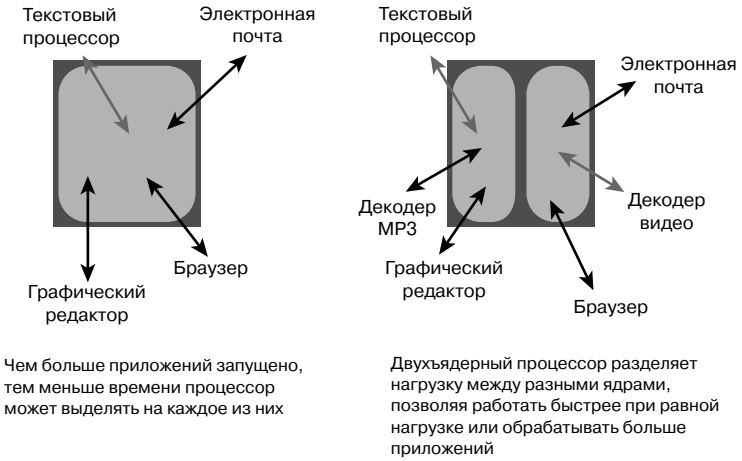


Рис. 3.3. Обслуживание нескольких задач одноядерным (слева) и двухъядерным (справа) процессорами

Важно заметить, что двухъядерный процессор не способен повысить производительность системы в однозадачной среде. К примеру, если вы играете на компьютере в трехмерные игры, не поддерживающие многопотоковость, то, вероятнее всего, это единственный процесс, поддерживаемый системой в текущий момент. Следовательно, многозадачности нет, и получить преимущества от двухъядерного процессора не удастся. К счастью, с каждым днем все больше производителей компьютерных программ (в том числе игр) начинают использовать разделение потоков, что автоматически позволяет взять на вооружение достоинства параллельной обработки информации несколькими ядрами процессора.

В следующих разделах рассмотрены основные характеристики данных процессоров, а также различные подходы компаний Intel и AMD к реализации 64-разрядных вычислений на ПК.

Производство процессоров

Основным химическим элементом, используемым при производстве процессоров, является кремний — самый распространенный элемент после кислорода. Это базовый компонент, из которого состоит прибрежный песок (двуокись кремния); однако в таком виде он не подходит для производства микросхем.

Чтобы использовать кремний в качестве материала для изготовления микросхемы, необходим длительный технологический процесс, который начинается с получения кристаллов чистого кремния по методу Жокральски (автора этого метода). По этой технологии сырье, в качестве которого используется в основном кварцевая порода, преобразуется в электродуговых печах в металлургический кремний. Затем для удаления примесей полученный кремний

плавится, дистиллируется и кристаллизуется в виде полупроводниковых слитков с очень высокой степенью чистоты (99,999999%). После механической нарезки слитков полученные заготовки загружаются в кварцевые тигли и помещаются в электрические сушильные печи для вытяжки кристаллов, где плавятся при температуре более 1400° по Цельсию. Для того чтобы предотвратить образование примесей, сушильные печи обычно устанавливают на толстом бетонном основании. Бетонное основание, в свою очередь, устанавливают на амортизаторах, что позволяет значительно уменьшить вибрацию, которая может негативно сказаться на формировании кристалла.

Как только заготовка начинает плавиться, в расплавленный кремний помещается небольшой медленно вращающийся затравочный кристалл (рис. 3.4). По мере удаления затравочного кристалла от поверхности расплава вслед за ним вытягиваются кремниевые нити, которые, затвердевая, образуют кристаллическую структуру. Изменяя скорость перемещения затравочного кристалла (10–40 мм в час) и температуру (примерно 1400° по Цельсию), получают кристалл кремния малого начального диаметра, который затем наращивают до нужной величины. В зависимости от размеров изготавливаемых микросхем выращенный кристалл достигает 8–12 дюймов (20–30 мм) в диаметре и 5 футов (около 1,5 м) в длину. Вес выращенного кристалла достигает сотен килограммов.

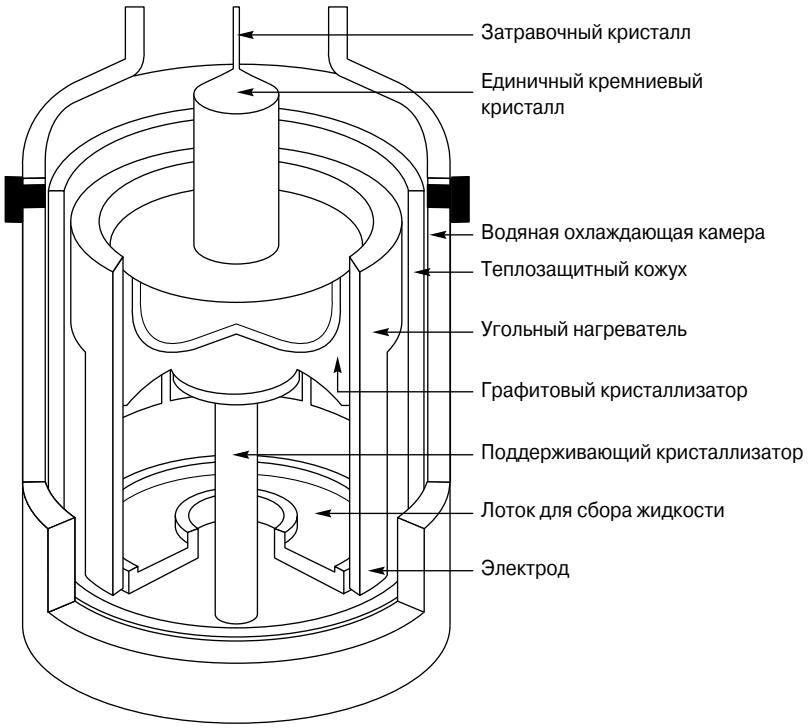


Рис. 3.4. Цилиндрическая кремниевая заготовка создается при большой температуре и высоком давлении

Заготовка вставляется в цилиндр диаметром 200 мм (или 300 мм), часто с плоским вырезом на одной стороне для точности позиционирования и обработки. Затем каждая заготовка разрезается алмазной пилой более чем на тысячу круговых подложек толщиной менее миллиметра (рис. 3.5). После этого подложка полируется до тех пор, пока ее поверхность не станет зеркально гладкой.

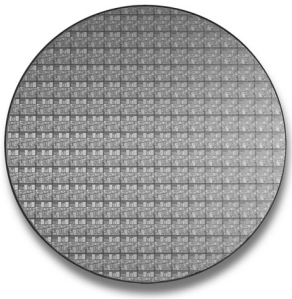


Рис. 3.5. При изготовлении процессора заготовку разрезают алмазной пилой более чем на тысячу круговых подложек

В производстве микросхем используется процесс, называемый *фотолитографией*. Технология этого процесса такова: на полупроводник, служащий основой чипа, один за другим наносятся слои разных материалов; так создаются транзисторы, электронные схемы и проводники (дорожки), по которым распространяются сигналы. В точках пересечения специфических схем можно создать транзистор или переключатель (вентиль).

Фотолитографический процесс начинается с покрытия подложки слоем полупроводника со специальными добавками, затем этот слой покрывается фоторезистивным химическим составом, а после этого изображение микросхемы проектируется на ставшую теперь светочувствительной поверхность.

В результате добавления к кремнию (который, естественно, является диэлектриком) *донорных примесей* получается полупроводник. Проектор использует специальный фотошаблон (маску), который является, по сути, картой данного конкретного слоя микросхемы. Современные процессоры содержат двадцать и более слоев полупроводников и более шести уровней межслойных соединений.

Проходя через первый фотошаблон, свет фокусируется на поверхности подложки, оставляя отпечаток изображения этого слоя. (Каждое изображение на микросхеме называется *кристаллом*.) Затем специальное устройство несколько перемещает подложку, а тот же фотошаблон (маска) используется для печати следующей микросхемы. После того как микросхемы будут отпечатаны на всей подложке, едкая щелочь смоет те области, где свет воздействовал на фоторезистивное вещество, оставляя отпечатки фотошаблона (маски) конкретного слоя микросхемы и межслойные соединения (соединения между слоями), а также пути прохождения сигналов. После этого на подложку наносится другой слой полупроводника и вновь немного фоторезистивного вещества поверх него, затем используется следующий фотошаблон (маска) для создания очередного слоя микросхемы. Таким способом слои наносятся один поверх другого до тех пор, пока не будет полностью изготовлена микросхема (см. рис. 3.5).

Некоторые маски добавляют так называемый *слой металлизации*, используемый для соединения всех транзисторов и других компонентов. В большинстве микросхем для этого слоя используют алюминий, но в последнее время стали использовать медь. Первые коммерчески выпускаемые процессоры по 0,18-микронной технологии с медной монтажной схемой произведены компанией AMD на заводе в Дрездене, в то время как “медные” процессоры Pentium 4 с ядром Northwood создавались уже по 0,13-микронной технологии. Медь является лучшим токопроводящим материалом, чем алюминий, и позволяет создавать меньшие по размеру межкомпонентные соединения, обладающие более низким сопротивлением, благодаря чему становится возможной разработка более быстродействующих процессоров с уменьшенным кристаллом. Медь стала применяться лишь сравнительно недавно из-за проблем с коррозией этого металла в производственном цикле, что не характерно для алюминиевых схем.

Примечание

В микросхемах Pentium III и Celeron, содержащих ядро Coppermine с 0,18-микронной технологией, используется алюминиевая, но никак не медная схема соединений, как может показаться из его названия (“copper” в переводе с английского — медь). Оказывается, что название микросхемы никакого отношения к меди не имеет; она была названа в честь реки Coppermine, которая протекает в северо-западной части Канады. Компания Intel испытывает определенную симпатию к рекам (и другим геологическим структурам), расположенным в северо-западной части североамериканского континента, поэтому часто использует их в качестве кодовых названий. Например, предыдущая версия процессора Pentium III (0,25-микронный кристалл) имеет кодовое название Katmai (одна из рек штата Аляска). Кодовые названия существующих процессоров Intel напоминают дорожные заметки путешественника на плотах: Deerfield, Foster, Northwood, Tualatin, Gallatin, McKinley и Madison — это названия рек штатов Орегон, Калифорния, Аляска, Монтана, Массачусетс и Вермонт.

Сегодня все бо́льшую популярность приобретает технология SOI (silicon on insulator — кремний на изоляторе), которая приходит на смену классической технологии CMOS. Компания AMD применяет технологию SOI при производстве 0,09-микронных процессоров. Ожидается, что технология SOI, которая обеспечивает бо́льшую степень изоляции по сравнению с технологией CMOS, будет становиться все более и более популярной.

Когда обработка круговой подложки завершится, на ней фотоспособом будет отпечатано максимально возможное количество микросхем. Микросхема обычно имеет форму квадрата или прямоугольника, по краям подложки остаются некоторые свободные участки, хотя производители стараются использовать каждый квадратный миллиметр поверхности.

Промышленность переживает очередной переходный период в производстве микросхем. В последнее время наблюдается тенденция к увеличению диаметра подложки и уменьшению общих размеров кристалла, что выражается в уменьшении габаритов отдельных схем и транзисторов, а также расстояния между ними.

В 2002 году произошел переход с 0,18- на 0,13-микронную технологию, вместо алюминиевых межкристальных соединений начали использовать медные, при этом диаметр подложки увеличился с 200 мм (8 дюймов) до 300 мм (12 дюймов). Увеличение диаметра подложки до 300 мм позволяет удвоить количество изготавливаемых микросхем. Использование 0,13- и 0,09-микронной технологии дает возможность разместить на кристалле больше транзисторов при сохранении его приемлемых размеров и удовлетворительного процента выхода годных изделий.

В качестве примера того, как это может повлиять на параметры определенной микросхемы, рассмотрим процессор Pentium 4. Диаметр стандартной подложки, используемой в полупроводниковой промышленности в течение уже многих лет, равен 200 мм, или приблизительно 8 дюймам. Таким образом, площадь подложки достигает 31416 мм^2. Первая версия процессора Pentium 4, изготовленного на 200-миллиметровой подложке, содержала ядро Willamette, созданное на основе 0,18-микронной технологии с алюминиевыми контактными соединениями, расположенными на кристалле площадью около 217 мм^2. Процессор содержал 42 млн. транзисторов. На 200-миллиметровой (8-дюймовой) подложке могло разместиться до 101 подобной микросхемы.

В январе 2002 года Intel приступила к производству процессоров Pentium 4 на ядре Northwood, в котором 55 млн. транзисторов размещались на кристалле площадью 131 мм^2 благодаря 0,13-микронной технологии с медными соединениями. В ядре Northwood размер кэш-памяти второго уровня удвоился, как и в ядре Willamette (512 Кбайт вместо 256 Кбайт), поэтому и число транзисторов увеличилось. Но даже несмотря на это переход на 0,13-микронную технологию позволил уменьшить размер кристалла на 60%, что дало возможность размещать до 177 микросхем на стандартной подложке.

Позднее в 2002 году Intel перешла к производству кристаллов Northwood на большей, 300-миллиметровой, подложке площадью 70686 мм^2. Площадь этой подложки в 2,25 раза превышает площадь 200-миллиметровой, что позволяет практически удвоить количество микросхем, размещаемых на ней. Если говорить о процессоре Pentium 4 Northwood, то на

300-миллиметровой подложке можно разместить до 540 микросхем. Использование современной 0,13-микронной технологии в сочетании с подложкой большего диаметра позволило более чем в 3,7 раза увеличить выпуск процессоров Pentium 4. Во многом благодаря этому современные микросхемы зачастую имеют более низкую стоимость, чем микросхемы предыдущих версий.

В 2004 г. начался переход к 90-нанометровому (0,09-микронному) технологическому процессу, в 2006 г. — к 65-нанометровому, в 2008 г. — к 45-нанометровому. В 2010 г. осуществляется переход к 32-нанометровому процессу, который позволит выпускать процессоры, содержащие 1–2 млрд. транзисторов. Размер подложки останется равным 300 мм вплоть до 2014 г., когда планируется переход на подложки размером 450 мм.

В табл. 3.11 приведена информация о технологических процессах и размерах подложек на протяжении 30 лет с момента появления микропроцессоров (1971–2001 гг.). В табл. 3.12 даны сведения об изменениях с 2002 г. до наших дней, а также о грядущих изменениях вплоть до 2022 г.

Таблица 3.11. Основные сведения о технологиях производства процессоров в период с 1971 по 2001 год

Год	1971	1974	1976	1982	1989	1992	1994	1995	1997	1999	2001
Технологический процесс, мкм	10	6	3	1,5	1,0	0,8	0,6	0,35	0,25	0,18	0,13
Технологический процесс, нм	10000	6000	3000	1500	1000	800	600	350	250	180	130
Размер пластины, мм	50,8	76,2	100	100	150	200	200	200	200	200	200
Размер пластины, дюймов	2	3	4	4	6	6	8	8	8	8	8

Intel впервые использовала 150-миллиметровые пластины (6 дюймов) в 1983, а 200-миллиметровые (8 дюймов) — в 1993 году.

Таблица 3.12. Основные сведения о технологиях производства процессоров в период с 2002 по 2022 год

Год	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Технологический процесс, микрон	0,13	0,09	0,065	0,045	0,032	0,022	0,016	0,011	0,008	0,006	0,004
Технологический процесс, нм	130	90	65	45	32	22	16	11	8	6	4
Размер пластины, мм	300	300	300	300	300	300	450	450	450	450	450
Размер пластины, дюймов	12	12	12	12	12	12	18	18	18	18	18

Intel впервые использовала 300-миллиметровые пластины (12 дюймов) в 2002 году.

При вводе новой производственной линии не все микросхемы на подложке будут годными. Но по мере совершенствования технологии производства данной микросхемы возрастет и процент годных (работающих) микросхем, который называется *выходом годных* микросхем. В начале выпуска новой продукции выход годных микросхем может быть ниже 50%, однако ко времени, когда выпуск продукта данного типа прекращается, он достигает уже 90%. Большинство изготовителей микросхем скрывают реальные цифры выхода годных микросхем, поскольку знание фактического отношения годных микросхем к бракованным может быть на руку их конкурентам. Если какая-либо компания будет иметь конкретные данные о том, как быстро увеличивается выход годных микросхем у конкурентов, она может скорректировать цены на микросхемы или спланировать производство так, чтобы в критический момент усилить свое присутствие на рынке.

По завершении обработки подложки специальное устройство проверяет каждую микросхему на ней и отмечает некачественные, которые позже будут отбракованы. Затем микросхемы вырезаются из подложки с помощью высокопроизводительного лазера или алмазной пилы.

Когда кристаллы уже вырезаны из подложек, каждую микросхему испытывают отдельно, упаковывают и снова тестируют. Процесс упаковки называется *соединением*: после того как кристалл помещается в корпус, специальная машина соединяет тончайшими золотыми проводами выводы кристалла со штырьками (или контактами) на корпусе микросхемы. Затем микросхему упаковывают в специальный пакет — контейнер, который предохраняет ее от неблагоприятных воздействий внешней среды.

После того как выводы кристалла соединены со штырьками на корпусе микросхемы, а микросхема упакована, выполняется заключительное тестирование, чтобы определить правильность функционирования и номинальное быстродействие. Разные микросхемы одной и той же серии зачастую обладают различным быстродействием. Специальные тестирующие приборы заставляют каждую микросхему работать в различных условиях (при разных давлениях, температурах и тактовых частотах), определяя значения параметров, при которых прекращается ее корректное функционирование. Параллельно определяется максимальное быстродействие; после этого микросхемы сортируются по быстродействию и распределяются по приемникам: микросхемы с близкими параметрами попадают в один и тот же приемник.

Интересно отметить, что чем большим опытом в создании процессоров обладает производитель, доводя до совершенства производственную линию сборки микросхем, тем больше выпускается высокоскоростных версий последних. В результате из всех микросхем на одной подложке примерно 75% являются высокоскоростными версиями и лишь 25% работают на меньшей тактовой частоте. Парадокс заключается в том, что компания Intel зачастую продает намного больше дешевых низкоскоростных процессоров за счет блокирования частоты высокопроизводительных микросхем, которые маркируются как процессоры с низкой частотой. В результате некоторые пользователи обнаружили, что многие процессоры могут работать на гораздо большей тактовой частоте, чем на них указано, что и привело к появлению такого понятия, как *разгон*.

Перемаркировка процессора

Узнав об описанной выше практике производителей, недобросовестные поставщики занялись перемаркировкой процессоров с низкой тактовой частотой, выдавая их за более быстрые версии. Ценовой разрыв между процессорами одной модели с разными тактовыми частотами может быть существенным и составлять сотни долларов, поэтому изменение всего лишь пары цифр на корпусе процессора позволяет получить немалые прибыли. Большинство процессоров Intel и AMD обладают большим запасом надежности и могут без особых проблем работать на повышенных частотах. Безусловно, все зависит от того, насколько процессор изначально был разогнан. Если перейти критическую черту, система может либо работать с перебоями, либо вообще не работать.

Перемаркированные микросхемы сначала создавались путем удаления фабричных обозначений и нанесения новых номеров. Подобный подлог было несложно обнаружить. Затем в ход пошли созданные вручную корпуса процессоров, особенно с разъемом Slot 1 и Slot A. Хотя создание пластикового корпуса и замена им фабричной оболочки — задача довольно сложная, прибыльность подобного занятия привлекла немало злоумышленников. Этот способ перемаркировки является уже организованным преступлением и отличается от перемаркировки, сделанной любопытным пользователем в гараже с помощью наждачной бумаги и штемпеля.

Компании Intel и AMD решили бороться с перемаркировкой процессоров, введя защиту от разгона в виде заблокированного коэффициента умножения (на этот шаг компании были вынуждены пойти более десяти лет назад). Как правило, блокирование коэффициента умножения осуществляется на этапе корпусировки процессоров; после этого изменить коэффициент умножения уже невозможно. Поэтому разгон процессора можно осуществлять, только увеличивая частоту шины, а значит, это становится уделом энтузиастов, но никак не привлекательным занятием для мошенников. Если вы точно знаете, что делать, то всегда сможете заставить работать процессор на более высокой частоте относительно номинала, увеличив частоту шины процессора.

Процессоры последних версий менее восприимчивы к приемам подобного рода. Чтобы защитить себя от покупки фальсифицированных микросхем, сверьте номера спецификаций и серийные номера с существующей документацией Intel и AMD. Следующее, на что необходимо обратить внимание, — место покупки аппаратного обеспечения. Чрезвычайно опасно покупать что-либо на сайтах разнообразных интернет-аукционов, так как покупателю там могут подсунуть все что угодно. Рассадником фальсифицированных аппаратных средств также могут быть передвижные выставки-продажи компьютерной техники. Настоятельно рекомендуется приобретать только "коробочные" версии процессоров Intel и AMD, а не их OEM-версии. В коробке вместе с процессором находятся высококачественный радиатор, документация и трехлетняя гарантия от производителя.

Подделка компьютерных компонентов не ограничивается только процессорами. Мне приходилось видеть поддельную память (SIMM/DIMM), фальсифицированные манипуляторы "мышь", фальшивые видеокарты, платы SCSI, микросхемы кэш-памяти, поддельные операционные системы и приложения, "левые" системные платы. Такие аппаратные средства, как ни странно, действительно работают, но обладают гораздо худшими характеристиками, чем настоящие. Например, одним из наиболее часто подделываемых аппаратных компонентов является мышь Microsoft. Оптовая цена мыши изначально составляла 35 долларов, в то время как эти же устройства сторонних производителей стоили гораздо дешевле, например 2 доллара. И вот кому-то в голову пришла "светлая" мысль — сделать 2-долларовую мышь похожей на мышь Microsoft, после чего продать ее "со скидкой" — всего лишь за 20 долларов. Многие из тех, кто купили такую мышь, до сих пор уверены, что совершили выгодную сделку.

Корпус PGA

Корпус типа PGA до недавнего времени был самым распространенным. Он использовался начиная с 1980-х годов для процессоров 286 и продолжает применяться до сего дня, хотя и не для всех процессоров. На нижней части корпуса микросхемы находится массив штырьков, расположенных в виде решетки. Корпус PGA вставляется в гнездо типа ZIF (Zero Insertion Force — нулевая сила вставки). Гнездо ZIF имеет рычаг для упрощения процедуры установки и удаления чипа.

Для большинства процессоров Pentium используется разновидность PGA — SPGA (Staggered Pin Grid Array — шахматная решетка массива штырьков), на которой штырьки на нижней стороне чипа расположены в шахматном порядке, а не в стандартном — по строкам и столбцам. Это было сделано для того, чтобы уплотнить штырьки и уменьшить занимаемую микросхемой площадь. На рис. 3.6, *справа* показан корпус Pentium Pro, на котором штырьки расположены по двойному шаблону SPGA; рядом с ним — обычный корпус процессора Pentium 66. Обратите внимание, что на верхней половине корпуса Pentium Pro имеются дополнительные штырьки, которые расположены среди других строк и столбцов в шахматном порядке.

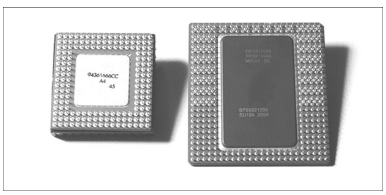


Рис. 3.6. Pentium 66 в корпусе PGA (слева) и Pentium Pro в корпусе SPGA, на котором штырьки расположены по двойному шаблону (справа)

В ранних версиях корпуса PGA кристалл процессора устанавливался лицевой стороной вниз в специальную полость, находящуюся ниже поверхности подложки. После этого кристалл прикреплялся к корпусу микросхемы сотнями тончайших золотых проводков, соединяющих контакты микросхемы с внутренними контактами корпуса. После выполнения про-

водного соединения полость корпуса закрывалась специальной металлической крышкой. Подобный способ изготовления микросхем оказался слишком дорогим и трудоемким, поэтому были разработаны более дешевые и эффективные методы упаковки.

Большинство современных процессоров собираются в корпусе с матричным расположением штырьковых выводов на обратной стороне кристалла (Flip-Chip Pin Grid Array — FC-PGA). Процессоры этого типа все еще устанавливаются в разъем PGA, но сам корпус стал значительно проще. При использовании корпуса FC-PGA необработанный кристалл кремния устанавливается лицевой стороной вниз на верхнюю часть подложки микросхемы. При этом проволочное соединение заменяется аккуратной пайкой контактов по периметру кристалла. Края кристалла заливаются эпоксидной смолой. В оригинальных версиях корпуса FC-PGA пользователь может увидеть тыльную часть необработанного кристалла, установленного в этой микросхеме.

К сожалению, существует целый ряд проблем, связанных с закреплением радиатора на корпусе микросхемы FC-PGA. Радиатор "сидит" на верхней части кристалла, который служит его основанием. Если к одной из сторон радиатора во время его установки (например, при подсоединении зажима) приложить чрезмерное усилие, можно расколоть кристалл кремния и повредить микросхему. Поскольку радиаторы становятся все больше и тяжелее, увеличивается и усилие, необходимое для их установки.

Компания AMD попыталась уменьшить вероятность повреждения, установив в корпусе процессора Athlon XP специальные резиновые прокладки, предотвращающие чрезмерный наклон радиатора во время установки. К сожалению, эластичность используемых прокладок не позволяет полностью избежать опасности повреждения микросхемы при установке радиатора.

В компании Intel была создана новая версия корпуса FC-PGA2, используемая в более современных процессорах Pentium III и во всех процессорах Pentium 4. Этот корпус включает в себя специальный теплораспределитель — металлическую защитную крышку, расположенную на верхней части кристалла. Эта крышка позволяет устанавливать большие и довольно тяжелые радиаторы, не опасаясь потенциального повреждения ядра процессора. Как это ни парадоксально, первый подобный теплорассеиватель был применен компанией AMD в своих процессорах серии K6.

Семейство процессоров Athlon 64 предполагает несколько иной способ крепления теплоотвода по сравнению с Athlon XP. В Athlon 64 теплоотвод закрепляется на специальной рамке, прикрученной к системной плате. Кроме того, процессоры Athlon 64, Opteron и версии Sempron для Socket 754 оснащены теплорассеивателем, который позволяет устанавливать большие и тяжелые теплоотводы без угрозы повреждения ядра процессора.

В будущем появится корпус, получивший название *безударная послойная сборка* (Bumpless Build-Up Layer — BBUL), при которой кристалл полностью заключается в корпус; фактически стенки корпуса формируются вокруг кристалла и поверх него, образуя полностью герметичную конструкцию. Корпус подобного типа охватывает кристалл микросхемы, создавая при этом плоскую поверхность, необходимую для установки радиатора, а также укорачивая схему внутренних соединений в корпусе. Этот корпус создается специально для процессоров, которые будут работать на сверхвысоких тактовых частотах от 20 ГГц.

Корпуса SEC и SEP

В период с 1997-го по 2000-й год в компаниях Intel и AMD использовались модули процессоров, выполненные на основе картриджей или плат. Подобная компоновка, называемая *картриджем с односторонним контактом* (Single Edge Contact Cartridge — SECC) или *процессором с односторонним контактом* (Single Edge Processor Package — SEPP), включает в себя центральный процессор и несколько отдельных микросхем кэш-памяти второго уровня, собранных на монтажной плате, похожей на модули памяти большого размера и установленной в соответствующий разъем. В некоторых случаях монтажные платы закрывались специальными пластмассовыми крышками.

Корпус SEC представляет собой новаторскую, правда, несколько громоздкую конструкцию, включающую в себя рабочую шину процессора и внешнюю кэш-память второго уровня. Этот корпус использовался в качестве оптимального метода интегрирования кэш-памяти второго уровня в процессор до появления возможности ее включения непосредственно в кристалл процессора.

Корпус SEP (Single Edge Processor — корпус с одним процессором) является более дешевой разновидностью корпуса SEC. В нем нет верхней пластмассовой крышки, и может не устанавливаться кэш-память второго уровня (или же устанавливается меньший объем). Корпус SEP вставляется в разъем Slot 1. Чаще всего в корпус SEP помещают недорогие процессоры, например Celeron.

Разъем системной платы Slot 1 имеет 242 контакта. Размеры разъема Slot 1 показаны на рис. 3.7. Корпус SEC или SEP, внутри которого находится процессор, вставляется в Slot 1 и фиксируется специальной скобой. Иногда имеется крепление для системы охлаждения процессора. На рис. 3.8 показаны части крышки, из которых состоит картридж SEC. Обратите внимание на большую пластину, рассеивающую тепло, выделяемое процессором. Корпус SEP показан на рис. 3.9.

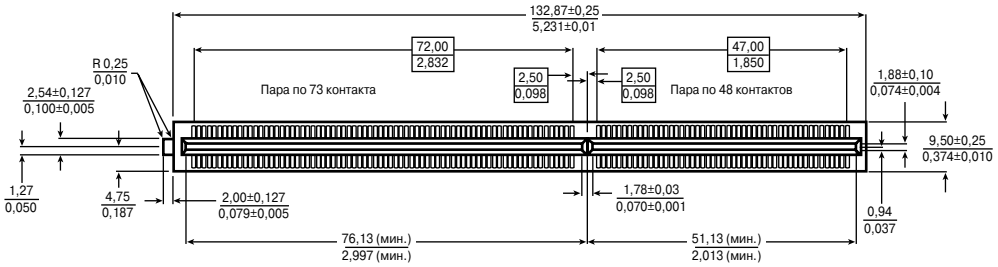


Рис. 3.7. Размеры разъема Slot 1 для процессора Pentium II

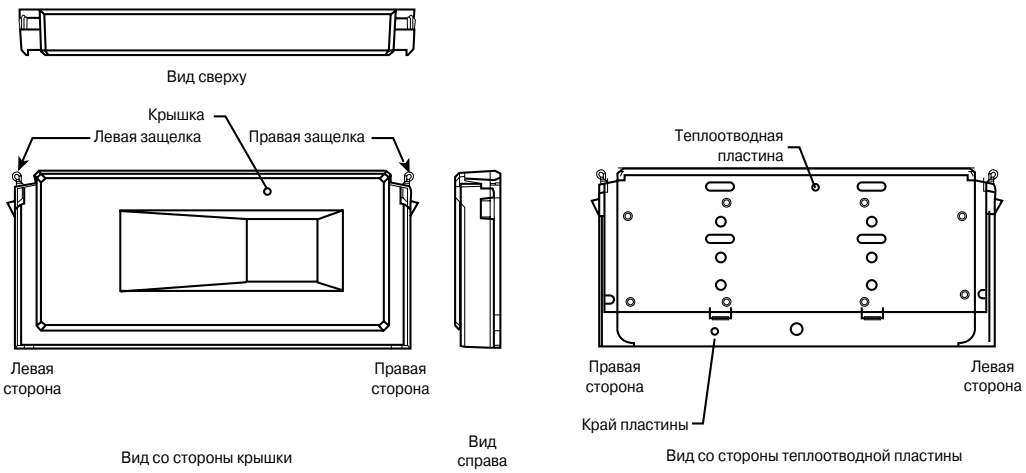


Рис. 3.8. Детали корпуса SEC для процессора Pentium II

Процессор Pentium III упаковывается в корпус, который называется SECC2 (Single Edge Contact Cartridge, версия 2). Этот корпус является разновидностью корпуса SEC. Крышка расположена с одной стороны, а с другой стороны непосредственно к микросхеме прикрепляется охлаждающий элемент. Такое конструктивное решение позволяет более эффективно от-

водить от процессора тепло. Процессоры в этом корпусе вставляются в разъемы Slot 1. Корпус SECC2 показан на рис. 3.10.

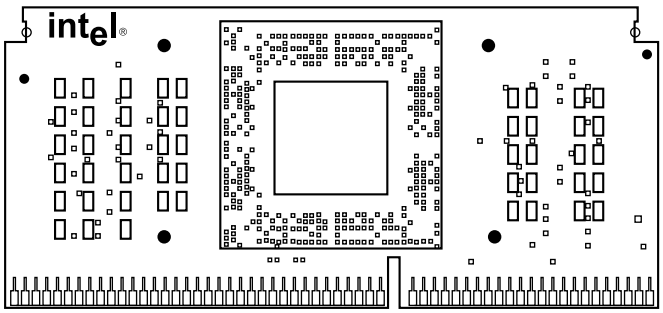


Рис. 3.9. Процессор Celeron в корпусе SEP

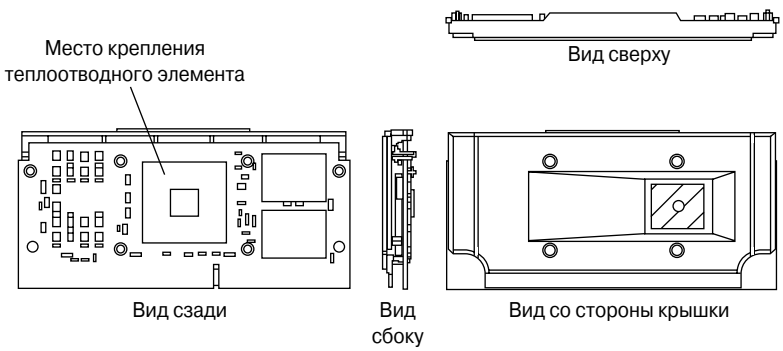


Рис. 3.10. Корпус SECC2 процессоров Pentium II/III

Появление корпусов подобного типа связано с тем, что включить кэш-память в кристалл ядра центрального процессора было невозможно. Когда появились конструкции, позволяющие ввести кэш-память второго уровня непосредственно в кристалл процессора, необходимость в использовании корпусов SEC и SEP отпала, и разработчики снова вернулись к корпусу PGA.

Гнезда для процессоров

Компании Intel и AMD разработали целый ряд типов гнезд и разъемов, предназначенных для установки процессоров. Характеристики типов гнезд и разъемов для процессоров от 486-го до самых новых приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13. Типы гнезд и разъемов для процессоров и их специфика ции

Класс процессора	Тип гнезда	Количество контактов	Расположение контактов	Напряжение, В	Поддерживаемые процессоры	Дата появления на рынке
486	Socket 1	169	17×17 PGA	5	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD	Апрель 1989 г.
	Socket 2	238	19×19 PGA	5	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD, 486 Pentium OD	Март 1992 г.
	Socket 3	237	19×19 PGA	5/3,3	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, 486 Pentium OD, AMD 5x86	Февраль 1994 г.

Окончание табл. 3.13

Класс процессора	Тип гнезда	Количество контактов	Расположение контактов	Напряжение, В	Поддерживаемые процессоры	Дата появления на рынке
	Socket 6[1]	235	19×19 PGA	3,3	486 DX4, 486 Pentium OD	Февраль 1994 г.
586	Socket 4	273	21×21 PGA	5	Pentium 60/66, OD	Март 1993 г.
	Socket 5	320	37×37 SPGA	3,3/3,5	Pentium 75-133, OD	Март 1994 г.
	Socket 7	321	37×37 SPGA	VRM	Pentium 75-233+, MMX, OD, AMD K5/K6, Cyrix M1/II	Июнь 1995 г.
686	Socket 8	387	Dual-pattern SPGA	Auto VRM	Pentium Pro, OD	Ноябрь 1995 г.
	Slot 1(SC242)	242	Slot	Auto VRM	Pentium II/III, Celeron SECC	Май 1997 г.
	Socket 370	370	37×37 SPGA	Auto VRM	Celeron/Pentium III PPGA/FC-PGA	Ноябрь 1998 г.
Intel Pentium 4/ Core	Socket 423	423	39×39 SPGA	Auto VRM	Pentium 4 FC-PGA	Ноябрь 2000 г.
	Socket 478	478	26×26 mPGA	Auto VRM	Pentium 4/Celeron FC-PGA2	Октябрь 2001 г.
	Socket T (LGA775)	775	30×33 LGA	Auto VRM	Pentium 4/Celeron LGA775	Июнь 2004 г.
AMD K7	Slot A	242	Slot	Auto VRM	AMD Athlon SECC	Июнь 1999 г.
	Socket A (462)	462	37×37 SPGA	Auto VRM	AMD Athlon XP/Duron PGA/FC-PGA	Июнь 2000 г.
AMD K8/K9/K10	Socket 754	754	29×29 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64	Сентябрь 2003 г.
	Socket 939	939	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64 v.2	Июнь 2004 г.
	Socket 940	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX, Opteron	Апрель 2003 г.
	Socket AM2	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX,, X2	Май 2006 г.
	Socket F	1207	35×35 LGA	Auto VRM	AMD Athlon QuadFX, Opteron	Август 2006 г.
Серверные решения и рабочие станции	Slot 2 (SC330)	330	Slot	Auto VRM	Pentium II/III Xeon	Апрель 1998 г.
	Socket 603	603	31×25 mPGA	Auto VRM	Xeon (P4)	Май 2001 г.
	Socket 604	604	31×25 mPGA	Auto VRM	Xeon (P4)	Октябрь 2003 г.
	Socket PAC418	18	38×22	Auto VRM split SPGA	Itanium	Май 2001 г.
	Socket PAC611	611	25×28	Auto VRM mPGA	Itanium 2	Июль 2002 г.
	Socket 940	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX, Opteron	Апрель 2003 г.

1. Гнездо Socket 6 не нашло применения в реальных системах.

FC-PGA — Flip-Chip Pin Grid Array (перевернутое гнездо с сеткой контактов).

FC-PGA2 — FC-PGA with an Integrated Heat Spreader (IHS) (гнездо FC-PGA с интегрированным теплорассеивателем).

OD — OverDrive (процессоры, предназначенные для модернизации существующих систем).

PAC — Pin Array Cartridge (картридж с массивом контактов).

PGA — Pin Grid Array (массив штырьковых контактов).

PPGA — Plastic Pin Grid Array (массив штырьковых контактов в пластиковом корпусе).

SC242 — Slot connector, 242 pins (242-контактный разъем).

SC330 — Slot connector, 330 pins (330-контактный разъем).

SECC — Single Edge Contact Cartridge (картридж с однорядным расположением контактов).

SPGA — Staggered Pin Grid Array (корпус с шахматным расположением выводов).

MPGA — Micro Pin Grid Array (массив штырьковых контактов в миниатюрном исполнении).

VRM — Voltage Regulator Module (модуль стабилизатора напряжения). Позволяет задавать необходимое напряжение с помощью перемычек.

Auto VRM — модуль стабилизатора напряжения; позволяет задавать напряжение, определяемое контактами VID (Voltage ID — идентификатор напряжения).

Разъемы Socket 1, 2, 3 и 6, предназначенные для установки процессоров 486, показаны на рис. 3.11, а разъемы Socket 4, 5, 7 и 8, предназначенные для установки процессоров Pentium и Pentium Pro, — на рис. 3.12, что позволяет сравнить их размеры и схемы расположения контактов. Подробные схемы отдельных гнезд представлены в соответствующих разделах.

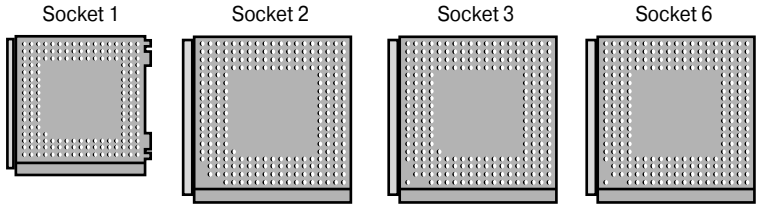


Рис. 3.11. Гнезда для процессора 486

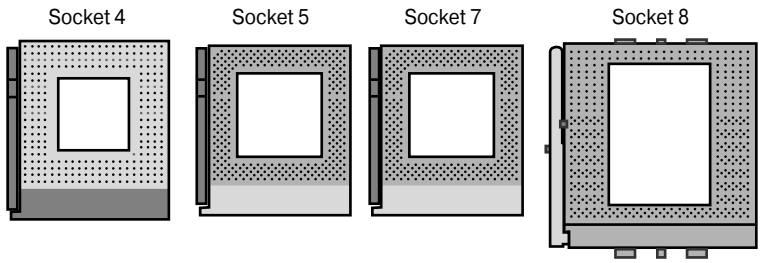


Рис. 3.12. Гнезда для процессоров Pentium и Pentium Pro

Когда компания Intel разработала спецификацию гнезда Socket 1, оказалось, что, для того чтобы установить процессор в стандартное гнездо Socket 1, нужно приложить усилие (силу вставки), равное 100 фунтам. Приложив такое большое усилие, можно легко повредить микросхему или гнездо во время удаления или переустановки. Учитывая это, некоторые изготовители системных плат стали использовать гнездо LIF (Low Insertion Force — небольшая сила вставки); для установки в это гнездо микросхемы со 169 штырьками обычно требовалось усилие 60 фунтов. При установке процессора в стандартное гнездо или LIF я советовал бы вынимать системную плату, чтобы вы могли поддерживать ее с другой стороны, когда вставляете микросхему. Однако и усилие в 60 фунтов может повредить системную плату; кроме того, требуется специальный инструмент для удаления микросхемы из гнезда такого типа. Необходимо было разработать другой тип гнезда, чтобы пользователь мог легко заменить центральный процессор.

Таким гнездом стало специальное гнездо *ZIF* (Zero Insertion Force — нулевая сила вставки). Его начали применять в системных платах вместо гнезда Socket 1 и в гнездах Socket 2 и последующих. Тип гнезда ZIF просто необходим для уменьшения усилий при вставке микросхем с большим числом и плотностью контактов. Гнезда ZIF практически устраняют риск повреждения процессора при его вставке и извлечении, поскольку для этих операций не требуются ни особые усилия, ни специальные инструменты. Большинство разъемов ZIP оснащено специальным рычагом. Сначала нужно поднять этот рычаг, затем вставить микросхему в гнездо и опустить рычаг. Такая схема действий упрощает процесс вставки и извлечения процессора.

В следующих разделах подробно рассмотрены гнезда, которые вам наверняка встретятся в работающих ПК.

Socket 370 (PGA-370)

В ноябре 1998 года Intel представила новое гнездо для процессоров класса P6. Оно получило название Socket 370 (PGA-370), так как содержало 370 выводов (штырьков) и первоначально разрабатывалось для более дешевых процессоров Celeron и Pentium III версий PGA. Платформа Socket 370 предназначалась для вытеснения с рынка систем среднего и нижнего уровней архитектуры Super7 (что ей вполне удалось), поддерживаемой компаниями AMD и Cyrix. Новое гнездо позволяет использовать менее дорогие процессоры, монтажные системы, радиаторы и тому подобное, тем самым снижая стоимость всей конструкции. Первоначально все процессоры Celeron и Pentium III выпускались в исполнении SECC или SEPP. В целом эта конструкция представляла собой монтажную плату, содержащую процессор и кэш-память второго уровня, установленную на отдельной плате, которая подключалась к системной плате через разъем Slot 1. Микросхема кэша второго уровня являлась частью процессора, но не была непосредственно в него интегрирована. Модуль многокристальной микросхемы был разработан Intel для процессора Pentium Pro, стоимость которого, однако, оказалась слишком высокой. Плата с отдельно расположенными микросхемами была гораздо дешевле, поэтому процессор Pentium II и отличался от своего предшественника.

Компания Intel, начиная с процессора Celeron 300A (представленного в августе 1998 года), объединяет кэш-память второго уровня непосредственно с кристаллом процессора; разделенные микросхемы больше не применяются. При использовании полностью интегрированной кэш-памяти отпадает необходимость в установке процессора на отдельной плате. Следует заметить, что для снижения себестоимости Intel вернулась к гнездовой конструкции, которая была использована, в частности, в процессоре Celeron.

Расположение выводов гнезда Socket 370 (PGA-370) показано на рис. 3.13.

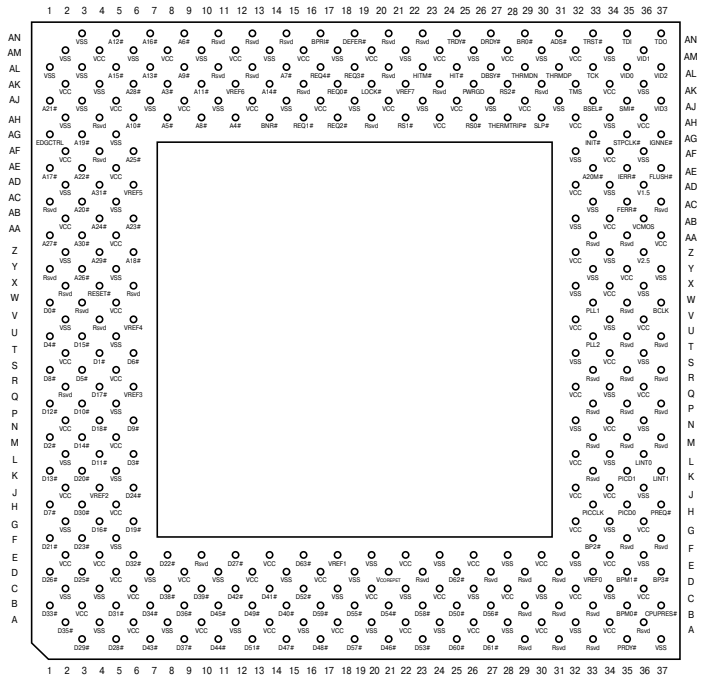


Рис. 3.13. Гнездо типа Socket 370 (PGA-370)

Все процессоры Celeron с рабочей частотой 333 МГц и ниже доступны только в корпусе Slot 1, 366–433 МГц — как в корпусе Slot 1, так и в Socket 370, а начиная с модели 466 МГц и до 1,4 ГГц — только в исполнении Socket 370. Процессоры в исполнении Socket 370 (PGA-370) можно устанавливать в разъем Slot 1; для этого необходимо приобрести специальный переходник PGA–Slot 1.

В октябре 1999 года Intel анонсировала процессоры Pentium III с интегрированной кэш-памятью, которые подключались к гнезду Socket 370. В этих процессорах использовался корпус FC-PGA (Flip Chip Pin Grid Array). Скорее всего, именно этот корпус будет использоваться в последующих версиях процессоров Intel.

Некоторые системные платы Socket 370 не поддерживают новые процессоры Pentium III и Celeron в корпусе FC-PGA. Это связано с тем, что новые процессоры имеют два вывода RESET и им нужна поддержка спецификации питания VRM 8.4. Предшествующие системные платы, разработанные только для процессоров Celeron, относятся к *традиционным системным платам*, а более новые, поддерживающие второй вывод RESET и спецификацию VRM 8.4, называются *улучшенными системными платами*. Чтобы выяснить, относится ли гнездо к компонентам расширенных версий, обратитесь к производителям системной платы или системы. Некоторые системные платы, к числу которых принадлежит Intel CA810, поддерживают спецификацию VRM 8.4 и обеспечивают соответствующее напряжение. Однако без поддержки вывода Vtt процессор Pentium III в корпусе FC-PGA будет удерживаться в положении RESET#.

Установка нового процессора в корпусе FC-PGA в старую системную плату не приведет к выходу из строя последней, скорее всего, можно повредить сам процессор. Дело в том, что Pentium III, изготовленный по 0,18-микронной технологии, использует напряжение питания 1,60–1,65 В, в то время как в устаревших платах рабочее напряжение равно 2,00 В. Существует также вероятность того, что системная плата выйдет из строя. Это может произойти в том случае, если BIOS системной платы не сможет правильно идентифицировать напряжение процессора. Чтобы гарантировать совместимость системной платы и BIOS, обратитесь перед установкой к производителю компьютера или системной платы.

Конструкция системной платы с разъемом Slot 1 позволяет поддерживать практически все процессоры Celeron, Pentium II или Pentium III, в том числе и “гнездовые” версии процессоров Celeron и Pentium III. Для этого следует воспользоваться адаптером типа Slot-socket, который иногда называется также *slot-ket*. Этот адаптер, по существу, представляет собой плату Slot 1, содержащую только гнездо Socket 370, что позволяет использовать процессор PGA в любой плате Slot 1. Пример типичного адаптера *slot-ket* приведен в разделе, посвященном процессорам Celeron.

Socket 423

Гнездо ZIF-типа Socket 423 (рис. 3.14) анонсировано в ноябре 2000 года для процессора Pentium 4 (кодовое название — Willamette).

Архитектура Socket 423 поддерживает шину процессора 400 МГц, соединяющую процессор с ядром контроллера памяти (Memory Controller Hub — MCH), который является основной частью микропроцессорного набора системной платы. Процессоры Pentium 4 с рабочей частотой 2 ГГц обычно используются с разъемом Socket 423; для более быстрых версий необходим разъем Socket 478.

В конструкции Socket 423 используется уникальный метод установки радиатора, состоящий в применении крепежных элементов, присоединенных к корпусу системного блока или к специальной пластине, расположенной ниже системной платы. Подобная конструкция была разработана для того, чтобы выдерживать вес большого радиатора, необходимого для работы

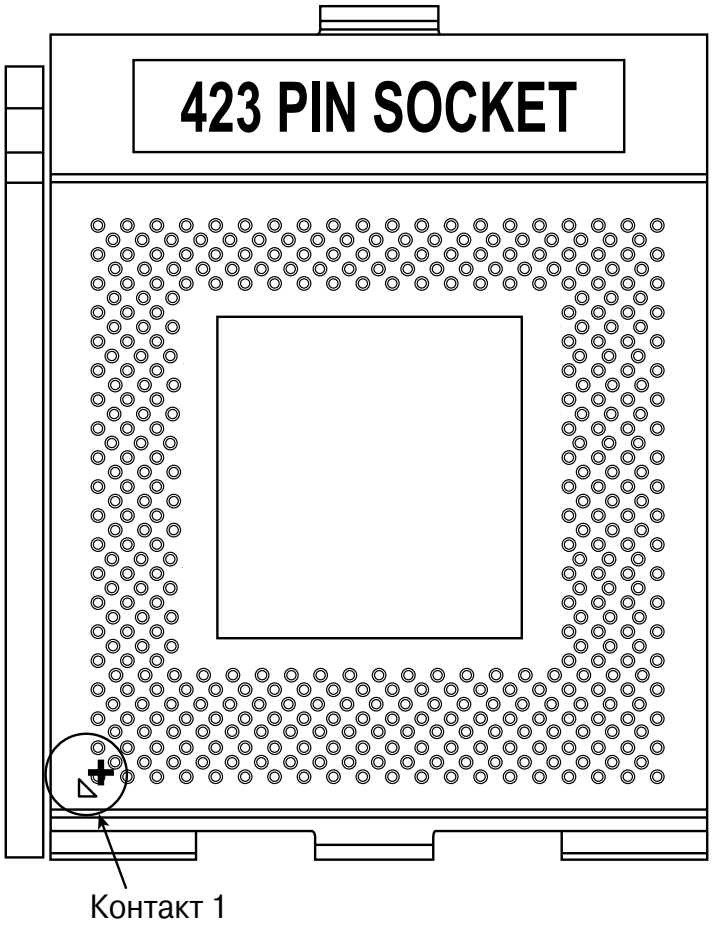


Рис. 3.14. Расположение вывода 1 гнезда Socket 423 (Pentium 4)

Pentium 4. По этой причине для установки системных плат с гнездом Socket 423 часто требуется специальный блок, содержащий дополнительные элементы жесткости. К счастью, с появлением нового гнезда Socket 478, предназначенного для Pentium 4, потребность в использовании дополнительных конструктивных элементов исчезла.

В процессоре используется пять выводов идентификатора напряжения (VID), благодаря которым с помощью модуля VRM, встроенного в системную плату, можно задать точное значение необходимого напряжения для определенного процессора. Это позволяет автоматически устанавливать величину напряжения. Первые версии Pentium 4 используют напряжение питания 1,7 В, которое может измениться в следующих моделях. Маленькая треугольная метка в одном из углов указывает расположение вывода 1, тем самым помогая правильно установить микросхему.

Socket 478

Гнездо ZIF-типа Socket 478 анонсировано в октябре 2001 года для процессоров Pentium 4 и Celeron 4 (основан на ядре Pentium 4). Это гнездо было разработано специально для поддержки дополнительных контактов будущих процессоров Pentium 4 с тактовой частотой более 2 ГГц. Монтаж радиатора выполняется иначе, чем в ранее использовавшемся гнезде Socket 423, что позволяет устанавливать на центральный процессор радиаторы больших размеров. Гнездо Socket 478 показано на рис. 3.15.

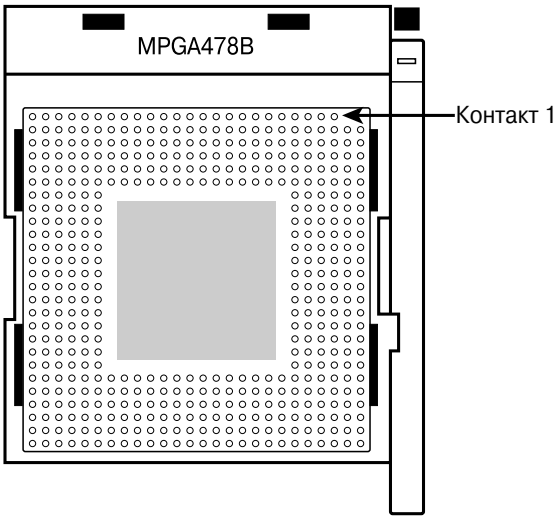


Рис. 3.15. Расположение вывода 1 гнезда Socket 478 (Pentium 4)

Архитектура Socket 478 поддерживает шину процессора 400, 533 и 800 МГц, соединяющую процессор с ядром контроллера памяти (Memory Controller Hub — MCH), который является основной частью набора микросхем системной платы.

В конструкции Socket 478 используется новый метод крепления радиатора, благодаря которому теплоотвод устанавливается непосредственно на системную плату, а не в разъем центрального процессора или крепежный блок (как, например, Socket 423). Таким образом, для установки гнезда может использоваться любой стандартный крепежный блок без монтажа дополнительных элементов жесткости, необходимых для установки плат Socket 423. Новая компоновка радиатора позволяет увеличить величину монтажного зазора между радиатором и процессором, что улучшает его охлаждение.

В процессорах Socket 478 используется пять выводов идентификатора напряжения (VID), позволяющих с помощью модуля VRM, встроенного в системную плату, автоматически задавать точное напряжение для центрального процессора. Маленькая треугольная метка в одном из углов указывает расположение вывода 1, помогая тем самым правильно установить микросхему.

Socket LGA775 (Socket-T)

Гнездо LGA775 (также называемое *Socket-T*) предназначено для установки новейших версий процессоров Core 2 Duo/Quad, последних версий Intel Pentium 4 Prescott, процессоров Pentium D и Pentium Extreme Edition, а также некоторых версий Celeron и Celeron D. Гнездо Socket T уникально тем, что штырьковые контакты расположены на самом гнезде, а не на процессоре.

В разъемах LGA на нижней части подложки находятся золотые гнезда, заменившие собой штырьки разъемов PGA. При установке процессоров в гнездо LGA можно прикладывать большие усилия, благодаря чему обеспечиваются лучшая стабильность и охлаждение. На самом деле LGA — это аналог корпуса процессоров LCC (Leadless Chip Carrier), который использовался при производстве процессоров 286 в 1984 году. В то же время корпус LGA имеет что-то общее с корпусом BGA (Ball Grid Array), однако он намного лучше подходит для установки в гнезда. Первые корпуса LCC были керамическими, в то время как корпуса LGA процессоров Pentium II — пластиковыми, предназначенными для закрепления на картридже. Современные корпуса LGA органические и устанавливаются в гнездо. Можно сказать, что корпуса LGA процессоров Pentium 4 используют несколько технологий, которые уже применялись в прошлом, в том числе OLGA — при создании подложки и C4 — при создании ядра (рис. 3.16).

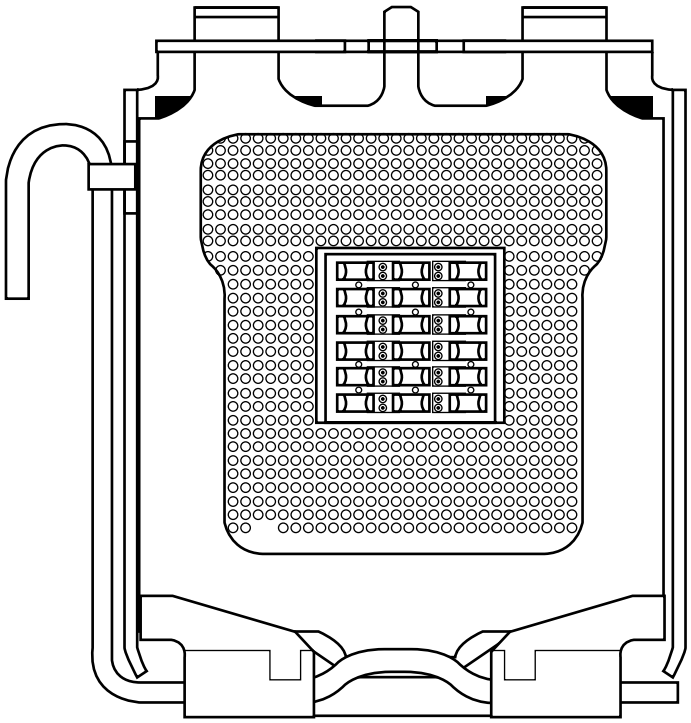


Рис. 3.16. Socket T. Рычаг слева позволяет поднять пластину и положить процессор на контакты

Socket LGA1156

Гнездо Socket LGA1156 (также известное как Socket H) было представлено в сентябре 2009 года; оно предназначено для поддержки процессоров семейства Intel Core i Series с функциями северного моста, включая двухканальный контроллер памяти DDR3, а также опциональный интегрированный видеоадаптер. Гнездо Socket LGA1156 использует формат LGA, а значит, контактные ножки расположены на гнезде, а не процессоре. Гнездо Socket LGA1156 показано на рис. 3.17.

Поскольку процессор включает северный мост, гнездо Socket LGA1156 предназначено для обеспечения взаимодействия с микросхемой PCH (Platform Controller Hub — контроллер платформы); PCH — новое название компонента, известного как южный мост, в наборах микросхем семейства 5x. Гнездо LGA1156 поддерживает интерфейсы, перечисленные ниже.

- **PCI Express x16 v2.0.** Предназначен для подключения одного разъема PCIe x16 или двух разъемов PCIe x8 для установки видеоадаптеров.
- **DMI (Direct Media Interface).** Предназначен для обмена данными между процессором и микросхемой PCH. Фактически DMI — это модифицированный канал PCI Express x4 v2.0 с пропускной способностью 2 Гбайт/с.
- **Двухканальный интерфейс DDR3.** Предназначен для обеспечения взаимодействия контроллера памяти, интегрированного в процессор, с модулями DDR3 SDRAM в двухканальной конфигурации.
- **FDI (Flexible Display Interface).** Интерфейс для взаимодействия опционального интегрированного в процессор видеоадаптера и микросхемы PCH.

При использовании процессоров с интегрированным видеоадаптером интерфейс Flexible Display Interface отвечает за передачу цифровых видеоданных от видеоадаптера к микросхеме PCH. В зависимости от модели системной платы поддерживаются интерфейсы DisplayPort, HDMI, DVI или VGA.

Socket LGA1366

Гнездо Socket LGA1366 (также известное как Socket B) было представлено в ноябре 2008 года; оно предназначено для поддержки процессоров семейства Intel Core i Series, включая трехканальный контроллер памяти DDR3, однако при этом также требуется и отдельная микросхема серверного моста, получившая название IOH (I/O Hub). Гнездо Socket LGA1366 использует формат LGA, а значит, контактные ножки расположены на гнезде, а не процессоре. Гнездо Socket LGA1366 показано на рис. 3.18.

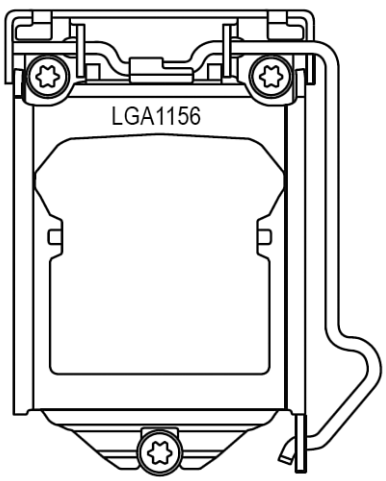


Рис. 3.17. Гнездо Socket LGA1156 (Socket H)

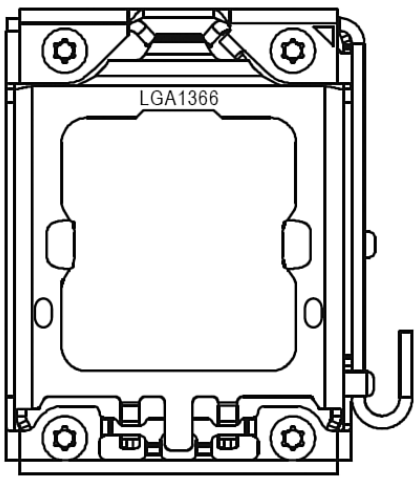


Рис. 3.18. Гнездо Socket LGA1366 (Socket B)

Гнездо Socket LGA1366 предназначено для обеспечения взаимодействия с микросхемой IOH (I/O Hub — контроллер ввода-вывода); IOH — новое название компонента, известного как северный мост, в наборах микросхем семейства 5x. Гнездо LGA1366 поддерживает следующие интерфейсы.

- **QPI (Quick Path Interconnect).** Интерфейс для передачи данных между процессором и микросхемой IOH (I/O Hub). QPI передает два байта за такт с частотой 4,8 или 6,4 ГГц, что обеспечивает пропускную способность 9,6 или 12,8 Гбайт/с.

- **Трехканальный интерфейс DDR3.** Предназначен для обеспечения взаимодействия контроллера памяти, интегрированного в процессор, с модулями DDR3 SDRAM в трехканальной конфигурации.

Гнездо LGA1366 предназначено для производительных ПК, рабочих станций или серверов; оно поддерживает также многопроцессорные конфигурации.

Socket A (Socket 462)

В июне 2000 года компания AMD представила гнездо Socket A (называемое также Socket 462), предназначенное для поддержки процессоров Athlon и Duron версии PGA. Это гнездо разрабатывалось для замены разъема Slot A, используемого изначальным процессором Athlon. В настоящее время в процессорах Athlon и Duron используется встроенная кэш-память второго уровня, поэтому дорогой корпус, предназначенный для первых версий процессора Athlon, больше не нужен.

Гнездо Socket A (Socket 462) содержит 462 контакта и имеет те же размеры, что и Socket 370 (рис. 3.19). Однако поместить процессор для гнезда Socket 370 в Socket A невозможно. Это гнездо поддерживает 31 значение напряжения питания в диапазоне 1,100–1,850 В с шагом 0,025 В (контакты процессора VID–VID4). Блок регулирования напряжения питания встроен в системную плату.

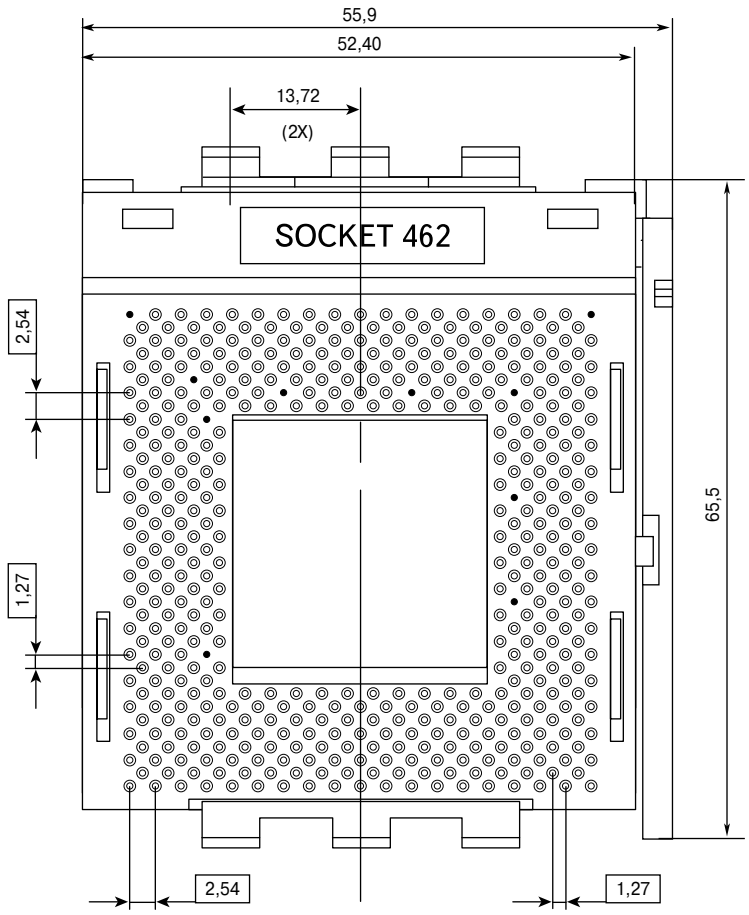


Рис. 3.19. Гнездо типа Socket A (Socket 462) для процессоров Athlon/Duron

В общей сложности существует одиннадцать заглушенных отверстий, в число которых вошли и два внешних микроотверстия. Они используются для правильной ориентации процессора в гнезде во время его установки.

Компания AMD объявила о том, что все новые версии процессоров Athlon XP будут выпускаться только для гнезда Socket A. Кроме того, некоторое время AMD продавала версию процессора Athlon с уменьшенным объемом кэш-памяти второго уровня, получившую название Duron. В 2005 году компания AMD прекратила выпуск процессоров Athlon XP и представила процессор AMD Sempron с формфакторами Socket A и Socket 754. Первый процессор Athlon 64 также использовал разъем Socket 754, но впоследствии переключился на формфакторы Socket 939 и AM2.

Предупреждение

Возможность физической установки микросхемы в тот или иной разъем вовсе не означает, что она будет работать. Для корректной работы более современных версий процессоров Athlon XP и Sempron требуется другое напряжение питания, а также поддержка BIOS и соответствующий набор микросхем. И конечно же, необходимо убедиться в том, что существующая системная плата поддерживает устанавливаемый процессор.

Socket 754

Гнездо Socket 754 (рис. 3.20) используется с новыми процессорами Athlon 64, а также с некоторыми версиями процессора Sempron — экономичной линейки процессоров от компании AMD. Это гнездо поддерживает одноканальную небуферизируемую память DDR SDRAM.

Socket 939 и Socket 940

Гнездо Socket 939 предназначено для установки процессоров AMD Athlon 64, 64 FX и 64 X2 (рис. 3.21). Оно также используется некоторыми процессорами AMD Opteron для рабочих станций и серверов. Системные платы, оснащенные данным гнездом, поддерживают обычные небуферизированные модули DDR SDRAM в одно- или двухканальном режиме, а

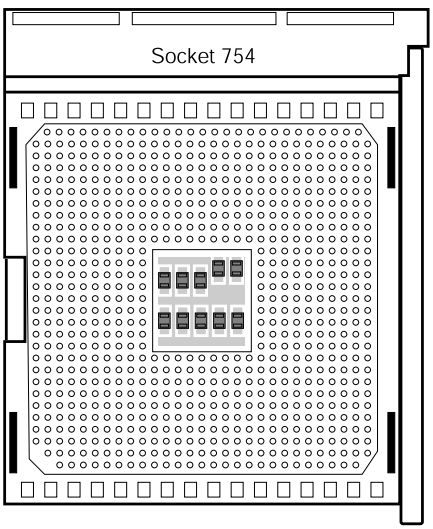


Рис. 3.20. Гнездо Socket 754. Большой срезанный край в нижнем левом углу указывает на расположение первого контакта

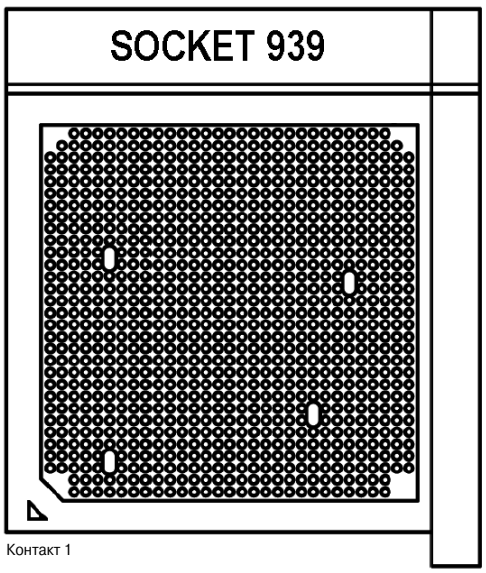


Рис. 3.21. Гнездо Socket 939. Срезанный угол и треугольник в нижнем левом углу соответствуют контакту 1

не предназначенные для серверов (значительно более дорогие) регистровые модули, используемые в системных платах класса Socket 940.

Гнездо Socket 940 предназначено для установки процессоров AMD Athlon 64 FX и большинства процессоров AMD Opteron (рис. 3.22). Системные платы, оснащенные данным гнездом, поддерживают только регистровые модули DDR SDRAM в двухканальном режиме. Поскольку разъемы Socket 939 и Socket 940 содержат разное количество контактов, они не являются взаимозаменяемыми.

Socket AM2/AM2+/AM3

В мае 2006 года компания AMD представила процессоры, предназначенные для установки в новое гнездо, получившее название Socket AM2 (рис. 3.23). Компания AMD позиционирует M2 как универсальную замену гнездам Socket 754, Socket 939 и Socket 940, предназначенным для установки процессоров Athlon 64, Athlon 64 FX и Athlon 64 X2.

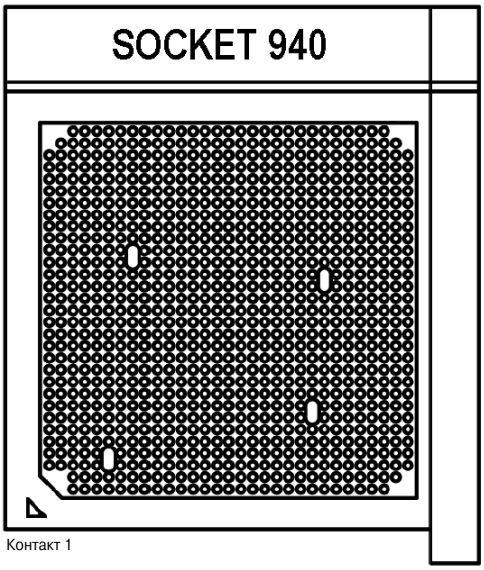


Рис. 3.22. Гнездо Socket 940. Срезанный угол и треугольник в нижнем левом углу соответствуют контакту 1

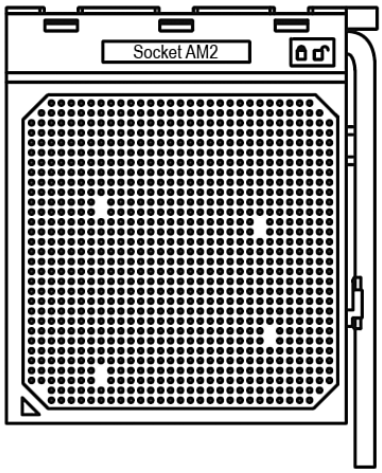


Рис. 3.23. Гнездо Socket AM2/AM2+

Хотя гнездо Socket AM2 содержит 940 контактов (ровно столько, сколько и гнездо Socket 940), оно предназначено для установки обновленных версий процессоров с интегрированным двухканальным контроллером памяти DDR2, который в 2006 году был добавлен в процессоры семейства Athlon 64 и Opteron. Процессоры для гнезд Socket 754, Socket 939 и Socket 940 оснащены контроллером памяти DDR и не совместимы по контактам с гнездом Socket AM2. Гнезда Socket 939, 940 и AM2/AM2+ поддерживают шину HyperTransport 2.0, которая ограничивает большинство процессоров шины FSB с частотой 1 ГГц.

Socket AM2+ — модернизация гнезда Socket AM2, выпущенного в ноябре 2007 года. Хотя физически гнезда Socket AM2 и AM2+ идентичны, гнездо Socket AM2+ поддерживает разделение цепей питания, а также HyperTransport 3.0, что позволяет увеличить частоту FSB до 2,6 ГГц. Процессоры Socket AM2+ обратно совместимы с платами Socket AM2, однако только с учетом ограничений шины HyperTransport 2.0. Процессоры Socket AM2 технически могут

работать в платах Socket AM2+, однако при этом необходима поддержка BIOS, доступная не на всех системных платах.

Гнездо Socket AM3 было представлено в феврале 2009 года. Оно обеспечивает поддержку процессоров с интегрированным контроллером памяти DDR3, таких как Phenom II. Помимо поддержки памяти DDR3, гнездо Socket AM3 содержит 941 контакт измененной конфигурации, что предотвращает установку процессоров Socket AM2 или AM2+ (рис. 3.24).

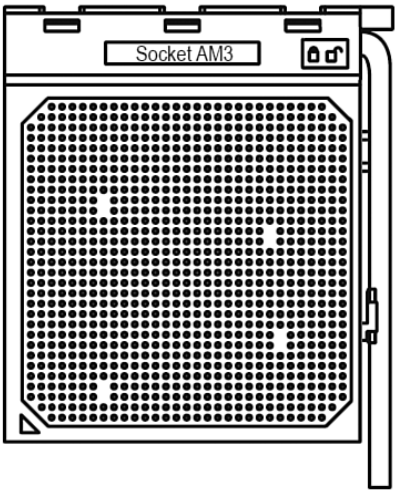


Рис. 3.24. Гнездо Socket AM3. Стрелка (треугольник) в нижнем левом углу соотвествует контакту 1

Основные различия между разъемами Socket AM2, AM2+ и AM3 представлены в табл. 3.14.

Таблица 3.14. Характеристики гнезд Socket AM2, AM2+ и AM3

Характеристики	Socket AM2	Socket AM2+	Socket AM3
Количество контактов	940	940	941
Поддержка HyperTransport (FSB)	2.0 (до 1,4 ГГц)	3.0 (до 2,6 ГГц)	3.0 (до 2,6 ГГц)
Поддержка памяти	DDR2 (двухканальный режим)	DDR2 (двухканальный режим)	DDR3 (двухканальный режим)
Поддерживаемые процессоры	Socket AM2, AM2+ или AM3	Socket AM2, AM2+ или AM3	Socket AM3

Основные сведения о совместимости процессоров и материнских плат представлены ниже.

- Процессоры Socket AM2 и AM2+ можно установить в плату с гнездом Socket AM3.
- Процессоры Socket AM2 можно установить в плату с гнездом Socket AM2+.
- Процессоры Socket AM3 и AM2+ можно установить в плату с гнездом Socket AM2, однако они должны поддерживаться BIOS, а частоты FSB ограничены HT 2.0; поддерживается только память DDR2.
- Процессоры Socket AM3 можно установить в плату с гнездом Socket AM2+, однако данные процессоры должны поддерживаться BIOS, а частоты FSB ограничены HT 2.0; поддерживается только память DDR2.

Хотя физически можно установить новые процессоры в платы с устаревшими гнездами, причем они будут работать с учетом ограничений по частоте шины и памяти, необходима поддержка BIOS, чем могут похвастаться далеко не все модели плат. В идеале рекомендуется использовать процессоры и системные платы с гнездом одного типа.

Socket F (1207FX)

Гнездо Socket F (также называемое 1207FX) впервые было представлено компанией AND в августе 2006 года для линейки серверных процессоров Opteron. Это первый разъем от компании AMD с компоновкой LGA (Land Grid Array), аналогичной Socket LGA775 от компании Intel, содержащий 1207 штырьков на матрице 35×35, причем штырьки размещены на гнезде, а не на процессоре. Гнезда Socket F обычно помещаются на материнские платы парами, что подразумевает поддержку двух процессоров. Это гнездо использовалось также двухъядерными процессорами семейства Quad FX, которые позволяли довести количество процессорных ядер на материнской плате до четырех. В будущих версиях планируется поддержка четырехъядерных процессоров, при этом количество процессорных ядер в системе будет доведено до восьми. Ввиду повышенной дороговизны поддержки двух физических процессоров на одной материнской плате было выпущено только ограниченное число несерверных материнских плат, оснащенных гнездами Socket F.

Напряжение питания процессоров

В последнее время явно прослеживается тенденция к снижению напряжения питания процессоров. Наиболее очевидным следствием этого является снижение потребляемой мощности. Конечно, если потребляемая мощность меньше, то функционирование системы обходится дешевле; еще более важно снижение потребляемой мощности для переносных систем, так как благодаря этому компьютер может работать намного дольше на одной и той же батарее. Именно значительное удлинение срока службы батареи, вызванное снижением потребляемой мощности, повлекло за собой множество усовершенствований, направленных на понижение напряжения питания процессора.

Еще одним преимуществом является то, что при пониженном напряжении, а следовательно, и при более низкой потребляемой мощности выделяется меньше тепла. Процессор и вентилятор можно размещать ближе к другим компонентам, т.е. упаковка системы может быть более плотной; кроме того, срок службы процессора возрастает.

К преимуществам можно отнести и то, что процессор вместе с вентилятором потребляет меньшую мощность, а потому может работать быстрее. Именно благодаря снижению напряжения удалось повысить тактовую частоту процессоров. (Чем ниже напряжение, тем меньше времени необходимо для изменения уровня сигнала с низкого на высокий.)

Начиная с Pentium Pro все новые процессоры автоматически определяют параметры напряжения с помощью регулятора, встроенного в системную плату. Для этого применяются контакты VID.

Системные платы последних версий позволяют в целях повышения производительности отменить установленное значение напряжения. Причем эту величину можно изменить вручную, ведь для разгона процессора достаточно увеличить напряжение на десятую часть вольта. Следует заметить, что в этом случае, конечно, увеличивается нагрев процессора, поэтому необходимо принять соответствующие меры по отводу избыточного тепла.

Примечание

Хотя современные процессоры используют контакты VID для обеспечения выбора процессором корректного напряжения, некоторые более новые модели процессоров, предназначенные для установки в гнездо старого типа, могут потребовать напряжение, не поддерживаемое системной платой. Прежде чем модернизировать систему, устанавливая более новый и быстрый процессор, убедитесь в том, что его поддерживает системная плата. Очень часто для обеспечения поддержки достаточно обновить системную BIOS.

Математические сопроцессоры

С любыми процессорами Intel (и их аналогами) могут использоваться сопроцессоры. С тех пор как компания Intel расположила сопроцессор на одном кристалле с процессором 486DX, все сопроцессоры, выпускаемые Intel и AMD, расположены на том же кристалле, что и сам

процессор. *Сопроцессоры* выполняют операции с плавающей запятой, которые потребовали бы от основного процессора больших затрат машинного времени. Выигрыш можно получить только при выполнении программ, написанных с учетом использования сопроцессора. Все Intel-совместимые процессоры пятого и шестого поколений (например, компаний AMD и Cyrix) оснащались интегрированным устройством для операций с плавающей точкой (FPU).

Сопроцессоры выполняют такие сложные операции, как деление длинных операндов, вычисление тригонометрических функций, извлечение квадратного корня и нахождение логарифма, в 10–100 раз быстрее основного процессора и при этом значительно точнее. Операции сложения, вычитания и умножения выполняются основным процессором и не передаются сопроцессору.

Система команд сопроцессора отличается от системы команд процессора. Выполняемая программа должна сама определять наличие сопроцессора и после этого использовать написанные для него инструкции; в противном случае сопроцессор только потребляет ток и ничего не делает. Большинство современных программ, рассчитанных на применение сопроцессоров, обнаруживают его присутствие и используют предоставляемые возможности. Наиболее эффективно сопроцессоры используются в программах со сложными математическими расчетами: в электронных таблицах, базах данных, статистических программах и системах автоматизированного проектирования. В то же время при работе с текстовыми редакторами сопроцессор совершенно не используется. Данные о сопроцессорах приведены в табл. 3.15.

Таблица 3.15. Сопроцессоры

Процессор	Сопроцессор
8086/8088	8087
286	287
386SX	387SX
386DX	387DX
486SX/SX2	487SX, DX2
486DX/DX2/DX4	Встроенный FPU
Cyrix/VIA 6x86 и более новые	Встроенный FPU
Intel Pentium и более новые	Встроенный FPU
AMD Athlon и более новые	Встроенный FPU

FPU — устройство работы с плавающей точкой (floating-point unit).

Процессор 487SX является усеченной версией 486DX со встроенным сопроцессором. Когда вставляется процессор 487SX, он отключает основной процессор 486SX и берет на себя всю работу.

Процессоры DX2/OverDrive являются эквивалентом SX2 с дополнительной функциональностью FPU.

Примечание

Большинство приложений, которые раньше использовали операции с плавающей запятой, теперь полагаются на инструкции MMX/SSE. Эти инструкции выполняются быстрее и более точно, чем операции с плавающей точкой x87.

Ошибки процессоров

Производители процессоров используют специальное оборудование для тестирования своей продукции, однако наличие определенных ошибок все же возможно. Наилучшим устройством для проверки процессора является сама компьютерная система, в которой пользователь может воспользоваться любыми диагностическими утилитами для тестирования различных компонентов системы.

Возможно, наиболее известной является ошибка деления чисел с плавающей точкой в первых процессорах Pentium. (Эта, а также некоторые другие ошибки подробно рассматриваются далее.)

Поскольку процессор — это "мозг" компьютерной системы, многие системы не работают при наличии поврежденного процессора. Если компьютер ведет себя так, как будто повреждена системная плата, попробуйте сначала установить идентичный процессор с другой платы, которая точно работоспособна. Иногда нерабочей оказывается не системная плата, а установленный в ней процессор. Если же и после замены процессора компьютер не включается, причину необходимо искать в системной плате, памяти или блоке питания. Подробные сведения об устранении неполадок в работе тех или иных устройств представлены в соответствующих главах. Должен признаться, что за многие годы устранения неполадок в работе ПК поврежденные процессоры встречались мне реже всего.

Некоторые системные проблемы заложены в процессор еще на этапе его проектирования, хотя такие дефекты встречаются крайне редко. Научившись распознавать подобные проблемы, вы сможете избежать ненужных замен и ремонта процессоров. В каждом из разделов, посвященных моделям процессоров, рассматриваются некоторые свойственные данному поколению дефекты, такие как ошибка операций с плавающей точкой в первых процессорах Pentium. Наряду с материалом, представленным в настоящей книге, воспользуйтесь информацией, содержащейся на сайте производителя процессора.

Микрокод и возможность модификации процессора

Все процессоры могут содержать дефекты разработки или ошибки. Часто с помощью программного обеспечения или аппаратных средств можно избежать эффектов, вызванных любой конкретной ошибкой. Ошибки в процессорах хорошо описаны в документах и руководствах Intel, которые можно найти на сайте компании. Другие изготовители процессоров тоже имеют свои веб-серверы, где размещают советы, рекомендации, предупреждения и бюллетени, в которых перечислены все возможные неполадки и указаны способы их устранения.

Ранее единственным способом исправления ошибки в процессоре была замена микросхемы. Теперь в процессоры семейства Intel P6/P7 (от Pentium Pro до Core 2 и Pentium D) встроено новое средство, которое позволяет исправлять многие ошибки, изменяя микропрограмму в процессоре. Это средство называется *перепрограммируемой микропрограммой*; благодаря ему некоторые типы ошибок можно устранить, модифицируя микропрограммы. Модификации микропрограмм постоянно находятся либо в системной ROM BIOS, либо в обновлениях Windows XP/Vista и загружаются в процессор базовой системой ввода-вывода во время выполнения теста при включении питания. При каждой перезагрузке системы этот код будет перезагружаться; тем самым гарантируется, что ошибка будет устранена в любой момент работы процессора.

Кодовые названия процессоров

Разрабатывая процессоры, компании Intel, AMD и Cyrix всегда дают им кодовые названия. Предполагается, что они не будут широко использоваться, но зачастую все происходит наоборот. Кодовые названия встречаются в журнальных статьях, посвященных будущим поколениям процессоров, а иногда даже в руководствах по системным платам, поскольку они применяются еще до официального представления процессоров.

Компания Intel публикует достаточно полный список кодовых названий процессоров, наборов микросхем, системных плат и даже Ethernet-контроллерров на своем сайте (`http://ark.intel.com/#codenames`). Компания AMD на своем сайте сведений о кодовых именах продуктов не публикует, однако эту информацию можно найти, обратившись к поисковым средствам в Интернете.

Первое поколение процессоров: P1 (086)

В июне 1978 года компания Intel совершила революцию, представив свой новый процессор 8086. Это был один из первых 16-разрядных микропроцессоров на рынке; в то время все остальные процессоры были 8-разрядными. Процессор 8086 имел 16-разрядные внутренние регистры и мог выполнять программное обеспечение нового типа, использующее 16-разрядные команды. Он также имел 16-разрядную внешнюю шину данных и поэтому мог передавать в память одновременно 16 бит.

Разрядность шины адреса составляла 20 бит, и процессор 8086 мог адресовать память емкостью 1 Мбайт (2^{20}). В то время это казалось чудом, так как большинство других микросхем имели 8-разрядные внутренние регистры, 8-разрядную внешнюю шину данных и 16-разрядную шину адреса и могли адресовать не более 64 Кбайт оперативной памяти (2^{16}).

В большинстве ПК того времени использовались 8-разрядные процессоры, которые работали под управлением 8-разрядной операционной системы CP/M (Control Program for Microprocessors — управляющая программа для микропроцессоров) и такого же программного обеспечения. Плата и интегральные микросхемы, как правило, были также 8-разрядными. Тогда производство полностью 16-разрядной системной платы с памятью было настолько дорогостоящим, что такой компьютер вряд ли кто мог позволить себе купить.

Стоимость процессора 8086 была довольно высокой — для него требовалась 16-разрядная шина данных, а не более дешевая 8-разрядная. Доступные в то время системы были 8-разрядными, и потому процессоры 8086 продавались плохо. В Intel поняли, что пользователи не хотят (или не могут) столько платить за дополнительную эффективность 16-разрядного процессора, и через какое-то время была представлена своего рода "усеченная" версия процессора 8086, названная 8088. В ней, по существу, были удалены 8 из 16 разрядов на шине данных, и теперь процессор 8088 мог рассматриваться как 8-разрядная микросхема в отношении ввода и вывода данных. Однако, поскольку в нем были полностью сохранены 16-разрядные внутренние регистры и 20-разрядная шина адреса, процессор 8088 выполнял 16-разрядное программное обеспечение и мог адресовать оперативную память объемом 1 Мбайт.

Исходя из этого IBM выбрала 8-разрядные микросхемы 8088 для своего первого IBM PC. Через несколько лет ее критиковали именно за это, хотя сейчас понятно, что это было очень мудрое решение. В то время IBM даже скрывала физические детали проекта; просто отмечалось, что ее новый PC имел быстродействующий 16-разрядный микропроцессор. Это утверждение было справедливым, поскольку процессор 8088 выполнял те же 16-разрядные программы, что и 8086, только немного медленнее. Фактически для всех программистов процессор 8088 являлся 16-разрядной микросхемой — на самом деле тогда не было никакого способа, с помощью которого программа могла бы отличить процессор 8088 от 8086. Благодаря этому IBM могла поставлять PC, поддерживающий 16-разрядное программное обеспечение и использующий недорогие 8-разрядные аппаратные средства. Даже в начале производства цена IBM PC была ниже, чем цена самого популярного ПК того времени — Apple II. Компьютер IBM PC вместе с оперативной памятью объемом 16 Кбайт стоил 1265 долларов, в то время как Apple II аналогичной конфигурации — 1355 долларов.

В первом IBM PC устанавливался процессор 8088. Сам процессор был представлен еще в июне 1979 года, а компьютер IBM PC с процессором 8088 появился на рынке лишь в августе 1981 года. В те годы от выхода нового процессора до появления компьютеров с ним могло пройти довольно длительное время. Сегодня это кажется невероятным, поскольку компьютеры с новыми процессорами зачастую выпускаются в тот же день, что и сами процессоры.

В первом IBM PC использовался процессор 8088 с тактовой частотой 4,77 МГц, а на выполнение команды в процессорах 8088 и 8086 в среднем уходило 12 тактов.

Иногда возникает вопрос: почему объем основной памяти в компьютере ограничен 640 Кбайт, хотя процессор 8088 может адресовать основную память объемом до 1 Мбайт? Это объясняется тем, что IBM с самого начала зарезервировала 384 Кбайт в верхней части адресного пространства для плат адаптеров и системной BIOS. Оставшиеся 640 Кбайт используются DOS и программами-приложениями.

Второе поколение процессоров: P2 (286)

Для процессора 80286 (или просто 286) проблем с совместимостью, характерных для процессоров 80186 и 80188, не существует. Он появился в 1981 году, и на его основе был создан компьютер IBM AT. Затем он был установлен в первых компьютерах PS/2 моделей 50 и 60 (более поздние модели PS/2 создавались на базе процессоров 386 и 486). Несколькими ком-

паниями был освоен выпуск аналогов (так называемых *клонов IBM*), многие из которых являлись компьютерами класса AT.

Выбор процессора 286 в качестве основы для компьютера AT объяснялся его совместимостью с процессором 8088, т.е. все разработанные для IBM PC и XT программы подходили и для AT. Процессор 286 имеет более высокое быстродействие, чем его предшественники, что и объясняет широкое распространение этих компьютеров в деловом мире. Производительность первого компьютера AT с тактовой частотой 6 МГц в пять раз превышала производительность IBM PC (4,77 МГц). Кристалл процессора 286 показан на рис. 3.25.

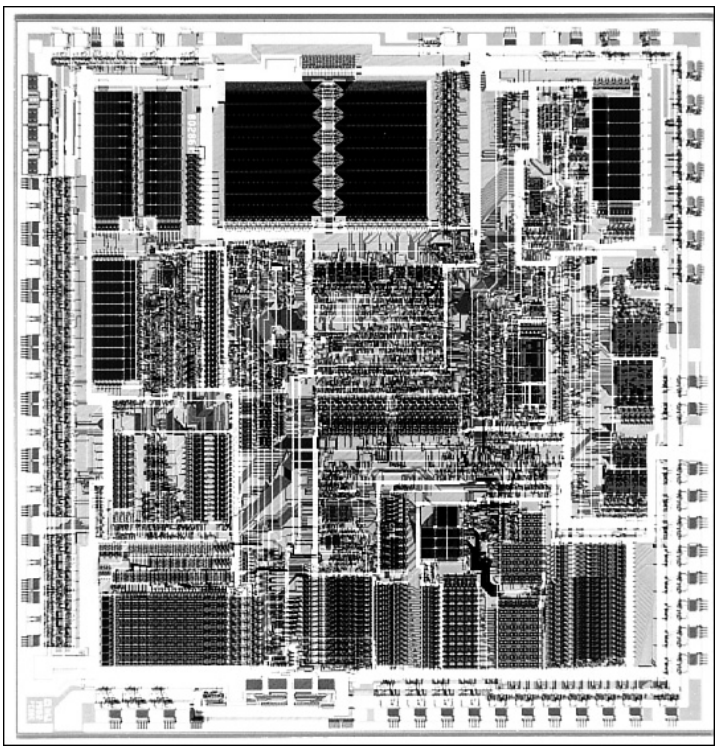


Рис. 3.25. Процессор 286. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Системы на базе процессоров Intel 286 оказались намного быстрее своих предшественниц по нескольким причинам. Основная из них заключается в том, что процессоры 286 намного эффективнее выполняют инструкции. Если процессорам 8086 и 8088 на выполнение одной инструкции требовалось 12 тактов, то процессору 286 — всего 4,5. Кроме того, процессор 286 оперирует блоками данных по 16 бит, что в два раза превышает возможности процессора 8088.

Процессор 286 поддерживает два режима работы: реальный и защищенный. Эти режимы настолько различаются, что в каждом из них процессор может вести себя совершенно поразному. В реальном режиме процессор 286 работает как 8086 и полностью совместим на уровне объектных кодов с процессорами 8086 и 8088. (Процессор, совместимый на уровне объектных кодов, может запускать программы, написанные для другого процессора, а также должным образом выполнять системные инструкции.)

В защищенном режиме процессор 286 представляет собой совершенно новую модель. Если выполняемая программа написана с расчетом на его новые возможности, то ей доступна виртуальная память до 1 Гбайт, хотя процессор может адресовать только 16 Мбайт физической памяти. Существенный недостаток процессора 286 заключается в том, что он не может

переключаться из защищенного режима в реальный без предварительного аппаратного сброса, т.е. *горячей* перезагрузки компьютера. Переключение из реального режима в защищенный происходит без сброса. Поэтому основным преимуществом процессора 386 стала именно возможность программного переключения из реального режима в защищенный и наоборот. (О режимах работы процессора см. выше.)

До появления оболочки Windows 3.0, в которой предусмотрен так называемый стандартный режим, совместимый с микропроцессором 286, было очень мало программ, использующих все его возможности. Но к тому моменту более популярным стал процессор 386. Однако надо отдать должное создателям процессора 286, предпринявшим первую попытку сконструировать *многозадачный* процессор, который способен выполнять сразу несколько программ.

Третье поколение процессоров: P3 (386)

Третье поколение процессоров — это, возможно, наиболее значимый шаг вперед в истории процессоров с момента появления ПК. Они ознаменовали переход от 16-разрядных вычислений к 32-разрядным. Это поколение процессоров настолько опередило время, что потребовалось еще десять лет, прежде чем 32-разрядные операционные системы получили широкое распространение (когда сами процессоры 386 остались только в памяти старожилов).

Процессор 80386 (или просто 386) стал настоящей сенсацией в компьютерном мире благодаря исключительно высокой производительности по сравнению с предшественниками.

Создатели этого полностью 32-разрядного процессора стремились добиться максимальной производительности и возможности работать с многозадачными операционными системами. Компания Intel выпустила процессор 386 в 1985 году, а системы на его основе, например Compaq Deskpro 386 и некоторые другие, появились в конце 1986 — начале 1987 года; несколько позже IBM выпустила компьютер класса PS/2 модели 80.

В реальном режиме процессор 386 может выполнять команды процессоров 8086 и 8088, затрачивая на них меньше тактов. Среднее количество тактов на команду, как и у процессора 286, равно 4,5. Таким образом, "чистая" производительность компьютеров с процессорами 386 и 286 при равных тактовых частотах одинакова. Многие производители компьютеров на базе процессора 286 утверждали, что быстродействие их систем с тактовыми частотами 16 и 20 МГц и аналогичных компьютеров на основе процессора 386 одинаково. И они были правы! Повышение реальной производительности процессора 386 было достигнуто за счет введения дополнительных программных возможностей (режимов) и значительного усовершенствования диспетчера памяти MMU (Memory Management Unit). Кристалл процессора 386 показан на рис. 3.26.

Процессор 386 может программно переключаться в защищенный режим и обратно без общей перезагрузки компьютера. Кроме того, в нем предусмотрен *виртуальный реальный режим* (virtual real mode), в котором может выполняться сразу несколько защищенных одна от другой программ в реальных режимах.

Защищенный режим процессора 386 полностью совместим с защищенным режимом процессора 286. Дополнительные возможности адресации памяти в защищенном режиме появились благодаря разработке нового диспетчера памяти MMU, в котором реализованы более эффективная страничная организация памяти и программные переключения. Поскольку новый диспетчер памяти создавался на базе аналогичного узла процессора 286, система команд процессора 386 полностью совместима с процессором 286.

Нововведение, появившееся в процессоре 386, — виртуальный режим, в котором имитируется работа процессора 8086. При этом несколько экземпляров DOS или других операционных систем могут работать одновременно, используя свои защищенные области памяти. Сбой или "зависание" программы в одной области не влияет на остальные части системы, так как испорченный экземпляр можно перезагрузить.

Существует довольно много разновидностей процессоров 386, отличающихся производительностью, потребляемой мощностью и т.п. В следующих разделах некоторые из них рассматриваются подробнее.

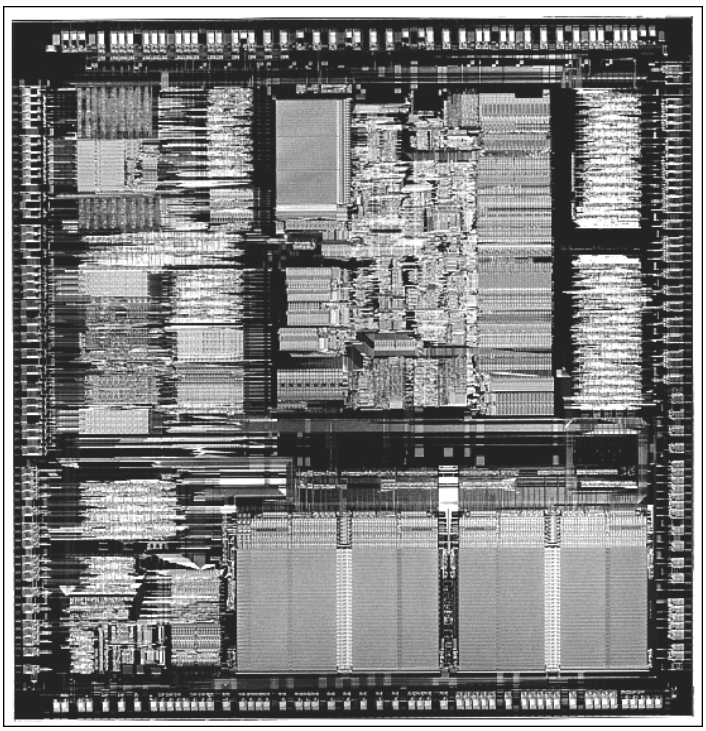


Рис. 3.26. Процессор 386. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Процессор 386DX

Микросхема 386DX была первым процессором этого семейства. Она представляет собой полностью 32-разрядный процессор, у которого внутренние регистры, а также внутренняя и внешняя шины данных — 32-разрядные. На кристалле процессора размещается 275 тыс. транзисторов, т.е. она относится к класу сверхбольших интегральных схем. Процессор выпускается в 132-контактном корпусе и потребляет ток около 400 мА (значительно меньше, чем процессор 8086). Столь низкое потребление мощности связано с тем, что процессор выполнен по технологии КМОП (CMOS), допускающей крайне низкий уровень энергопотребления.

Тактовая частота процессоров 386, выпускаемых Intel, колебалась от 16 до 33 МГц, в микросхемах других производителей она достигала 40 МГц.

Процессор 386DX способен адресовать память объемом до 4 Гбайт. Встроенный диспетчер памяти позволяет программам работать так, как будто в их распоряжении есть практически неограниченная виртуальная память объемом 64 Тбайт (1 Тбайт = 1024 Гбайт = 1 099 511 627 776 байт).

Процессор 386SX

Этот процессор предназначен для компьютеров с возможностями процессора 386, но которые стоили бы не больше системы 286. Как и в процессоре 286, для взаимодействия с остальными компонентами компьютера используется 16-разрядная шина данных. Однако внутренняя архитектура процессора 386SX аналогична архитектуре 386DX, т.е. он может одновременно обрабатывать 32 бит данных. Процессор 386SX оснащен 24-разрядной шиной адреса (в отличие от 32-разрядной в других модификациях процессора 386) и может адресовать только 16 Мбайт (а не 4 Гбайт) памяти, т.е. столько же, сколько процессор 286. Процессоры 386 выпускаются с различными тактовыми частотами в пределах от 16 до 33 МГц.

Появление 386SX ознаменовало конец "карьеры" процессора 286, прежде всего благодаря более совершенному диспетчеру памяти и наличию виртуального режима. Под управлением операционной системы Windows или OS/2 процессор 386SX может одновременно выполнять несколько программ DOS. Кроме того, в отличие от процессора 286 и предшествующих, он может выполнять все программы, ориентированные на процессоры 386. Например, Windows 3.1 работает с процессором 386SX почти так же хорошо, как с 386DX.

Процессор 386SL

386SL — еще одна версия процессоров 386. Процессор 386SL с малым потреблением мощности предназначен для портативных компьютеров, в которых это обстоятельство имеет решающее значение; при этом он обладает всеми возможностями процессора 386SX. Пониженное энергопотребление процессора имеет важное значение при питании компьютера от аккумуляторов; также в нем предусмотрено и несколько "спящих" режимов, в которых расход энергии предельно уменьшается.

Структура процессора несколько усложнена за счет схем *SMI* (System Management Interrupt — прерывание управления системой), обеспечивающих управление электропитанием. В процессоре 386SL также предусмотрена поддержка расширенной памяти стандарта LIM (Lotus Intel Microsoft) и встроен кэш-контроллер для управления внешней кэш-памятью объемом от 16 до 64 Кбайт.

В результате этих нововведений количество транзисторов в микросхеме возросло до 855 тысяч, т.е. их стало больше, чем в 386DX. Тактовая частота центрального процессора 386SL равна 25 МГц.

Четвертое поколение процессоров: P4 (486)

В погоне за повышением быстродействия процессор Intel 80486 (чаще называемый просто 486) стал очередным шагом вперед. Вычислительная мощность этого процессора вызвала бурный рост в индустрии программного обеспечения. Десятки миллионов копий Windows, а также миллионы копий OS/2 были проданы именно потому, что процессор 486 позволил создать графический интерфейс пользователя для операционных систем, что значительно упростило работу на компьютере.

Достичь вдвое большей производительности процессора 486 по сравнению с процессором 386 (при одной и той же тактовой частоте) удалось благодаря целому ряду нововведений.

- **Сокращение времени выполнения команд**. В среднем одна команда в процессоре 486 выполняется всего за 2 такта, а не за 4,5, как в 386-м. Введение версий процессора с множителями частоты DX2 и DX4 позволило уменьшить общее время выполнения инструкций до двух инструкций в расчете на такт кварцевого генератора.
- **Встроенная кэш-память первого уровня**. Обеспечивает коэффициент попадания 90–95% (коэффициент, отображающий, как часто операции считывания выполняются без ожидания). Использование дополнительного внешнего кэша может еще больше увеличить этот коэффициент.
- **Укороченные циклы памяти (burst mode).** Стандартный 32-разрядный (4-байтовый) обмен с памятью происходит за 2 такта; после него можно выполнить до трех следующих обменов (т.е. до 12 байт), затрачивая на каждый из них по одному такту вместо двух. В результате 16 последовательных байтов данных передаются за пять тактов вместо восьми. Выигрыш может оказаться даже еще бо́льшим при 8- или 16-разрядных обменах.
- **Встроенный (синхронный) сопроцессор (в некоторых моделях).** Сопроцессор работает на той же тактовой частоте, что и основной процессор, поэтому на выполнение математических операций затрачивается меньше циклов, чем в предыдущих сопроцессорах. Производительность встроенного сопроцессора в среднем в 2–3 раза выше по сравнению с производительностью внешнего сопроцессора 80387.

Быстродействие процессоров 486 в два раза выше, чем у процессором 386, т.е. производительность процессора 486SX с частотой 20 МГц такая же, как и у процессора 386DX с частотой 40 МГц. Теперь нетрудно понять, почему процессор 486 быстро вытеснил на рынке процессор 386.

Процессоры 486DX

Первый процессор 486DX был выпущен компанией Intel 10 апреля 1989 года, а первые компьютеры на его основе появились в 1990 году. Тактовая частота первого процессора составляла 25 МГц, напряжение питания — 5 В. Позднее появились микросхемы на 33 и 50 МГц. Сначала они выпускались только в 168-контактных корпусах PGA, но существуют модификации как с напряжением питания 5 В в 196-контактных корпусах PQFP (Plastic Quad Flat Pack), так и с 3,3 В в 208-контактных корпусах SQFP (Small Quad Flat Pack). Два последних варианта выпускаются в улучшенной версии SL Enhanced и предназначены для портативных компьютеров, в которых важно низкое энергопотребление.

Процессор 486DX производится по технологии CMOS, его внутренние регистры, внешняя шина данных и шина адреса — 32-разрядные, как и у процессора 386. На кристалле размером с ноготь размещается 1,2 млн. транзисторов (в четыре раза больше, чем в процессоре 386). По этому параметру можно косвенно судить о возможностях микросхемы. Процессор 486 показан на рис. 3.27.

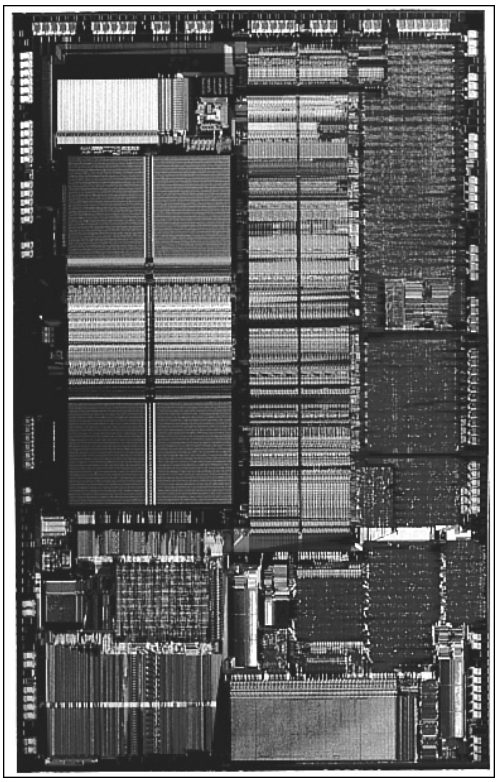


Рис. 3.27. Процессор 486. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

В стандартный процессор 486DX входят арифметико-логическое устройство (АЛУ), сопроцессор, устройство управления памятью и встроенный кэш-контроллер с памятью объемом 8 Кбайт. Благодаря встроенной кэш-памяти и эффективному АЛУ среднестатистическая

команда в процессорах семейства 486 выполняется всего за 2 такта (в процессорах 286 и 386 на это затрачивается 4,5 такта, а в процессорах 8086/8088 — 12 тактов). При одной и той же тактовой частоте процессор 486 вдвое производительнее процессора 386.

Процессор 486SL

Этот процессор некоторое время выпускался в виде отдельной микросхемы, а затем был снят с производства. Усовершенствования и нововведения варианта SL были учтены практически во всех процессорах 486 (SX, DX и DX2), выпускавшихся с маркировкой *SL Enhanced*. В процессорах SL Enhanced содержатся дополнительные узлы, обеспечивающие снижение потребляемой мощности.

Микросхемы SL Enhanced первоначально предназначались для использования в портативных компьютерах с питанием от аккумуляторов, но они применялись также и в настольных системах. Предусмотрены такие приемы снижения энергопотребления, как работа в дежурном режиме и переключение тактовой частоты. Выпускаются также разновидности этих микросхем с напряжением питания 3,3 В.

Компания Intel разработала систему снижения энергопотребления, названную *SMM* (System Management Mode). Она функционирует независимо от остальных узлов процессора и выполняемых им программ. Система построена на основе таймеров, регистров и других логических схем, которые могут регулировать потребление энергии некоторыми устройствами, входящими в состав портативного компьютера, не мешая при этом работе других устройств. Программа SMM записывается в специально отведенную область памяти (System Management Memory), недоступную для операционной системы и прикладных программ. Для обслуживания событий, связанных с управлением электропитанием, предусмотрено *прерывание SMI* (*System Management Interrupt*), которое не зависит от остальных прерываний и имеет наивысший приоритет.

С помощью SMM обеспечивается гибкое и безопасное управление электропитанием. Если, например, прикладная программа пытается обратиться к периферийному устройству, которое находится в режиме пониженного потребления энергии, то генерируется прерывание SMI. После этого устройство включается на полную мощность, и программа обращается к нему еще раз.

В процессорах SL можно использовать режимы *приостановки* (suspend) и *возобновления* (resume). В портативных компьютерах режим приостановки применяется для их временного выключения и включения. На переход из одного режима в другой обычно требуется не больше одной секунды, причем после переключения из режима приостановки восстанавливается то же состояние компьютера, в котором он находился раньше. При этом не требуется перезагружать компьютер и операционную систему, запускать приложение и снова вводить данные. Достаточно нажать соответствующую кнопку — и компьютер готов к работе.

В режиме приостановки процессоры SL практически не потребляют энергии. Поэтому компьютер может находиться в таком режиме в течение нескольких недель, а затем его моментально можно привести в рабочее состояние. Пока компьютер находится в режиме приостановки, “замороженные” программы и данные могут храниться в памяти, хотя все же лучше сохранить их на диске.

Процессоры 486DX2/OverDrive и 586DX4

В марте 1992 года компания Intel приступила к выпуску процессоров DX2 с удвоенной тактовой частотой. В мае они поступили в розничную продажу под названием *OverDrive*. Сначала процессоры OverDrive были 169-контактными, т.е. их можно было установить только в те компьютеры с процессором 486SX, в которых имелось дополнительное гнездо на 169 контактов.

В сентябре 1992 года появились модели OverDrive со 168-ю контактами, предназначенные для модернизации компьютеров с процессорами 486DX. Эти процессоры можно устанавливать в любые компьютеры, созданные на базе процессоров 486 (SX или DX), и даже в те, которые не рассчитаны на использование 169-контактных микросхем. Новый процессор просто устанавливается на плату — и компьютер начинает работать вдвое быстрее!

Внутренняя тактовая частота процессоров DX2/OverDrive вдвое выше частоты системной платы. Например, при тактовой частоте системной платы 25 МГц процессор работает на частоте 50 МГц, при 33 МГц — на частоте 66 МГц. Удвоение внутренней частоты не сказывается на работе других компонентов компьютера — все они функционируют так же, как с обычным процессором 486. Поэтому при переходе на процессор с удвоенной частотой заменять другие компоненты компьютера, например модули памяти, не нужно.

AMD 486 (5x86)

Процессоры AMD, совместимые с процессором 486, устанавливаются в стандартные системные платы для процессора 486, являются самыми быстрыми в классе 486 и называются Am5x86(TM)-P75. Название может ввести в заблуждение, так как некоторые пользователи думают, что 5x86 — это процессор пятого поколения, подобный Pentium. Фактически это процессор 486, но с большим множителем тактовой частоты (4x), т.е. он работает на тактовой частоте, в четыре раза превышающей частоту системной платы для процессора 486 (33 МГц).

Процессор 5x85 имеет универсальную двунаправленную кэш-память объемом 16 Кбайт, работающую на тактовой частоте 133 МГц. Производительность этого процессора приблизительно такая же, как у Pentium 75, поэтому обозначение P-75 применяется в числовой части маркировки. Это идеальный, экономный выбор для замены процессора 486 в случае, когда заменить системную плату трудно или невозможно.

Пятое поколение процессоров: P5 (586)

После выпуска процессоров четвертого поколения (таких, как 486) компания Intel и другие производители занялись разработкой новых архитектур и функций, которые и внедрили в так называемые процессоры пятого поколения.

В октябре 1992 года Intel объявила, что совместимые процессоры пятого поколения (разрабатывавшиеся под кодовым названием P5) будут называться Pentium, а не 586, как предполагали многие. Такое название было бы вполне естественным, однако выяснилось, что цифровые обозначения не могут быть зарегистрированы в качестве торговой марки, а компания Intel опасалась конкурентов, которые могли начать выпуск аналогичных микросхем под давно ожидавшимся "непатентуемым" названием. Первые процессоры Pentium были выпущены в марте 1993 года, а через несколько месяцев появились и первые компьютеры на их основе.

Процессор Pentium совместим с предыдущими моделями Intel, но при этом значительно отличается от них. Одно из отличий вполне можно признать революционным: Pentium имеет два конвейера, что позволяет ему выполнять одновременно две команды. (Все предыдущие процессоры выполняли в каждый момент времени только одну команду.) Компанией Intel эта возможность названа *суперскалярной технологией*. Благодаря этой технологии производительность Pentium по сравнению с процессорами 486 существенно повысилась.

Понятие *суперскалярная архитектура* обычно связывается с высокопроизводительными RISC-процессорами. Pentium — один из первых процессоров CISC (Complex Instruction Set Computer), который можно считать суперскалярным. Он практически эквивалентен двум процессорам 486, объединенным в одном корпусе. Его характеристики приведены в табл. 3.16.

Таблица 3.16. Характеристики процессора Pentium

Дата появления	22 марта 1993 года (первое поколение), 7 марта 1994 года (второе поколение)
Максимальная тактовая частота	60, 66 МГц (первое поколение); 75, 90, 100, 120, 133, 150, 166, 200 МГц (второе поколение)
Кратность умножения частоты	1x (первое поколение); 1,5x–3x (второе поколение)
Разрядность регистров	32
Разрядность внешней шины данных	64
Разрядность шины адреса	32
Адресуемая память	4 Гбайт
Размер встроенной кэш-памяти	8 Кбайт (для кода), 8 Кбайт (для данных)

Окончание табл. 3.16

Тип встроенной кэш-памяти	Двунаправленная, множественно-ассоциативная
Укороченные циклы памяти	Есть
Количество транзисторов	3,1 млн. (первое поколение); 3,3 млн. (второе поколение)
Размер элемента на кристалле	0,8 мкм (60/66 МГц), 0,6 мкм (75–100 МГц), 0,35 мкм (120 МГц и выше)
Корпус	273-контактный PGA, 296-контактный SPGA, пленочный корпус
Сопроцессор	Встроенный
Управление электропитанием	Система SMM, улучшенная во втором поколении
Напряжение питания	5 В (первое поколение), 3,465, 3,3, 3,1 и 2,9 В (второе поколение)

PGA — Pin Grid Array (массив штырьковых контактов).
SPGA — Staggered Pin Grid Array (корпус с шахматным расположением выводов).

Два конвейера данных обозначаются буквами *u* и *v*. *Конвейер u* — основной — может выполнять все операции над целыми числами и числами с плавающей запятой. *Конвейер v* — вспомогательный — может выполнять только простые операции над целыми числами и частично над числами с плавающей запятой. Одновременное выполнение двух команд в разных конвейерах называется *сдваиванием*. Не все последовательно выполняемые команды допускают сдваивание, и в этом случае используется только конвейер *u*. Чтобы достичь максимальной эффективности работы процессора Pentium, желательно перекомпилировать программы так, чтобы появилась возможность сдваивать как можно больше команд.

Чтобы в одном или обоих конвейерах сократить время простоев, вызванных задержками выборки команд при изменении счетчика адреса в результате выполнения в программах команд ветвления, в Pentium применяется *буфер адреса ветвления* (Branch Target Buffer — BTB), в котором используются алгоритмы предсказания множественного ветвления. Если переход по команде ветвления должен произойти в ближайшем будущем, программные инструкции из соответствующей ячейки памяти заранее считаются в BTB. Предсказание адреса перехода позволяет обоим конвейерам работать с максимальным быстродействием. Внутренняя архитектура процессора Pentium представлена на рис. 3.28.

Процессор Pentium имеет 32-разрядную шину адреса (такую же, как и процессоры 386DX и 486), что позволяет адресовать память объемом до 4 Гбайт. Но, поскольку разрядность шины данных увеличена до 64, при одинаковой тактовой частоте скорость обмена данными оказывается в два раза выше, чем у процессора 486. При использовании такой шины данных требуется соответствующая организация памяти, т.е. каждый банк памяти должен быть 64-разрядным.

Несмотря на то что внешняя шина данных — 64-разрядная, внутренние регистры Pentium — 32-разрядные. При выполнении команд и обработке данных в процессоре они предварительно разбиваются на 32-разрядные элементы и обрабатываются почти так же, как в процессоре 486. Иногда говорят, что компания Intel вводит всех в заблуждение, называя Pentium 64-разрядным процессором. На это можно ответить, что внешний обмен данными все-таки 64-разрядный. Внутренние же регистры Pentium полностью соответствуют регистрам процессора 486.

В Pentium, как и в процессоре 486, имеется встроенный сопроцессор. Однако работает он от двух до десяти раз быстрее, и при этом сохраняется совместимость с сопроцессорами 486 и 387. Кроме того, как уже отмечалось, два конвейера процессора выполняют математические операции над целыми числами — сопроцессор же предназначен для более сложных расчетов. В других процессорах, например в 486-м, всего один конвейер, а значит, и один математический сопроцессор. В сопроцессоре Pentium содержится скрытый дефект, который, тем не менее, получил широкую огласку. О нем мы поговорим в разделе “Ошибки процессора Pentium”.

Процессоры Pentium первого поколения

Существуют три разновидности процессоров Pentium, каждая из которых выпускается в нескольких модификациях. Процессоры первого поколения работают на частотах 60 и 66 МГц, имеют 273-контактный корпус PGA и рассчитаны на напряжение питания 5 В. Они работают на той же частоте, что и системная плата, т.е. кратность умножения равна 1х.

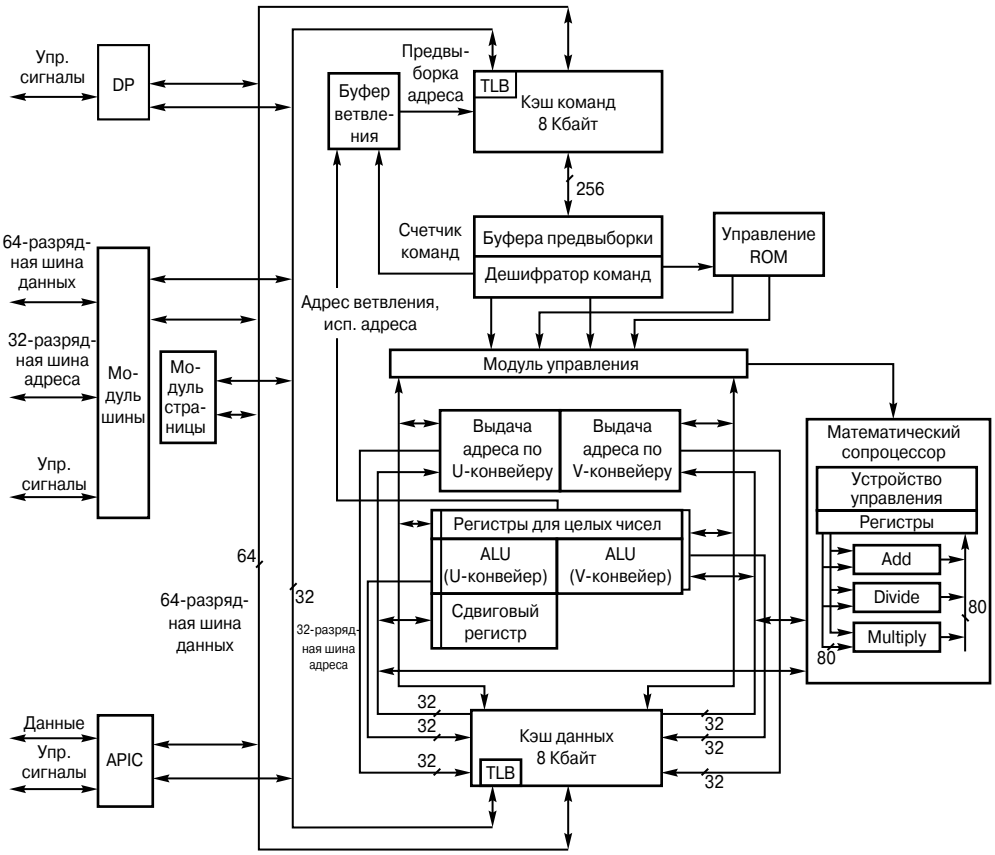


Рис. 3.28. Внутренняя архитектура процессора Pentium

Процессоры Pentium первого поколения производятся по биполярной технологии BiCMOS, при которой используется структура минимального размера (0,8 мкм). Производство микросхемы, содержащей около 3,1 млн. транзисторов, оказалось слишком сложным; в результате выход годных микросхем был низким, и их производство приостановилось. В то же время некоторые компании, например IBM и Motorola, при изготовлении самых сложных микросхем перешли к технологии, при которой использовалась структура размером 0,6 мкм. Из-за большого размера кристалла и высокого напряжения питания (5 В) процессор Pentium с тактовой частотой 66 МГц потребляет около 3,2 А (мощность — 16 Вт!), выделяя огромное (для микросхемы) количество тепла. Это потребовало установки в некоторых компьютерах дополнительного вентилятора.

Процессоры Pentium второго поколения

В марте 1994 года компания Intel начала выпуск процессоров Pentium второго поколения. Эти процессоры работают на частотах 90 и 100 МГц; существует также модель, работающая на частоте 75 МГц. Кроме того, появились модификации, рассчитанные на 120, 133, 150, 166 и 200 МГц. Они производятся по биполярной технологии BiCMOS, при которой используется структура размером 0,6 мкм (75/90/100 МГц); это позволило уменьшить размер кристалла и снизить потребляемую мощность. В более быстродействующих версиях процессора Pentium второго поколения (120 МГц и выше) используется еще меньший кристалл, созданный по 0,35-микронной технологии BiCMOS. Микросхема Pentium показана на рис. 3.29. Напряже-

ние питания, используемое этими микросхемами, — 3,3 В и ниже. Ток, потребляемый процессором с тактовой частотой 100 МГц, равен 3,25 А, что соответствует потребляемой мощности 10,725 Вт. Менее быстродействующий процессор с тактовой частотой 90 МГц потребляет ток 2,95 А, что соответствует мощности 9,735 Вт. Процессор с тактовой частотой 150 МГц потребляет ток не более 3 А при напряжении 3,3 В (мощность — 11,6 Вт); процессор с тактовой частотой 166 МГц — 4,4 А (14,5 Вт), а процессор на 200 МГц — 4,7 А (15,5 Вт).

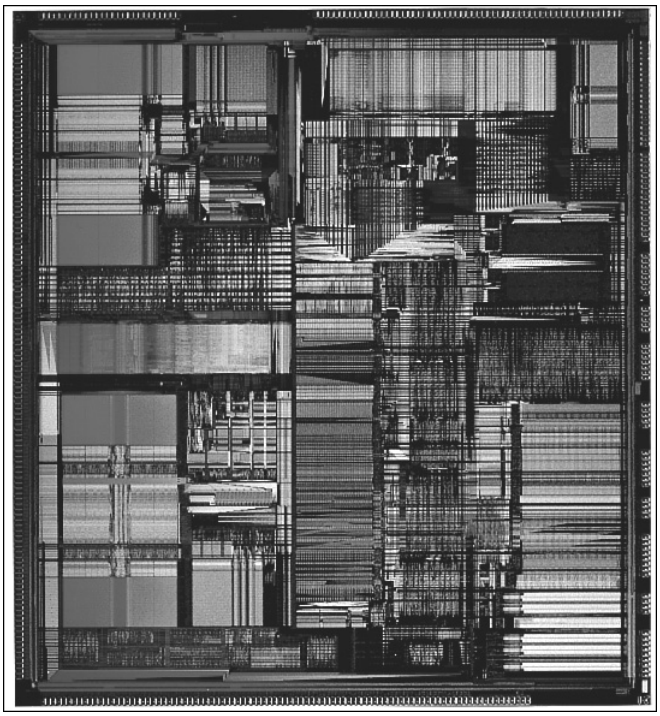


Рис. 3.29. Процессор Pentium. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Процессоры выпускаются в 296-контактном корпусе SPGA, который не совместим с форм-фактором процессора первого поколения. Перейти от микросхем первого поколения к микросхемам второго поколения можно только одним способом — заменить системную плату. На кристалле процессора Pentium второго поколения располагается 3,3 млн. транзисторов, т.е. больше, чем у первых микросхем. Дополнительные транзисторы появились в результате того, что были расширены возможности управления потребляемой мощностью (в частности, введено переключение частоты тактового сигнала, в состав микросхемы включен усовершенствованный программируемый контроллер прерываний APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller) и интерфейс двухпроцессорного режима DP (Dual Processing)).

Контроллер APIC и интерфейс DP предназначены для организации взаимодействия двух процессоров Pentium второго поколения, установленных на одной системной плате. Многие новые системные платы выпускаются с двумя гнездами типа Socket 5 или Socket 7, что позволяет использовать многопроцессорные возможности новых микросхем. Некоторые операционные системы, например Windows и OS/2, позволяют организовать так называемую *симметричную многопроцессорную обработку* (Symmetric Multi-Processing — SMP).

В процессорах Pentium второго поколения используется умножение тактовой частоты; он работает быстрее, чем системная шина. К примеру, Pentium на 150 МГц может работать с частотой, которая в 2,5 раза больше частоты шины (60 МГц), а процессор на 100 МГц — с коэф-

фициентом умножения 1,5x при частоте шины 66 МГц и с коэффициентом 2x при частоте 50 МГц. Процессор на 200 МГц может работать с коэффициентом умножения 3x при частоте шины 66 МГц.

Фактически для всех системных плат Pentium существуют три параметра тактовой частоты: 50, 60 и 66 МГц. Процессоры Pentium были разработаны с различными коэффициентами умножения для внутренней тактовой частоты и потому могут работать с целым рядом системных плат, при этом частота, на которой работает процессор, будет кратна частоте, на которой работает системная плата. В табл. 3.17 показано, как состояние этих выводов влияет на умножение тактовой частоты в процессоре Pentium.

Таблица 3.17. Состояние выводов BFx и тактовые частоты процессора Pentium

BF1	BF2	Кратность умножения частоты	Тактовая частота шины, МГц	Тактовая частота ядра, МГц
0	1	3x	66	200
0	1	3x	60	180
0	1	3x	50	150
0	0	2,5x	66	166
0	0	2,5x	60	150
0	0	2,5x	50	125
1	0	2x/4x	66	133/266[1]
1	0	2x	60	120
1	0	2x	50	100
1	1	1,5x/3,5x	66	100/233[1]
1	1	1,5x	60	90
1	1	1,5x	50	75

1. Процессоры с частотами 233 и 266 МГц вместо коэффициентов умножения 1,5x и 2x используют коэффициенты умножения 3,5x и 4x соответственно.

Не во всех процессорах имеются выводы шины частоты BF (Bus Frequency). Иными словами, некоторые микросхемы Pentium будут работать только при определенных комбинациях этих выводов или, возможно, при их установке в каком-либо одном положении. Многие новейшие системные платы имеют перемычки или переключатели, позволяющие регулировать контакты BF и тем самым изменять отношение кратности умножения тактовой частоты в процессоре. Некоторые пользователи "заставляют" процессоры Pentium на 75 МГц работать на частоте 133 МГц. Данное ухищрение называется *разгоном*, или *оверклокингом* (overclocking), и хотя оно часто срабатывает, процессор при этом очень перегревается. Подробнее об этом — ниже, в разделе "Разгон".

Процессор Pentium MMX

Третье поколение процессоров Pentium с кодовым названием P55C, появившееся в январе 1997 года, объединило в своей конструкции технологические решения Pentium второго поколения и новую разработку, которую Intel назвала технологией *MMX*. Процессоры Pentium MMX (рис. 3.30) работают на тактовых частотах 66/166, 66/200 и 66/233 МГц; есть также версия для портативных компьютеров, работающая на тактовой частоте 66/266 МГц. Они имеют много общего с процессорами второго поколения, а именно: суперскалярную архитектуру, поддержку многопроцессорной обработки, встроенный локальный контроллер APIC и функции управления энергопотреблением. Однако новый процессор включает устройство MMX с конвейерной обработкой команд, кэш с обратной записью объемом 16 Кбайт (в более ранних — 8 Кбайт) и 4,5 млн. транзисторов. Микросхемы Pentium MMX производятся по усовершенствованной 0,35-микронной КМОП-технологии с использованием кремниевых полупроводников и работают на пониженном напряжении — 2,8 В. Микросхемы для портативных компьютеров, работающие на тактовых частотах 233 и 266 МГц и изготовленные с использованием 0,25-микронной технологии, потребляют энергии меньше, чем процессор Pentium 133 МГц без MMX.

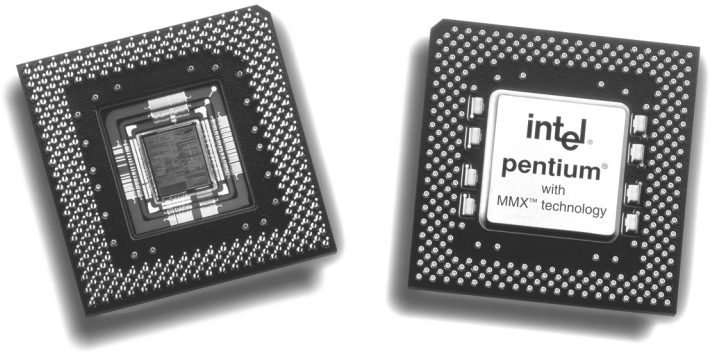


Рис. 3.30. Процессор Pentium MMX. Слева показан процессор со снятой крышкой ядра. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Чтобы можно было установить на системную плату процессор Pentium MMX, она должна обеспечивать ему пониженное рабочее напряжение (2,8 В и меньше). Сделать системные платы более универсальными в отношении используемого процессорами напряжения помогло новое решение Intel — процессорное гнездо типа Socket 7 с устанавливаемым *модулем, регулирующим напряжение* (Voltage Regulation Module — VRM). Этот модуль можно легко заменить и, таким образом, перенастроить плату на использование новейших процессоров с любым рабочим напряжением.

Пониженное напряжение — это прекрасно, но главное достоинство процессора Pentium MMX состоит в *мультимедиа расширениях MMX* (MultiMedia eXtentions). Разработанная Intel технология MMX была реакцией на постоянно растущую популярность сетевых приложений и приложений мультимедиа, предъявляющих повышенные требования к аппаратному обеспечению. Во многих из этих приложений имеются циклично повторяющиеся последовательности команд, на выполнение которых уходит основная часть процессорного времени. Разработанная Intel технология *SIMD* (Single Instruction Multiple Data — один поток команд на несколько потоков данных) решает эту проблему путем выявления таких циклов и выполнения одной операции (команды) над несколькими данными. Кроме того, в архитектуру процессора введено 57 дополнительных команд, специально предназначенных для работы с графическими данными, а также видео- и аудиоданными.

Ошибки процессора Pentium

Пожалуй, наиболее известной ошибкой процессора является знаменитая ошибка в блоке вычислений с плавающей запятой (FPU) процессора Pentium. Данную ошибку часто называли ошибкой FDIV, так как она была связана с инструкцией FDIV (деление с плавающей запятой), хотя ей были подвержены и некоторые другие инструкции, касающиеся деления. Компания Intel официально описала данную проблему в документе *Errata No. 23*, который называется “Slight precision loss for floating-point divides on specific operand pairs”. Ошибка была исправлена в ревизии D1 и во всех последующих ревизиях процессоров Pentium с частотой 60/66 МГц, а также в ревизии B5 и во всех последующих ревизиях процессоров Pentium с частотой 75/90/100 МГц. Процессоры с частотой 120 МГц и больше сразу характеризовались более новыми ревизиями ядра, а значит, уже были избавлены от ошибки. Таблица с характеристиками различных версий процессоров Pentium приведена ниже.

Данная ошибка вызвала немалый резонанс, когда в октябре 1994 года некий математик сообщил о ней в Интернете. Через несколько дней новость разлетелась по всему миру, и об ошибке узнали даже те, у кого не было компьютера. Процессоры Pentium некорректно выполняли операции с плавающей запятой, причем неверные результаты вычислений начинались уже с третьей значащей цифры. Пример серьезного варианта данной проблемы приведен ниже.

```
962,306,957,033 / 11,010,046 = 87,402.6282027341 (правильный ответ)
962,306,957,033 / 11,010,046 = 87,399.5805831329 (результат,
 полученный дефектным процессором Pentium)
```

К тому моменту, когда ошибка стала известна широкой общественности, компания Intel уже устранила ее, а также ряд других ошибок в следующих ревизиях процессоров Pentium с частотами 60/66 и 75/90/100 МГц.

После того как ошибка стала известна большому количеству людей и Intel официально признала ее, начался настоящий бум. Многие пользователи начали проверять процессор при работе с электронными таблицами, а также при выполнении различных математических операций и пришли к выводу, что обладают дефектными процессорами, даже не подозревая об этом. Некоторые даже разуверились в самой идее компьютера как инструмента вычислений. Зачем нужен компьютер, если он даже не может корректно считать?

Ажиотаж вокруг ошибки в работе процессоров привел к тому, что доверие пользователей к ПК несколько поубавилось, и они стали подвергать компьютеры более тщательному тестированию. Ведь если приходится часто заниматься вычислениями, необходимо быть уверенным в их достоверности, не так ли? Было выявлено несколько математических программ, в работе которых наблюдались проблемы. Например, в системах на базе Pentium с ошибками работала даже программа Excel 5.0. В данном случае проблему удалось устранить программным путем (в версиях программы 5.0c и выше).

В компании Intel поняли, что сохранить лицо в глазах покупателей можно, только заменив дефектные процессоры. Поэтому, если вам попался процессор с ошибкой в блоке FPU, компания должна заменить его процессором без каких-либо дефектов.

Если вы продолжаете использовать системы с процессором Pentium и вам интересно, подвержен ли данный процессор ошибке Errata 23, зайдите на специальную страницу по адресу

`http://support.intel.com/support/processor/pentium/fdiv`

На ней вы узнаете, как обнаружить данную ошибку и заменить дефектный процессор.

AMD-K5

Это Pentium-совместимый процессор, разработанный компанией AMD и маркируемый как PR75, PR90, PR100, PR120, PR133, PR166 и PR200. Поскольку разработчики стремились создать процессор, физически и функционально совместимый с Intel Pentium, любая системная плата, которая корректно поддерживает Intel Pentium, должна поддерживать и AMD-K5. Однако для правильного распознавания AMD-K5 может потребоваться обновление BIOS. На сайте компании AMD содержится список системных плат, которые были проверены на совместимость. AMD-K5 имеет следующие усовершенствованные средства:

- кэш команд объемом 16 Кбайт и двусторонний кэш данных объемом 8 Кбайт;
- динамическое выполнение — предсказание перехода с упреждающим выполнением;
- RISC-подобный пятишаговый конвейер с шестью параллельными функциональными модулями;
- высокоэффективный сопроцессор для выполнения операций над числами с плавающей запятой;
- контакты для выбора множителя тактовой частоты (1,5x, 1,75x и 2x).

Микросхемы K5 маркируются в соответствии с их оценкой эффективности (P-Rating), т.е. число на микросхеме указывает не истинную тактовую частоту, а оценочное значение (это показатель частоты процессора Pentium, обладающего тем же быстродействием, что и данный процессор AMD).

Например, процессор версии PR 166 фактически работает на тактовой частоте 117 МГц. Такой подход компании AMD к маркировке своих процессоров объясняется тем, что архитектура K5 была более совершенной по сравнению с архитектурой Pentium, и для достижения

одинакового быстродействия процессорам K5 требовалась гораздо меньшая частота. Но, даже несмотря на все эти улучшения, компания AMD представила на рынке K5 как процессор пятого поколения, аналогичный Pentium.

Процессор AMD-K5 работает при напряжении 3,52 В (VRE). В некоторых устаревших системных платах по умолчанию устанавливается напряжение 3,3 В, которое ниже специфицированного для K5, и это может стать причиной ошибок.

Шестое поколение процессоров: P6 (686)

В P6 (686) реализованы возможности, которых не было в процессорах предыдущих поколений. Семейство процессоров шестого поколения отметило свое рождение появлением на рынке в ноябре 1995 года Pentium Pro. С тех пор компания Intel выпустила великое множество других процессоров P6, однако во всех использовалось то же ядро, что и в Pentium Pro. В табл. 3.18 перечислены характеристики процессоров этого поколения.

Таблица 3.18. Характеристики представителей семейства процессоров P6

Pentium Pro	Базовый процессор P6 с кэш-памятью второго уровня объемом 256 Кбайт, 512 Кбайт или 1 Мбайт, работающей на частоте процессора
Pentium II	P6 с кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт, работающей на половине частоты процессора
Pentium II Xeon	P6 с кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт, 1 или 2 Мбайт, работающей на частоте процессора
Celeron	P6 без кэш-памяти второго уровня
Celeron-A	P6 с кэш-памятью второго уровня объемом 128 Кбайт, работающей на частоте процессора
Pentium III	P6 с набором инструкций SSE (MMX2) и кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт, работающей на половине частоты процессора
Pentium IIPE	P6 с кэш-памятью второго уровня объемом 256 Кбайт, работающей на частоте процессора
Pentium IIIE	P6 с набором инструкций SSE (MMX2) и кэш-памятью второго уровня объемом 256 или 512 Кбайт, работающей на частоте процессора
Pentium III Xeon	P6 с набором инструкций SSE (MMX2) и кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт, 1 или 2 Мбайт, работающей на частоте процессора

Основным новшеством в пятом поколении процессоров Pentium была суперскалярная архитектура; два модуля этих процессоров могли выполнять команды одновременно. В более поздних версиях микросхем пятого поколения уже имелись команды MMX. Что же нового добавила Intel в шестое поколение микросхем? Основными особенностями всех процессоров шестого поколения являются динамическое выполнение, архитектура двойной независимой шины (Dual Independent Bus — DIB) и улучшенный суперскаляр.

Процессор Pentium Pro

Первым наследником Pentium MMX стал процессор *Pentium Pro*. Представлен он был в ноябре 1995 года, а массовые продажи начались в 1996 году. Процессор заключен в 387-контактный корпус, устанавливаемый в гнездо типа Socket 8, поэтому он не совместим по разводке контактов с более ранними процессорами Pentium. Несколько микросхем объединены в модуль *MCM* (Multi-Chip Module), выполненный по новой уникальной технологии Intel, названной *Dual Cavity PGA* (двойной корпус PGA). Внутри 387-контактного корпуса на самом деле находятся две микросхемы, одна из них содержит сам процессор Pentium Pro, а другая — кэш-память второго уровня объемом 256 Кбайт (процессор Pentium Pro с кэш-памятью объемом 256 Кбайт представлен на рис. 3.31), 512 Кбайт или 1 Мбайт. В самом процессоре содержится 5,5 млн. транзисторов, в кэш-памяти объемом 256 Кбайт — 15,5 млн. транзисторов, а в кэш-памяти объемом 512 Кбайт — 31 млн. Итого в модуле с кэш-памятью объемом 512 Кбайт содержится 36,5 млн. транзисторов, а при объеме 1 Мбайт их количество возрастет до 68 млн. Pentium Pro с кэш-памятью объемом 1 Мбайт состоит из трех микросхем: процессора и двух кэшей объемом по 512 Кбайт (рис. 3.32).

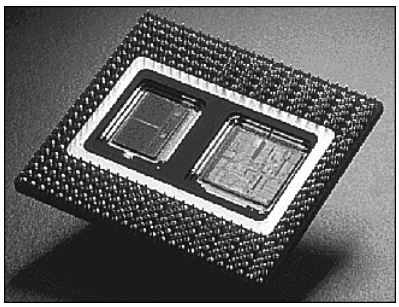


Рис. 3.31. Процессор Pentium Pro. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

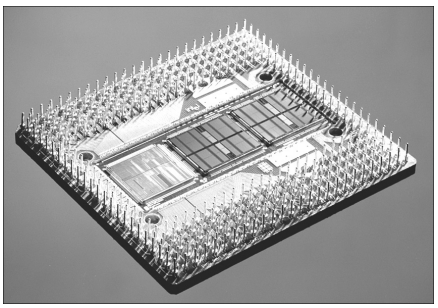


Рис. 3.32. Процессор Pentium Pro с кэш-памятью второго уровня объемом 256 Кбайт (слева). Фотография публикуется с разрешения компании Intel

На основном кристалле процессора находится также встроенная кэш-память первого уровня объемом 16 Кбайт (фактически два множественно-ассоциативных кэша объемом по 8 Кбайт — для команд и данных).

В Pentium Pro реализована архитектура двойной независимой шины (DIB), благодаря чему сняты ограничения на пропускную способность памяти, присущие процессорам предыдущих поколений. Шина, имеющая архитектуру DIB, состоит из шины кэш-памяти второго уровня (содержащейся полностью внутри корпуса процессора) и системной шины для передачи данных между процессором и основной памятью системы. Тактовая частота специализированной (выделенной) шины кэш-памяти второго уровня на Pentium Pro равна тактовой частоте процессора. Поэтому микросхема кэш-памяти помещена непосредственно в корпус процессора Pentium Pro. Архитектура DIB увеличивает пропускную способность памяти почти в три раза по сравнению с классическими системами с гнездом типа Socket 7, построенными на основе процессоров Pentium.

В табл. 3.19 приведены технические характеристики процессора Pentium Pro.

Таблица 3.19. Характеристики процессора Pentium Pro

Дата появления	Ноябрь 1995 года
Максимальная тактовая частота	150, 166, 180, 200 МГц
Кратность умножения частоты	2,5x, 3x, 3x, 3,5x, 4x
Разрядность регистров	32
Разрядность внешней шины данных	64
Разрядность шины адреса	36
Максимально адресуемый объем памяти	64 Гбайт
Максимальный объем виртуальной памяти	64 Тбайт
Размер встроенной кэш-памяти L1	8 Кбайт (для кода), 8 Кбайт (для данных)
Разрядность шины кэш-памяти L2	64, работает на частоте ядра
Тип гнезда	Socket 8
Корпус	387-контактный Dual Cavity PGA
Размеры	6,25×6,76 см
Сопроцессор	Встроенный
Управление электропитанием	Система SMM
Напряжение питания	3,1 или 3,3 В

Процессор Pentium Pro, как и предшествующие процессоры Pentium, повышает частоту шины 66 МГц с помощью множителя. В табл. 3.20 приведены показатели быстродействия процессоров и системных плат Pentium Pro. Существовали и неподдерживаемые значения коэффициента умножения 3,5x и 4x, использование которых приводило к разгону процессора. Например, задание коэффициента умножения 3,5x при частоте шины 66 МГц приводило к рабочей частоте 233 МГц, вполне реальной для большинства процессоров, если вообще не для всех.

Таблица 3.20. Быстродействие процессоров и материнских плат Pentium Pro

Тип процессора / быстродействие	Кратность тактовой частоты	Тактовая частота системной платы, МГц
Pentium Pro 150	2,5x	60
Pentium Pro 166	2,5x	66
Pentium Pro 180	3x	60
Pentium Pro 200	3x	66

Встроенная кэш-память второго уровня — одна из уникальных особенностей процессора Pentium Pro. Встроенная в процессор и удаленная из системной платы, эта память работает на максимальной частоте процессора и не зависит от более низкой тактовой частоты (60 или 66 МГц) шины системной платы. Фактически кэш-память второго уровня имеет собственную внутреннюю 64-разрядную шину, функционирующую независимо от внешней 64-разрядной шины процессора. Внутренние регистры и каналы данных — 32-разрядные, как и в Pentium. Системные платы стали дешевле, поскольку им больше не требуется отдельная кэш-память. По общему мнению, кэш-память третьего уровня (которую некоторые производители все же встраивали в свои системные платы) в Pentium Pro менее эффективна, чем кэш-память второго уровня. Интеграция в процессор кэш-памяти второго уровня является самым значительным наследием процессоров Pentium Pro, которое и по сей день характеризует практически все процессоры, выпускаемые компаниями AMD и Intel (исключением является только первоначальная модель процессора Celeron).

Одно из свойств встроенной кэш-памяти второго уровня заключается в том, что она значительно улучшает работу многозадачной системы. Процессор Pentium Pro поддерживает новую многопроцессорную структуру *Multi-Processor Specification* (*MPS*), а не симметричную многопроцессорную работу (SMP), как в случае с Pentium. Благодаря MPS в системах с Pentium Pro одновременно может работать до четырех процессоров. В отличие от других многопроцессорных систем, при использовании Pentium Pro не возникает проблемы когерентности кэшей.

На корпусе процессора Pentium Pro есть четыре специальных контакта для *идентификации напряжения* (Voltage Identification — VID), которые используются для автоматического выбора напряжения питания. Поэтому системная плата Pentium Pro не имеет переходного устройства для выбора напряжения, как большинство плат для Pentium, что значительно упрощает установку процессора и сборку системы. Для большинства процессоров Pentium Pro требуется напряжение 3,3 В, но для некоторых — 3,1 В.

Процессор Pentium II

Этот процессор компания Intel представила в мае 1997 года. До своего официального появления на рынке он был известен под кодовым названием *Klamath*, и вокруг него в компьютерном мире ходило огромное количество слухов. Pentium II, по существу, — тот же процессор шестого поколения, что и Pentium Pro, но с добавленной технологией MMX (включая удвоенный объем кэш-памяти первого уровня и 57 новых инструкций MMX), однако в его конструкции был и ряд новшеств. Кристалл процессора Pentium II показан на рис. 3.33.

Однако в физическом аспекте это действительно нечто новое. Процессор Pentium II заключен в корпус с односторонним контактом (Single Edge Contact — SEC) и большим теплоотводным элементом. Устанавливается он на собственную небольшую плату, очень похожую на модуль памяти SIMM и содержащую кэш-память второго уровня (рис. 3.34); эта плата устанавливается в разъем типа Slot 1 на системной плате, который внешне очень похож на разъем адаптера.

Существуют два типа картриджей процессоров, называемых SECC (Single Edge Contact Cartridge) (рис. 3.35) и SECC2.

В картридже SECC2 меньше компонентов, поэтому и стоимость его немного меньше. Кроме того, в нем предусмотрен прямой контакт теплоотводного элемента с процессором, что улучшает показатели охлаждения. В начале 1999 года компания Intel полностью перешла на использование картриджей SECC2 как для всех следующих моделей Pentium II, так и для последовавших за ними процессоров Pentium III, использовавших разъем Slot 1.

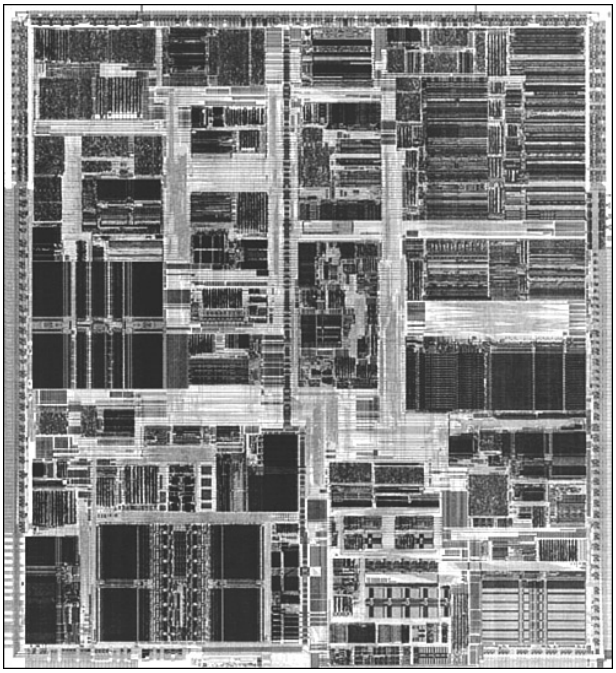


Рис. 3.33. Ядро процессора Pentium II. Фотография публикуется с разрешения компании Intel

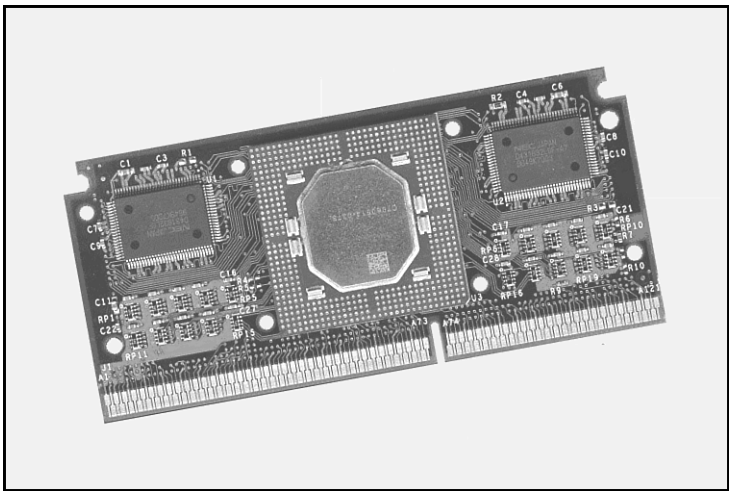


Рис. 3.34. Плата процессора Pentium II (в картридже SEC). Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Используя отдельные микросхемы, собираемые на монтажной плате, компания Intel смогла удешевить производство процессоров Pentium II по сравнению с множеством кристаллов, находящихся в одном корпусе Pentium Pro. Также это позволило использовать микросхемы кэш-памяти других производителей и, таким образом, расширить спектр конфигураций процессора.

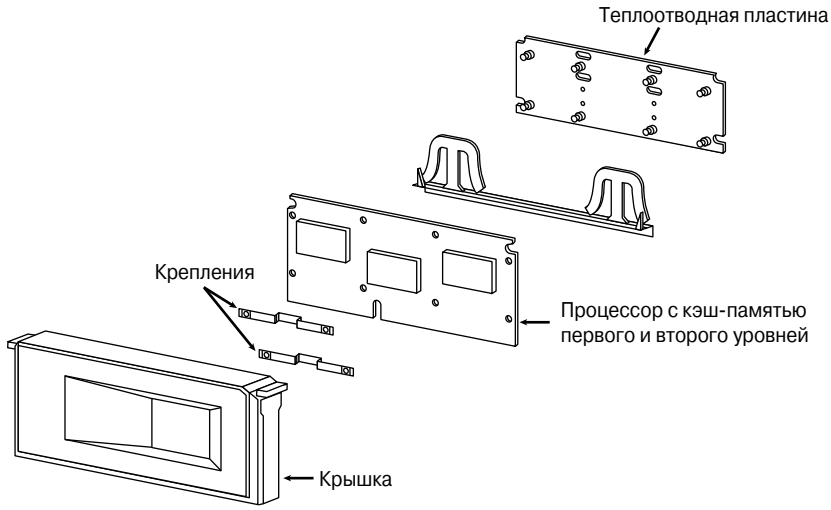


Рис. 3.35. Компоненты картриджа SECC

Предлагаемые Intel процессоры Pentium II работают на тактовых частотах, перечисленных в табл. 3.21.

Таблица 3.21. Быстродействие процессоров и материнских плат Pentium II

Тип процессора / быстродействие	Множитель тактовой частоты	Тактовая частота системной платы, МГц
Pentium II 233	3,5x	66
Pentium II 266	4x	66
Pentium II 300	4,5x	66
Pentium II 333	5x	66
Pentium II 350	3,5x	100
Pentium II 400	4x	100
Pentium II 450	4,5x	100

Ядро процессора Pentium II имеет 7,5 млн. транзисторов; при его производстве используется улучшенная архитектура P6 компании Intel. Вначале все процессоры Pentium II производились по 0,35-микронной технологии, однако уже при изготовлении Pentium II с частотой 333 МГц используется 0,25-микронный процесс. Это позволяет уменьшить кристалл, увеличить тактовую частоту и снизить потребляемую мощность. При тактовой частоте 333 МГц эффективность процессора Pentium II на 75–150% выше, чем эффективность Pentium MMX с частотой 233 МГц, а при проведении эталонных мультимедийных тестов — приблизительно на 50% выше. Как было показано в табл. 3.8, индекс iCOMP 2.0 у Pentium II с частотой 266 МГц вдвое выше, чем у оригинального процессора Pentium с частотой 200 МГц.

Если не учитывать скорость, то процессор Pentium II можно рассматривать как комбинацию Pentium Pro и технологию MMX с немного улучшенной конструкцией кэш-памяти. У него такие же многопроцессорные возможности и точно такой же интегрированный кэш второго уровня, как у Pentium Pro, а у MMX заимствованы 57 новых мультимедийных команд. Кроме того, в Pentium II объем внутренней кэш-памяти первого уровня вдвое выше, чем в Pentium Pro (теперь он составляет не 16, а 32 Кбайт).

Максимальная потребляемая процессором Pentium II мощность и рабочее напряжение приведены в табл. 3.22.

Таблица 3.22. Максимальная мощность процессоров Pentium II

Основная тактовая частота, МГц	Потребляемая мощность, Вт	Процесс (размер структуры), мкм	Напряжение, В
450	27,1	0,25	2,0
400	24,3	0,25	2,0
350	21,5	0,25	2,0
333	23,7	0,25	2,0
300	43,0	0,35	2,8
266	38,2	0,35	2,8
233	34,8	0,35	2,8

Процессор Pentium II с частотой 450 МГц потребляет меньшую мощность, чем его первоначальная версия с частотой 233 МГц. Это было достигнуто за счет уменьшения размера структуры до 0,25 микрона и снижения напряжения до 2,0 В.

Как и в Pentium Pro, в Pentium II внедрена архитектура *двойной независимой шины* (Dual Independent Bus — DIB). Термин *двойная независимая шина* своим происхождением обязан двум независимым шинам в процессоре Pentium II — шине кэш-памяти второго уровня и системной шине, по которой происходит обмен данными между процессором и основной памятью. Pentium II может использовать обе шины одновременно, поэтому интенсивность обмена данными других устройств с Pentium II может быть вдвое выше, чем с процессором, в котором использовалась архитектура одиночной шины. Архитектура двойной независимой шины позволяет повысить быстродействие кэш-памяти второго уровня процессора Pentium II с частотой 333 МГц в 2,5 раза. Причем с увеличением тактовой частоты процессоров Pentium II возрастает и быстродействие кэш-памяти второго уровня. Кроме того, системная шина с конвейерной организацией позволяет параллельно выполнять два потока транзакций, а не один. Все эти улучшения архитектуры двойной независимой шины увеличивают ее пропускную способность почти в три раза по сравнению с пропускной способностью шины с одиночной архитектурой у обычного процессора Pentium.

Общие технические характеристики процессоров Pentium II приведены в табл. 3.23.

Таблица 3.23. Технические характеристики процессоров Pentium II

Представлен	7 мая 1997 года (233, 266, 300 МГц), 26 января 1998 года (333 МГц), 15 апреля 1998 года (350, 400, 450 МГц)
Частота, МГц/шина, МГц/ коэффициент умножения	233/66/3,5, 266/66/4, 300/66/4,5, 333/66/, 350/100/3,5, 400/100/4, 450/100/4,5
Внутренние регистры, бит	32
Шина данных, бит	64
Шина адреса	36 разрядов (адресуется 64 Гбайт)
Кэш L1	16 Кбайт на инструкции, 16 Кбайт на данные (всего 32 Кбайт)
Кэш L2	512 Кбайт (на половине частоты ядра)
Гнездо	Slot 1
Упаковка	242-контактный картридж SECC 13,98×6,28×1,64 см
Транзисторов	7,5 миллиона (0,25- или 0,35-микронный процесс), плюс 31 миллион для 512 Кбайт кэш-памяти L2
Размер кристалла	118 мм^2 (0,25 мкм), 131 мм^2 (0,35 мкм)
Напряжение, В	2,0

Кэш-память первого уровня всегда работает на основной тактовой частоте процессора, потому что установлена непосредственно на его кристалле. Кэш-память второго уровня в Pentium II обычно работает на половине основной тактовой частоты процессора, что позволяет снизить стоимость микросхемы кэша. Например, в Pentium II с частотой 333 МГц кэш-память первого уровня работает на тактовой частоте 333 МГц, в то время как кэш-память второго уровня — на частоте 167 МГц. Хотя кэш-память второго уровня работает не на полной тактовой частоте, как это было в Pentium Pro, ее быстродействие значительно выше по сравнению

с кэш-памятью на системной плате, работающей на тактовой частоте 66 МГц (это частота большинства системных плат с гнездом типа Socket 7 для Pentium). Как утверждает Intel, пропускная способность новой двойной шины втрое выше пропускной способности обычной.

Теперь, перенеся кэш-память из внутреннего корпуса процессора и используя внешнюю микросхему, установленную в одном картридже, Intel может обходиться более дешевыми микросхемами кэш-памяти и еще больше увеличивать тактовую частоту процессора. Тактовая частота Pentium Pro была ограничена 200 МГц, так как было трудно найти доступную кэш-память с более высокой частотой. А поскольку тактовая частота кэш-памяти составляет половину тактовой частоты процессора, Pentium II может работать на частоте 400 МГц, что позволяет использовать микросхемы кэш-памяти с номинальной тактовой частотой всего 200 МГц. Чтобы компенсировать половинную тактовую частоту кэш-памяти в Pentium II, компания Intel удвоила объем кэш-памяти второго уровня (в Pentium Pro стандартный объем равен 256 Кбайт, а в Pentium II — 512 Кбайт).

Обратите внимание на то, что дескрипторы ОЗУ, имеющиеся в кэш-памяти второго уровня, допускают кэширование оперативной памяти объемом до 512 Мбайт в процессорах Pentium II (от 233 до 333 МГц). В процессорах на 350, 400 МГц и выше дескрипторы ОЗУ расширены, поэтому в таких моделях разрешается кэшировать до 4 Гбайт оперативной памяти. Это очень важно, если вы планируете когда-либо установить память объемом более 512 Мбайт. Некэшируемая память снижает производительность любой системы.

Процессор Pentium III

Показанный на рис. 3.36 процессор Pentium III представлен в феврале 1999 года. Он имеет то же ядро, что и Pentium II с поддержкой дополнительных инструкций SSE, внедренной в ядро кэш-памятью второго уровня. В Pentium III реализованы новые поточные SIMD-расширения: 70 команд, обеспечивающих улучшенные возможности обработки изображений, трехмерной графики, поточного видео/аудио и распознавания речи.

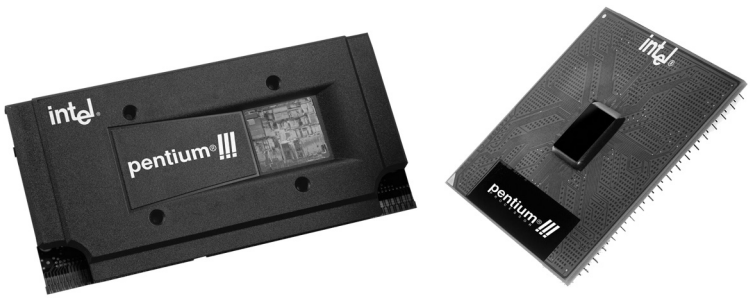


Рис. 3.36. Процессор Pentium III (корпус FC-PGA и SECC2)

Процессор Pentium III изначально выпускался по 0,25-микронной технологии и содержал 9,5 млн. транзисторов. В конце 1999 года Intel перешла к ядру (кодовое название — Coppermine), созданному по 0,18-микронной технологии и имеющему дополнительные 256 Кбайт встроеннной кэш-памяти второго уровня. В результате процессор стал содержать 28,1 млн. транзисторов. Последняя версия Pentium III (кодовое название — Tualatin) создана по 0,13-микронной технологии и имеет 44 млн. транзисторов. Системные платы, выпущенные до появления Tualatin, не поддерживают этот процессор из-за другого расположения контактных выводов. Процессоры Pentium III работают на тактовых частотах от 450 МГц до 1,4 ГГц; кроме того, существуют и серверные версии (Xeon), имеющие более быстродействующую кэш-память большего объема. В Pentium III установлено 32 Кбайт кэш-памяти первого уровня и 256 либо 512 Кбайт кэш-памяти второго уровня, работающей на половинной или полной частоте про-

цессора. Объем кэш-памяти второго уровня позволяет кэшировать до 4 Гбайт адресуемой памяти. Pentium III может использоваться в двухпроцессорных системах с объемом памяти 64 Гбайт. Серийный номер процессора предоставляет программам обеспечения безопасности, аутентификации и системного управления полезный метод идентификации отдельных компьютеров. В целях защиты личной информации указание серийного номера можно отключить в BIOS большинства систем, поддерживающих процессоры Pentium III и Celeron III.

Процессоры Pentium III изначально выпускались в корпусах формфактора SECC2, заменившего устаревшие корпуса SEC. Корпус SECC2 закрывает только одну сторону процессора, имеет меньший вес и упрощает процесс установки теплоотвода. Ниже описаны основные особенности процессора Pentium III.

- **Поточные расширения SIMD (SSE)**. Добавлено 70 новых команд, значительно улучшающих обработку графики, воспроизведение трехмерных аудио- и видеофайлов, доступ к Интернету, распознавание речи, новые пользовательские интерфейсы, а также ускоряющих работу профессиональных графических и звуковых приложений.
- **Серийный номер процессора Intel**. Является первым элементом системы безопасности ПК, предлагаемой компанией Intel, и служит электронным "паспортом" процессора, пользователя или системы. Это делает возможным идентификацию системы/пользователя при работе в сети или с приложениями следующего типа.
  - Приложения, использующие возможности систем защиты. Управляемый доступ к новым сайтам и сервисам Интернета; электронный обмен документами.
  - Корпоративные приложения. Управление активами; удаленная конфигурация и загрузка системы.

Большинство процессоров Pentium III изначально выпускались в улучшенном корпусе SECC2; впоследствии компания Intel переключилась на использование корпуса FC-PGA, конструкция которого имеет более низкую стоимость и позволяет подсоединить радиатор непосредственно к ядру процессора для лучшего охлаждения. Корпус FC-PGA может быть подключен в гнездо Socket 370 или же в Slot 1 с помощью адаптера *slot-ket*.

Все процессоры Pentium III содержат 512 или 256 Кбайт кэш-памяти второго уровня, которая работает на полной или половинной частоте процессора. В процессорах Xeon используется кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт, 1 или 2 Мбайт, работающая на полной частоте процессора. Процессор Xeon является более дорогой версией, разработанной для серверов и рабочих станций. Все процессоры Pentium III позволяют адресовать до 4 Гбайт оперативной памяти и поддерживают функции ECC.

Процессоры Pentium III можно отличить по их маркировке на верхней грани картриджа. Формат и значение отдельных элементов маркировки показаны на рис. 3.37.

Celeron

Процессор Celeron — настоящий хамелеон; это в большей степени маркетинговое название, чем название ядра. Первые две версии процессора базировались на ядре P6 процессра Pentium II; в дальнейшем выпускались версии на базе ядер процессоров P III, затем на базе P4, и, наконец, последние версии базируются на ядре процессоров Core 2. На самом деле Celeron — название процессора Intel для современных бюджетных ПК.

При создании первых процессоров Celeron компания Intel пришла к выводу, что достаточно лишить процессор Pentium II кэш-памяти L2 и внести еще ряд "косметических" изменений и можно получить "новый" процессор, представляющий собой замедленную версию Pentium II. Таким образом, первые процессоры Celeron с частотой 266 и 300 МГц были полностью лишены кэш-памяти L2. К сожалению, это привело к значительному падению производительности, поэтому начиная с модели 300A процессор Celeron получил кэш-память L2 объемом 128 Кбайт, работающую на частоте ядра, что было даже более современно, чем кэш-память L2 объемом 512 Кбайт у процессора Pentium II, работающей на половине частоты ядра!

Фактически Celeron — первый процессор для ПК, получивший интегрированную кэш-память второго уровня. Такая ситуация имела место до выхода Pentium III на ядре Coppermine с интегрированной кэш-памятью L2.

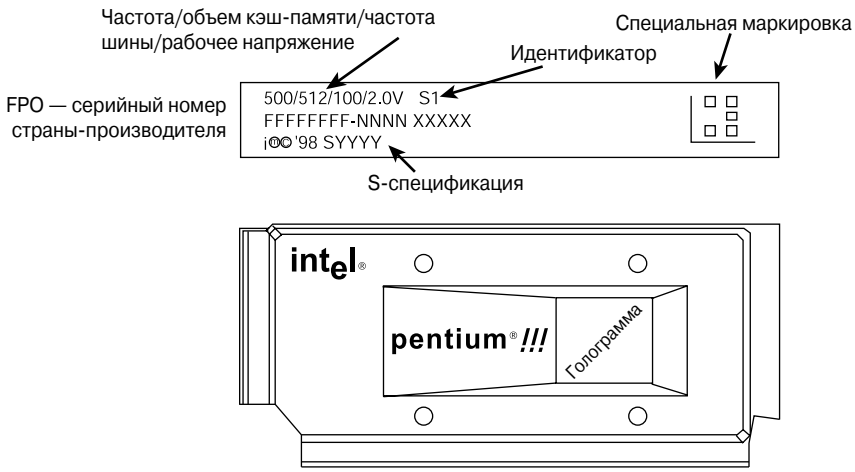


Рис. 3.37. Маркировка процессора Pentium III

Следует ли говорить, что с процессором Celeron связано множество не совсем очевидных моментов. Сначала это была полностью "обрезанная" версия Pentium II, а затем процессор стал в некоторых аспектах даже совершенее Pentium (обладая меньшей стоимостью), поэтому многим пользователям было сложно понять, какого уровня производительности ожидать от той или иной модификации Celeron. К счастью, кэш-память L2 отсутствовала только в самых первых версиях Celeron; все версии с частотой выше 300 МГц оснащены кэш-памятью L2, работающей на часоте ядра.

После этого выпускалось множество различных версий процессора Celeron, каждая из которых базировалась на текущем ядре "основного" процессора. Последние версии Celeron базируются на том же ядре Wolfdale, производимом с использованием технологического процесса 45 нм, что и более дорогие процессоры Core 2. Разница заключается в уменьшенных частоте шины и объеме кэш-памяти, что позволило значительно уменьшить стоимость процессоров Celeron.

Поскольку Intel предлагала немало вариантов процессоров Celeron и Celeron D, очень легко запутаться, что собой представляет та или иная модель. Определив номер спецификации определенной модели и посетив сайт Intel для разработчиков (`http://processorfinder.intel.com`), можно получить исчерпывающие сведения о спецификаци процессора, включая тип гнезда, напряжение питания, ревизию, объем кэш-памяти, а также другие характеристики. Если номер спецификации вам не известен, подробную информацию о процессоре можно получить с помощью диагностических утилит, таких как CPU-Z (`www.cpuid.com`).

Процессоры: P7 (Intel Pentium 4)

Процессор Pentium 4, выпущенный в ноябре 2000 года, представляет собой совершенно новое поколение процессоров (рис. 3.38). Если вместо имени ему присвоить порядковый номер, это будет процессор 786, так как он является представителем другого поколения, отличающегося от предыдущих процессоров класса 686. На базе различных ядер и архитектур было создано несколько версий процессора Pentium 4 (некоторые из них показаны на рис. 3.39).



Рис. 3.38. Процессор Pentium 4 в корпусе FC-PGA2

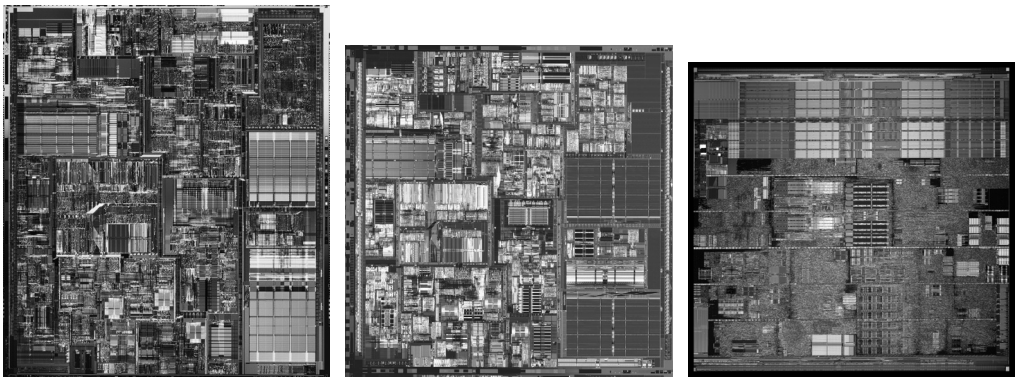


Рис. 3.39. Кристалл процессора Pentium 4 (Willamette, Northwood и Prescott). Фотография публикуется с разрешения компании Intel

Основные технические характеристики процессора Pentium 4:

- тактовая частота процессора — 1,3–3,8 ГГц и выше;
- количество транзисторов — 42 млн., 0,18-микронная технология, площадь кристалла — 217 мм^2 (Willamette);
- количество транзисторов — 55 млн., 0,13-микронная технология, площадь кристалла — 131 мм^2 (Northwood);
- количество транзисторов — 178 млн., 0,13-микронная технология, площадь кристалла — 237 мм^2 (Gallatin);
- количество транзисторов — 125 млн., 0,09-микронная технология, площадь кристалла — 112 мм^2 (Prescott);
- количество транзисторов — 169 млн., 0,09-микронная технология, площадь кристалла — 135 мм^2 (Prescott 2M);
- количество транзисторов — 188 млн., 0,065-микронная технология, площадь кристалла — 81 мм^2 (Cedar Mill);
- программная совместимость с предыдущими 32-разрядными процессорами Intel;

- тактовая частота шины процессора — 400, 533 800 или 1066 МГц;
- арифметико-логические устройства (АЛУ) работают на удвоенной частоте ядра процессора;
- гиперконвейерная технология (20 ступеней или 31 ступень);
- поддержка технологии Hyper-Threading всеми процессорами с частотой 2,4 ГГц и выше, работающими на шине с частотой 800 МГц, и всеми процессорами с частотой 3,06 ГГц и выше, работающими на шине с частотой 533 МГц;
- нестандартное выполнение инструкций;
- расширенное прогнозирование ветвления;
- 8 или 16 Кбайт кэш-памяти первого уровня плюс кэш контроля выполнения команд объемом 12 Кбайт;
- ассоциативная восьмиуровневая 128-разрядная кэш-память второго уровня объемом 256 Кбайт, 512 Кбайт, 1 или 2 Мбайт, работающая на частоте процессора;
- кэш-память второго уровня позволяет обрабатывать всю физическую память и поддерживает код коррекции ошибок (ECC);
- в версии Extreme Edition есть встроенный кэш третьего уровня 2 Мбайт, работающий на частоте ядра;
- 144 новые инструкции SSE2 для обработки звуковых и графических данных (Willamette и Northwood);
- инструкции SSE3 (содержат все инструкции SSE2, а также 13 новых инструкций для обработки графики и звука (Prescott));
- расширенный модуль выполнения операций с плавающей запятой;
- несколько режимов понижения потребления мощности.

Компания Intel отказалась от использования римских цифр для обозначения процессоров, отдав предпочтение стандартной арабской нумерации. Pentium 4 представляет новую архитектуру NetBurst, включающую в себя гиперконвейерную технологию, механизм быстрого выполнения операций, системную шину с рабочей частотой 400/533/800/1066 МГц и кэш-память контроля выполнения команд. Гиперконвейерная технология позволяет удвоить по сравнению с Pentium III интенсивность конвейерной обработки инструкций, что связано с уменьшением величины шага выполняемых операций. Это также дает возможность использовать более высокие тактовые частоты. Механизм быстрого выполнения позволяет двум целочисленным арифметико-логическим устройствам (АЛУ) работать с удвоенной частотой процессора, что делает возможным выполнение инструкций в течение полутакта. Системная шина с рабочей частотой 400/533/800/1066 МГц представляет собой учетверенную шину, взаимодействующую с системным тактовым генератором с частотой 100/133/200/266 МГц, что позволяет передавать данные четыре раза за один такт. Кэш-памятью контроля выполнения команд является высокопроизводительный кэш первого уровня, содержащий примерно 12 Кбайт декодированных микроопераций. Это позволяет удалить дешифратор команд из основного выполняемого конвейера и повысить производительность процессора.

Из всех перечисленных компонентов самый большой интерес вызывает быстродействующая шина процессора. В техническом аспекте она представляет собой учетверенную шину подкачки с частотой 100/133/200/266 МГц, передающую данные четыре раза за один такт (4x) для достижения рабочей частоты 400/533/800/1066 МГц. Ширина шины равна 64 разрядам (т.е. 64 бит, или 8 байт), следовательно, ее пропускная способность составляет 3200, 4266, 6400 или 8532 Мбайт/с.

В 20- или 31-уровневой конвейерной внутренней архитектуре отдельные инструкции разбиваются на несколько подуровней, что было характерно, например, для процессора Pentium III с его RISC-подобной системой выполнения команд. К сожалению, подобная технология при-

водит к увеличению числа циклов, требующихся для выполнения инструкций, если они, конечно, не оптимизированы для данного процессора. Еще одним архитектурным преимуществом стало использование гиперконвейерной технологии (Hyper-Threading) во всех процессорах Pentium 4 с тактовыми частотами 2,4 ГГц и выше, работающих на системной шине 800 МГц, и в процессорах с тактовыми частотами 3,06 ГГц и выше, работающих на шине с частотой 533 МГц. Эта технология позволяет одному процессору обрабатывать одновременно два потока, в некотором роде имитируя два параллельно работающих процессора. Более подробно об этой технологии см. в начале главы.

В первых конструкциях Pentium 4 использовалось гнездо Socket 423, содержащее 423 вывода, расположенных по схеме 39×39 SPGA. В более современных версиях используется гнездо Socket 478, а в новейших — гнездо Socket T (LGA775), содержащее дополнительные выводы, предназначенные для будущих новых технологий, таких как EM64T (64-разрядное расширение), Execute Disable Bit (защита от атак на переполнение буфера) и Intel Virtualization Technology (технология виртуализации, позволяющая создавать для приложений изолированные разделы). Процессор Celeron 4 никогда не разрабатывался для установки в гнездо Socket 423, однако процессоры Celeron и Celeron D доступны в версиях для гнезд Socket 478 и Socket T (LGA775) и позволяют системам эконом-класса быть совместимыми с Pentium 4. Управление напряжением питания выполняется автоматически модулем VRM, установленным на материнской плате и связанным с гнездом.

Технические характеристики различных версий процессора Pentium 4 приведены в табл. 3.24.

Спустя некоторое время после появления данных процессоров на рынке стало понятно, что "Pentium 4" — не просто название одного из семейств процессоров, а своеобразная торговая марка. Это привело к недоразумениям при модернизации существующих, а также приобретении новых компьютерных систем. Из-за наличия трех формфакторов (Socket 423, Socket 478 и Socket 775), а также различных комбинаций поддерживаемых процессорами Pentium 4 технологий важно определить, какие характеристики необходимы в конкретной ситуации, прежде чем принимать решение о покупке новой системы Pentium 4 или модернизации существующей.

Pentium 4 Extreme Edition

В ноябре 2003 года Intel представила версию Extreme Edition процессора Pentium 4, которая оказалась первым процессором для ПК, оснащенным кэш-памятью третьего уровня L3. Процессор Pentium 4 Extreme Edition (или просто Pentium 4EE) — это немного скорректированная версия ядра Prestonia процессора Xeon (он предназначен для серверов и рабочих станций), который оснащался кэш-памятью третьего уровня L3 с ноября 2002 года. Pentium 4EE оснащен кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт и кэш-памятью третьего уровня L3 объемом 2 Мбайт, что привело к увеличению количества транзисторов до 178 млн., что значительно больше, чем у Pentium 4. Поскольку при использовании 0,13-микронной технологии размеры ядра были очень велики, производство процессора оказалось весьма дорогостоящим, поэтому и розничная цена была довольно высокой. Процессор Pentium 4 Extreme Edition рассчитан прежде всего на заядлых поклонников компьютерных игр, которые согласны доплатить за повышенное быстродействие. При выполнении стандартных бизнес-приложений дополнительная кэш-память практически бесполезна, однако она оказывается весьма кстати при запуске трехмерных игр, требовательных к ресурсам.

В 2004 году были представлены обновленные версии Pentium 4 Extreme Edition. Эти процессоры базируются на 0,09-микронном ядре Pentium 4 Prescott и при этом оснащаются кэш-памятью L2 объемом 2 Мбайт вместо 512 Кбайт, свойственных обычным процессорам Pentium 4 на ядре Prescott. Процессоры Pentium 4 Extreme Edition на ядре Prescott не оснащаются кэш-памятью L3.

Процессоры Pentium 4 Extreme Edition выпускаются для гнезд Socket 478 и Socket T; при этом тактовые частоты составляют от 3,2 до 3,4 ГГц (Socket 478) и от 3,4 до 3,73 ГГц (Socket T).

Таблица 3.24. Технические характеристики процессора Pentium 4

Модель процессора	Тактовая частота, ГГц	Частота шины, МГц	Кэш-память L2	Кэш-память L3, Кбайт	Тип ядра	Технологический процесс, нм	Транзисторов, млн.
P4 631-661	3,00-3,60	800	2 Мбайт	—	Cedar Mill	65	188
Celeron D 347-365	3,06-3,60	533	512 Кбайт	—	Cedar Mill	65	188
P4 620-670	2,80-3,80	800, 1,066	2 Мбайт	—	Prescott 2M	90	169
P4 2.26-3.8	2,26-3,80	533, 800	1MB	—	Prescott	90	125
Celeron D 310-355	2,26-3,80	533, 800	1 Мбайт	—	Prescott	90	125
P4 EE	3,20-3,46	800, 1 066	512 Кбайт	2 Мбайт	Gallatin	130	178
P4 1.6-3.4	1,60-3,40	400, 533, 800	512 Кбайт	—	Northwood	130	55
Celeron 1.8A-2.8	1,80-2,80 ГГц	400	128 Кбайт	—	Northwood	130	55
P4 1.3-2.0	1,30-2000	400	256KB	—	Willamette	180	42
Celeron 1.7-1.8	1,70-1,80 ГГц	400	128 Кбайт	—	Willamette	180	42

EE — Extreme Edition.

SSE — потоковые инструкции SIMD (MMX).

HT — гиперконвейерная технология (Hyper-Threading).

Электропитание процессора Pentium 4 и вопросы охлаждения

Процессор Pentium 4 требует большого количества электрической энергии, поэтому в большинстве его системных плат используется новая конструкция модуля регулятора напряжения, потребляемое напряжение которого составляет 12 В вместо 3,3 или 5 В, как в предыдущих конструкциях. Таким образом, электрический ток напряжением 3,3 или 5 В, необходимый для работы остальных компонентов системы, становится более доступным. Кроме того, более высокое напряжение источника значительно снижает общее потребление тока. Блоки питания компьютера генерируют более чем достаточный запас напряжения, но системная плата ATX и исходная конструкция схемы питания содержат только один контакт, выделенный под напряжение 12 В, в то же время каждый контакт рассчитан на ток, не превышающий 6 А. Поэтому были крайне необходимы дополнительные 12-вольтные линии, предназначенные для подачи питания на системную плату.

Решением проблемы стал третий разъем питания, получивший название ATX12V. Он является дополнением стандартного 20-контактного силового разъема ATX и вспомогательного 6-контактного разъема питания (3,3/5 В). Но, так как с разъемов дисковода подается ток достаточной мощности, изменять конструкцию источника питания нет необходимости. Для того чтобы можно было его использовать, некоторые компании предлагают недорогие адаптеры, преобразующие стандартный силовой разъем дисковода типа Molex в разъем питания ATX12V. Как правило, 300-ваттный (как минимум) или более мощный источник питания обеспечивает достаточный уровень подаваемого напряжения как для силовых разъемов дисководов, так и для разъемов ATX12V.

Если уровень мощности менее рекомендуемого 300-ваттного минимума, необходимо заменить блок питания.

Для охлаждения модулей высокой мощности, к которым относится Pentium 4, необходим активный теплоотвод большого размера. Вес теплоотвода иногда достигает 0,5 кг, что может привести к повреждению процессора или системной платы вследствие повышенной вибрации или удара. Для того чтобы выйти из этого положения, в конструкцию шасси ATX в качестве элементов жесткости были введены четыре дополнительных кронштейна, которые располагаются по разные стороны от гнезда Socket 423 и служат для поддержки теплоотвода. Такая конструкция позволяет значительно уменьшить нагрузку на системную плату. Поставщики могут воспользоваться и другими средствами усиления жесткости крепления процессора без дополнительных изменений конструкции шасси. Например, в состав поставляемой системной платы Asus P4T входит дополнительная металлическая пластина, позволяющая использовать ее с существующими корпусами ATX.

Размер кристалла, мм^2	Потребляемая мощность, Вт	SSE	HT	64-разрядный	NX	EIST	VT	Гнездо
81	65-86	SSE3	Да	Да	Да	Некоторые	—	LGA775
81	65-86	SSE3	—	Да	Да	—	—	LGA775
135	84-115	SSE3	Да	Да	Да	Большинство	Некоторые	LGA775
112	84-115	SSE3	Некоторые	Некоторые	Некоторые	—	—	478,LGA775
112	84-115	SSE3	—	Некоторые	Некоторые	—	—	478,LGA775
237	92,1-110,7	SSE2	Да	—	—	—	—	478,LGA775
131	46,8-89	SSE2	Некоторые	—	—	—	—	478
131	52.8-68.4W	SSE2	—	—	—	—	—	478
217	51,6-71,8	SSE2	—	—	—	—	—	423,478
217	63,5-66,1	SSE2	—	—	—	—	—	478

NX — бит запрета выполнения (Execute Disable Bit).

EIST — технология динамического изменения напряжения питания (Enchanced Intel SpeedStep Technology).

VT — технология виртуализации.

Чтобы установить процессоры в гнездо Socket 478, не нужны специальные стойки или усиленные элементы жесткости. В данном случае используется уникальная схема, в которой теплоотвод ЦПУ присоединяется непосредственно к системной плате, а не к гнезду процессора или к корпусу. Системные платы Socket 478 могут быть установлены в любой корпус ATX — специальные крепления также не понадобятся.

Системы Socket T (LGA775) используют уникальный фиксирующий механизм, удерживающий процессор. Теплоотвод закрепляется над процессором, а фиксирующий механизм прикрепляет его к системной плате.

Поскольку процессоры семейства Pentium 4 выпускались для трех типов гнезд и при этом характеризовались разными частотами и уровнем тепловыделения, очень важно, чтобы выбранный теплоотвод был совместим с процессором, который вы собрались приобретать. Именно поэтому я предпочитаю приобретать коробочные, а не OEM-версии процессоров. Ведь вместе с коробочными версиями своих процессоров Intel поставляет гарантированно совместимые с ними теплоотводы. К тому же коробочные версии процессоров Intel имеют 3-летнюю гарантию, что делает их идеальным выбором для модернизации и сборки компьютерных систем.

Процессоры Pentium D и Pentium Extreme Edition

Компания Intel представила свои первые двухъядерные процессоры Pentium Extreme Edition и Pentium D в апреле 2005 года. Хотя до момента появления на рынке данные процессоры носили кодовое название Smithfield, они базируются на ядре Pentium 4 Prescott. Фактически, стараясь вывести двухъядерные процессоры на рынок как можно быстрее, Intel просто объединила на одной подложке два ядра Prescott. Именно так на рынке и появились процессоры Pentium D и Pentium Extreme Edition. Каждое ядро взаимодействует с другим через микросхему MCH (северный мост) на системной плате (рис. 3.40).

По этой причине наборы микросхем Intel 915 и Intel 925, а также некоторые чипсеты для процессоров Pentium 4 от сторонних компаний нельзя использовать совместно с процессорами Pentium D и Pentium Extreme Edition. Первыми наборами микросхем от Intel, поддерживающими двухъядерные процессоры, стали наборы семейства 945, а также 955X и 975X для настольных систем и набор микросхем E7230 для рабочих станций. Кроме того, двухъядерные процессоры поддерживаются набором микросхем nForce 4 от компании NVIDIA.

Основные характеристики Pentium D:

- тактовые частоты — от 2,8 до 3,6 ГГц;
- частота шины — 533 или 800 МГц;
- поддержка 64-разрядных расширений EM64T;

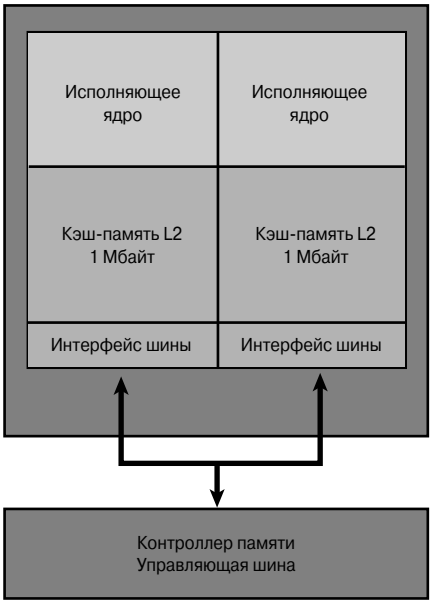


Рис. 3.40. Отдельные ядра процессоров Pentium D и Pentium Extreme Edition взаимодействуют через контроллер MCH набора микросхем

- поддержка технологии Execute Disable Bit;
- 0,09-микронный технологический процесс;
- кэш-память L2 объемом 2 или 4 Мбайт (по 1 или 2 Мбайт на ядро);
- гнездо Socket T (LGA775).

Модели 830, 840 и 9xx также поддерживают технологию Enhanced Intel Speed Step Technology, которая обеспечивает более тихую и "холодную" работу ПК, так как позволяет процессору в широких пределах изменять частоту в зависимости от текущей нагрузки.

Процессор Pentium Extreme Edition 840 похож на Pentium D 840, однако существует несколько отличий:

- поддержка технологии Hyper-Threading, которая позволяет каждому физическому ядру процессора имитировать два виртуальных ядра, что позволяет еще более ускорить выполнение многопотоковых приложений;
- технология Enhanced Intel Speed Step Technology не поддерживается;
- не заблокирован коэффициент умножения, что упрощает разгон процессора.

Сравнительные характеристики процессоров Pentium D и Pentium Extreme Edition представлены в табл. 3.25.

Таблица 3.25. Характеристики процессоров Pentium D и Pentium Extreme Edition

Модель процессора	Тактовая частота процессора, ГГц	Тактовая частота шины, МГц	Кэш-память L2, Мбайт	Ядро процессора
Pentium D 805-840	2,66-3,20	533;800	2	Smithfield
Pentium D 915-960	2,80-3,60	800	4	Presler
Pentium EE 840	3,20	800	2	Smithfield
Pentium EE 955-965	3,46-3,73	1066	4	Presler

EE — Extreme Edition.

SSE — SIMD Streaming Extensions — потоковые инструкции SIMD (MMX).

HT — Hyper-Threading.

Процессоры Intel Core

В ходе серийного производства процессоров Pentium 4 компания Intel пришла к заключению, что слишком высокое энергопотребление архитектуры NetBurst становится серьезной проблемой. С повышением тактовой частоты возрастает и потребляемая мощность. Источником проблем оказался 31-ступенчатый внутренний конвейер, который увеличивал скорость процессора, но уменьшал его эффективность. Для продолжения поступательного наращивания быстродействия процессоров требовалось новое решение, повышающее эффективность и в то же время резко снижающее энергопотребление. К счастью, в области мобильных процессоров у Intel уже имелось подобное решение; эти процессоры по праву считались самыми эффективными в мире (в секторе процессоров для ПК). Начиная с модели Pentium M мобильные процессоры от Intel использовали внутреннюю архитектуру, полностью отличающуюся от процессоров Pentium 4, предназначенных для настольных компьютеров. На самом деле мобильный процессор Pentium M был основан на архитектуре Pentium III. Чтобы создать новый производительный процессор для настольных систем, компания Intel взяла за основу мобильный процессор и добавила в него некоторые новые функции и технологии, повышающие производительность. Новые процессоры создавались с прицелом на многоядерность. Результатом этих разработок стал процессор Core 2, представленный 27 июля 2006 года.

Семейство процессоров Intel Core 2

Внутренняя архитектура процессоров Core 2 получила название *Core*. Она обеспечила на 40% более высокую производительность и на такую же величину более низкое энергопотребление по сравнению с процессорами Pentium D. Также интересен тот факт, что Core 2 Duo является двухъядерным процессором третьего поколения. Первое поколение представлял Pentium D для настольных систем, а второе — Core Duo для мобильных компьютеров.

Названия процессора Core 2 и архитектуры Core вносят некоторую путаницу, поскольку это название использовалось также для процессоров Core Duo и Core Solo — "наследников" Pentium M в семействе процессоров для мобильных систем. Дело в том, что в процессорах Core Solo/Duo не реализована архитектура Core и, несмотря на то, что они явились отправной точкой в создании процессора Core 2, имеют совершенно отличную внутреннюю структуру и не принадлежат одному с ним семейству. Так как процессоры Core Solo и Core Duo предназначены для мобильных систем, в настоящей книге мы рассматривать их не будем.

Процессор Core 2 изначально был выпущен как двухъядерный, однако с тех пор вышла и его четырехъядерная версия. Двухъядерная версия содержала 291 млн. транзисторов, в то время как в четырехъядерной их вдвое больше, т.е. 582 млн. Они содержат 1-2 Мбайт кэш-памяти первого уровня в расчете на каждое ядро и до 8 Мбайт кэш-памяти второго уровня в четырехъядерной версии. Изначально они создавались на 300-миллиметровой подложке с использованием 0,065-микронного процесса, однако впоследствии появились и версии с 0,045-микронным процессом.

Технологический процесс, мкм	Максимальная мощность, Вт	SSE	HT	64-разрядный	NX	EIST	VT	Тип гнезда
0,09	95-130	SSE3	—	Да	Да	некоторые	—	LGA775
0,065	95-130	SSE3	—	Да	—	Да	некоторые	LGA775
0,09	130	SSE3	Да	Да	Да	Да	—	LGA775
0,065	130	SSE3	Да	Да	Да	Да	Да	LGA775

NX — Execute Disable Bit.

EIST — технология Enchanced Intel SpeedStep.

VT — технология виртуализации.

Основные отличительные особенности архитектуры Core приведены ниже.

- **Широкое динамическое выполнение.** Каждое внутреннее ядро выполнения на 33% шире, чем в предыдущих поколениях, и позволяет выполнять одновременно до четырех полных инструкций. Дополнительный прогресс в производительности достигнут и за счет более точного предсказания переходов, более глубокого анализа кода и прочих функций, сокращающих время выполнения.
- **Интеллектуальная система энергоснабжения.** Интерактивная система включения внутренних подсистем процессора только в случае их необходимости.
- **Общий интеллектуальный кэш.** Многоядерный оптимизированный кэш увеличивает вероятность того, что данные, необходимые каждому из ядер, будут доступны в общем кэше второго уровня.
- **Интеллектуальный доступ к памяти.** Включает средство так называемого "устранения противоречий в памяти", которое содержит специальные алгоритмы, позволяющие с достаточно высокой вероятностью устанавливать зависимость последовательных команд сохранения и загрузки данных, и, таким образом, дает возможность применять упреждающее выполнение инструкций к этим командам.
- **Расширенная обработка цифрового мультимедиа.** Повышение в два раза производительности выполнения потоковых инструкций SIMD (SSE) за счет обработки всей 128-разрядной инструкции за один такт.

В настоящее время семейство Core 2 включает двух- и четырехъядерные процессоры, выпущенные под следующими названиями:

- **Core 2 Duo** — стандартный двухъядерный процессор;
- **Celeron** — одно- или двухъядерные процессоры начального уровня;
- **Core 2 Quad** — стандартный четырехъядерный процессор;
- **Core 2 Extreme** — усовершенствованные версии двух- и четырехъядерных процессоров.

На рис. 3.41 показан процессор Core 2 Duo в разрезе (крышка теплоотвода одного из ядер вскрыта).

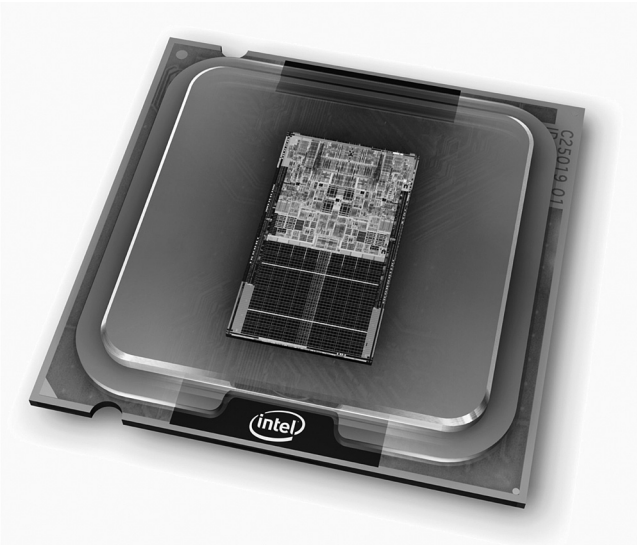


Рис. 3.41. Процессор Core 2 Duo в разрезе

Все процессоры семейства Core 2 поддерживают 64-разрядные расширения, а также набор инструкций SSE3 (в который добавлены 32 новые инструкции SIMD). В них также поддерживаются технология Enhanced Intel Speedster (EIST) и технология виртуализации.

В табл. 3.26 и 3.27 приведены характеристики процессоров семейства Core 2.

Процессоры Intel Nehalem (Core i)

Микроархитектура Nehalem — наследница микроахрхитектуры Core 2 компании Intel. Процессоры Nehalem также известны как процессоры семейства Core i Series. К ключевым особенностям данного семейства относятся интеграция в процессор контроллера памяти, а в некоторых моделях и всего северного моста, в том числе и опционального интегрированного видеоадаптера.

Первым представителем семейства Core i Series был процессор Core i7, представленный в ноябре 2008 года. Изначально использовался технологический процесс 45 нм, однако более новые модели Core i производятся уже с использованием технологического процесса 32 нм, что позволило уменьшить размеры кристалла и энергопотребление, при этом значительно увеличив производительность. Все процессоры семейства поддерживают память DDR3 и оснащены кэш-памятью L3; некоторые процессоры поддерживают технологию Hyper-Threading (HT).

Существуют два основных варианта процессоров семейства Core i Series. Предназначенные для ПК высокого уровня процессоры выпускаются в исполнении Socket LGA1366, в то время как более массовые модели предназначены для установки в гнездо Socket LGA1156. Модели для массовых ПК содержат интегрированный двухканальный контроллер памяти DDR3, графический интерфейс и даже опциальный современный интегрированный видеоадаптер. Поскольку базовая функциональность северного моста интегрирована в процессор, процессоры в исполнении Socket LGA1156 используют для взаимодействия с южным мостом на системной плате более медленную версию интерфейса DMI (Direct Media Interface) с пропускной способностью 2 Гбайт/с.

Процессоры Core i 900 Series в исполнении Socket LGA1366 содержат трехканальный контоллер памяти DDR3 и поддерживают производительную шину QPI (Quick Path Interconnect), используемую для взаимодействия с северным мостом (который называется I/O Hub или IOH) на системной плате (рис. 3.42). Микросхема IOH реализует графический интерфейс PCIe.

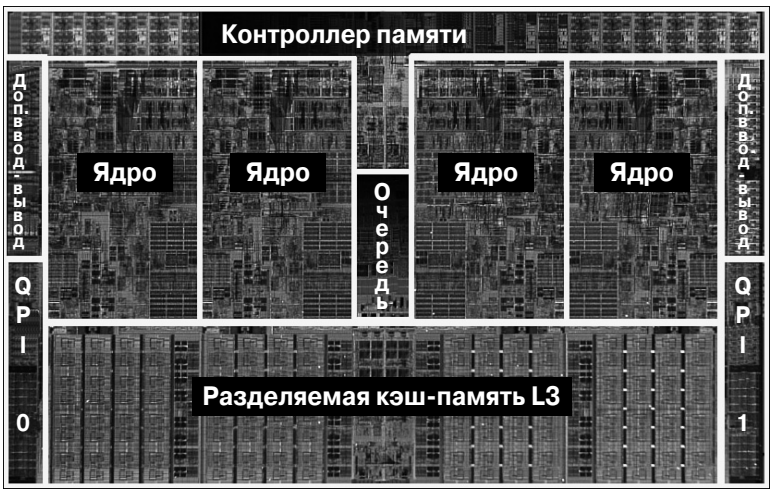


Рис. 3.42. Ядро процессора семейства Core i7 900. *Фотография любезно предоставлена компанией Intel*

Таблица 3.26. Характеристики двухъядерных процессоров семейства Core 2

Модель процессора	Число ядер	Тактовая частота процессора, ГГц	Тактовая частота шины, МГц	Кэш-память L2, Мбайт
Core 2 Duo E8190-E8600	2	2,66-3,33	1333	6
Core 2 Duo E7200-E7600	2	2,53-3,06	1066	3
Celeron E3200-E3300	2	2,40-2,50	800	1
Core 2 Extreme X6800	2	2,93	1066	4
Core 2 Duo E6300-E6850	2	1,86-3,00	1066, 1333	2, 4
Celeron 220-450	1	1,20-2,20	533-800	512 Кбайт
Core 2 Duo E6300-E6400	2	1,86-2,13	1066	2
Core 2 Duo E4300-E4700	2	1,80-2,60	800	2
Celeron E1200-E1600	2	1,60-2,40	800	512 Кбайт

Таблица 3.27. Характеристики четырехъядерных процессоров семейства Core 2

Модель процессора	Ядер	Тактовая частота процессора, ГГц	Тактовая частота шины, МГц	Кэш-память L2, Мбайт
Core 2 Extreme QX9xxx	4	3,00-3,20	1333-1600	2
Core 2 Quad Q9xxx	4	2,67-3,00	1333	12
Core 2 Quad Q9xxx	4	2,50-2,83	1333	6
Core 2 Quad Q8xxx	4	2,33-2,66	1333	4
Core 2 Quad Q7xxx	4	2,20-2,90	800	2
Core 2 Extreme QX6xxx	4	2,66-3,00	1066-1333	8
Core 2 Quad Q6xxx	4	2,13-2,66	1066	8

Первыми представителями семейства Core i Series являются процессоры Core i5 и Core i7. В дальнейшем к ним присоединились процессоры Core i3 и Core i9, что позволило охватить весь диапазон от начального до высокого уровня. Подробные сведения о различных процессорах семейства Core i Series представлены в табл. 3.28.

Процессоры AMD K6

В отличие от Cyrix и некоторых других конкурентов Intel, компания AMD является и разработчиком, и изготовителем.

Таким образом, эта компания разрабатывает процессоры и производит их на собственных заводах. AMD производила процессоры типа P6, первые версии которых были совместимы с системыми платами класса P5, предназначенными для рынка ПК начального уровня. Потом компания AMD предложила процессоры Athlon и Duron, которые были настоящими процессорами шестого поколения и предназначались для установки в гнездо фирменной разработки.

Nexgen Nx586

Компанию Nexgen основал Тампи Томас, один из создателей процессоров 486 и Pentium в Intel. В Nexgen он разработал процессор Nx586, функционально эквивалентный Pentium, но не совместимый с ним по разъему. Он всегда поставлялся с системной платой (фактически был впаян в нее). Компания Nexgen не производила микросхемы и системные платы; для этого она

Таблица 3.28. Процессоры семейства Core i Series

Модельный номер	Число ядер	Такт овая частота, ГГц	Частота шины, ГГц	Кэш L2, Мбайт	Кэш L3, Мбайт	Ядро
Core i9	6	~3	6,4	1,5	12	Gulftown
Core i3	2	~3	2	0,5	4	Clarkdale
Core i7 9xx EE	4	3,20-3,33	6,4	1	8	Bloomfield XE
Core i7 9xx	4	2,66-3,20	4,8	1	8	Bloomfield
Core i7 8xx	4	2,80-2,93	2	1		Lynnfield
Core i5 7xx	4	2,66	2	1	8	Lynnfield

Ядро процессора	Технологический процесс, нм	Макс. Мощность, Вт	SSE	64-разряд-ный	NX	EIST	VT	Тип гнезда
Wolfdale	45	65	SSSE4.1	Да	Да	Да	Большинство	LGA775
Wolfdale-3M	45	65	SSSE4.1	Да	Да	Да	Некоторые	LGA775
Wolfdale-3M	45	65	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775
Conroe XE	65	75	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775
Conroe	65	65	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775
Conroe-L	65	19-35	SSSE3	Да	Да	---	---	LGA775
Allendale	65	65	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775
Allendale	65	65	SSSE3	Да	Да	Да	---	LGA775
Allendale	65	65	SSSE3	Да	Да	Да	---	LGA775

Ядро процессора	Технологический процесс, нм	Макс. мощность, Вт	SSE	64-разряд-ный	NX	EIST	VT	Тип гнезда
Yorkfield XE	45	130-150	SSSE4.1	Да	Да	Да	Да	LGA775, LGA771
Yorkfield	45	65-95	SSSE4.1	Да	Да	Да	Да	LGA775
Yorkfield-6M	45	65-95	SSSE4.1	Да	Да	Да	Да	LGA775
Yorkfield-6M	45	65-95	SSSE4.1	Да	Да	Да	Некоторые	LGA775
Yorkfield-6M	45	65-95	SSSE4.1	Да	Да	Да	---	LGA775
Kentsfield XE	65	130	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775
Kentsfield	65	95-105	SSSE3	Да	Да	Да	Да	LGA775

SSE — SIMD Streaming Extensions — потоковые инструкции SIMD (MMX).

NX — Execute Disable Bit.

HT — Hyper-Threading

заключила контракты с IBM Microelectronics. Позже Nexgen была куплена компанией AMD; проект Nx586 был объединен с AMD K5, и таким образом был "создан" процессор AMD K6.

Процессор Nx586 имел все стандартные возможности процессора пятого поколения: суперскалярное выполнение с двумя внутренними конвейерами и встроенной высокоэффективной кэш-памятью первого уровня (фактически с двумя отдельными кэшами — для кода и для данных). Преимущество этого процессора состояло в том, что у него был отдельный кэш для команд емкостью 16 Кбайт и кэш для данных емкостью 16 Кбайт (в Pentium объем кэшей составлял всего 8 Кбайт). В этих кэшах хранятся часто используемые команды и данные.

В Nx586 было включено средство предсказания переходов, которое также является одним из признаков процессора шестого поколения. Поэтому процессор мог предсказывать поток выполняемых команд и оптимизировать выполнение программы.

Ядро процессора Nx586 также RISC-подобно. Модуль трансляции динамически транслирует команды x86 в команды RISC86. Команды RISC86 были разработаны специально для поддержки архитектуры x86 при соблюдении принципов эффективности RISC. Выполнять команды RISC86 проще, чем команды x86. Данная возможность реализована только в процессорах класса P6.

Технологический процесс, нм	Макс. мощность, Вт	SSE	64-разряд-ный	NX	VT	HTT	Тип гнезда
32	130	SSSE4.2	Да	Да	Да	Да	LGA1366
32	75	SSSE4.2	Да	Да	Да	---	LGA1156
45	130	SSSE4.2	Да	Да	Да	Да	LGA1366
45	130	SSSE4.2	Да	Да	Да	Да	LGA1366
45	95	SSSE4.2	Да	Да	Да	Да	LGA1156
45	95	SSSE4.2	Да	Да	Да	---	LGA1156

Производство процессора Nx586 было прекращено после объединения с компанией AMD, которая использовала архитектуру следующего процессора, Nx686, при разработке процессора AMD-K6.

Серия AMD-K6

Это высокоэффективный процессор шестого поколения, устанавливаемый на системных платах для процессоров P5 (Pentium). Фактически он был разработан для AMD компанией Nexgen и ранее был известен под кодовым названием Nx686. Процессор Nx686 так и не увидел свет, поскольку компания NexGen была куплена AMD еще перед его выпуском на рынок. По уровню эффективности AMD-K6 занимает промежуточное положение между Pentium и Pentium II.

В процессоре AMD-K6 в соответствии с промышленным стандартом реализована новая система команд мультимедиа (MMX), которая была обновлена в процессорах AMD K6-2 и стала называться 3DNow!. Компания AMD разработала процессор K6 с гнездом типа Socket 7. Это позволило производителям компьютеров создавать системы, которые можно легко модернизировать. Изначально для производства этих процессоров применялся 0,35-микронный процесс; позже с целью повышения производительности при уменьшении размера ядра и энергопотребления был произведен переход на 0,25-микронный процесс.

Технические характеристики процессора AMD-K6 следующие:

- внутренняя архитектура шестого поколения, внешний интерфейс пятого поколения;
- внутреннее RISC-ядро, транслирующее команды x86 в команды RISC;
- суперскалярные модули выполнения команд (семь);
- динамическое выполнение;
- предсказание переходов;
- упреждающее выполнение;
- большой кэш объемом 64 Кбайт (кэш объемом 32 Кбайт для команд плюс двухпортовый кэш с обратной записью объемом 32 Кбайт для данных);
- встроенный модуль для выполнения операций над числами с плавающей запятой (FPU);
- промышленный стандарт поддержки команд MMX;
- режим SMM;
- гнездо типа Socket 7 конструкции Ceramic Pin Grid Array (CPGA);
- использование при изготовлении 0,35- и 0,25-микроннной технологий для пяти слоев.

Архитектура AMD-K6 полностью x86-совместима, что означает возможность запуска любого программного обеспечения Intel, а также поддержку инструкций MMX. Чтобы компенсировать низкую производительность кэш-памяти L2 процессоров в исполнении Socket 7, компания AMD увеличила размер кэш-памяти L1 до 64 Кбайт, что в два раза превышает объем кэш-памяти первого уровня у процессоров Pentium II и Pentium III. Кроме того, динамическое исполнение, реализованное в K6 для превосходства над Pentium, позволило конкурировать с процессорами Pentium II и Pentium III.

Наследниками семества K6 были процессоры K6-2 и K6-3. K6-2 поддерживал более высокие тактовые частоты и частоту шины (до 100 МГц), а также новый набор инструкций 3DNow!. Процессор K6-3, кроме того, получил 256 Кбайт интегрированной кэш-памяти L2, работающей на частоте ядра. Добавление работающей на частоте ядра памяти L2 к ядру K6-3 сыграло важную роль, поскольку это позволило полноценно конкурировать с процессором Intel Pentium III, хотя и привело к слишком высокому температурному режиму. Как результат, производство процессоров K6-3 было быстро прекращено.

Первые процессоры K6 содержали 8,8 миллиона транзисторов и выпускались с использованием технологического процесса 0,35 мкм и пятислойного дизайна. Площадь ядра составляла около 162 мм^2. Процессоры K6-3 содержали 21,3 миллиона транзисторов и выпускались с использованием технологического процесса 0,25 мкм. Площадь ядра составляла около 118 мм^2.

Процессоры AMD K7

Процессор AMD Athlon

Процессор Athlon — следующий после семейства K6 продукт компании AMD. Это абсолютно новая разработка и достойный конкурент семейству процессоров Pentium III. Компания AMD начала производство этих процессоров в корпусе для разъема Slot A, который подобен корпусам Pentium II/III (рис. 3.43). Оригинальный процессор Athlon имеет 512 Кбайт внешней кэш-памяти второго уровня, работающей на частоте половины, двух пятых или одной трети частоты ядра и расположенной в картридже процессора.



Рис. 3.43. Процессор AMD Athlon в корпусе Slot A

В июне 2000 года AMD выпустила обновленную версию Athlon (кодовое название — Thunderbird), в которой кэш-память второго уровня объемом 256 Кбайт находится на одном кристалле с ядром процессора и работает на его частоте. Такое решение существенно повысило шанс победить в конкурентной борьбе с процессорами Intel. Кроме того, был создан новый корпус типа PGA для гнезда Socket A (Socket 462) , который пришел на смену картриджу для разъема Slot A (рис. 3.44).

Несмотря на то что картридж Slot A внешне похож на Slot 1, а Socket A — на Socket 370, по расположению выводов эти разъемы несовместимы. Компания AMD стремилась улучшить архитектуру микросхемы и отойти от подражания процессорам Intel. Специально заблокированные контакты в гнездах типа Slot или Socket помогали предотвратить установку процессора неправильной стороной или в неверный разъем. Версия Socket A процессора Athlon очень напоминает Duron.

Компания AMD выпускала процессоры Athlon с тактовыми частотами 550–1400 МГц, в которых использовалась шина типа EV6 с частотой 200/266 МГц для подключения к северному мосту системной платы. Этот тип шины лицензирован у компании Digital Equipment, которая использовала ее в процессорах Alpha 21264. Тактовая частота шины EV6 составляет 100 или 133 МГц, однако работает с удвоенной скоростью, дважды передавая данные за один такт, благодаря чему процессор работает на частоте 200 или 266 МГц. Поскольку шина является 64-разрядной (8 байт или 64 бит), ее пропускная способность составляет 1,6 или 2,1 Гбит/с (передача 8 байт на частоте 200 или 233 МГц). Подобная шина идеально подходит для взаимодействия с оперативной памятью стандарта PC1600 или PC2100 DDR, которая обладает такими же скоростными характеристиками. Архитектура шины EV6 решает проблему потенциально узкого пропускного канала данных между набором микросхем и процессором, обеспечивая более

эффективную передачу данных по сравнению с другими процессорами. Благодаря шине EV6 процессоры Athlon и Duron демонстрируют достойную производительность.

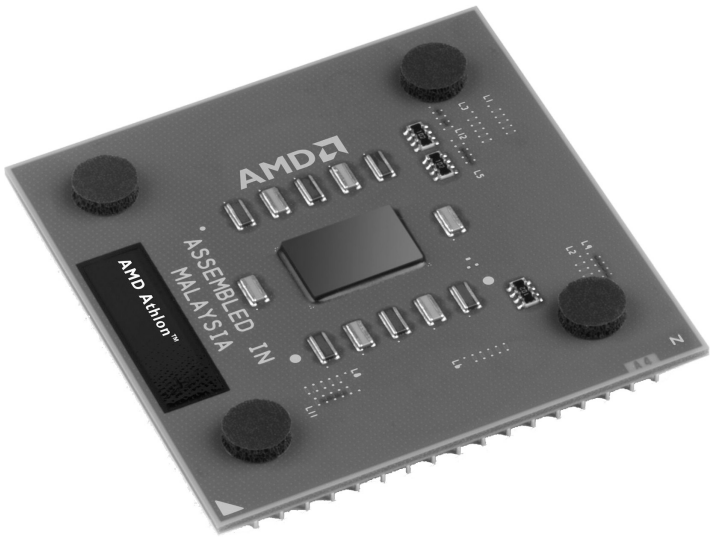


Рис. 3.44. AMD Athlon XP (Socket A), выполненный по 0,13-микронной технологии, в корпусе PGA

Процессор AMD Athlon содержит встроенную кэш-память первого уровня объемом 128 Кбайт, а также внешнюю кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт, рабочая частота которой равна половине, двум пятым или одной трети частоты ядра. В более поздних версиях процессоров Socket A Athlon и большинстве процессоров Athlon XP используется кэш-память объемом 256 Кбайт, работающая на полной частоте ядра процессора. В последних версиях процессоров Athlon XP поддерживается кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт. Кэш-память всех процессоров формфактора PGA для гнезда Socket A работает на полной частоте ядра. AMD Athlon поддерживает технологии MMX и Enhanced 3DNow!.

В первых моделях Athlon была использована 0,25-микронная технология, но более быстрые процессоры изготавливались уже по 0,18- и 0,13-микронной технологиям. При создании процессоров последних версий впервые в истории полупроводникового производства была применена технология покрытия медью.

В большинстве индексов производительности процессор AMD Athlon сравнивается с процессором Intel Pentium III равной, а то и большей частоты. Компания AMD опередила Intel, выпустив Athlon с частотой 1 ГГц на два дня раньше, чем последняя представила процессор Pentium III с аналогичной частотой.

Процессор AMD Duron

Анонсированный в июне 2000 года процессор AMD Duron (кодовое название — Spitfire) представляет собой модификацию AMD Athlon и занимает примерно то же положение на рынке ПК, что и процессор Celeron в семействах Pentium II и III. В сущности, Duron является процессором Athlon с уменьшенной кэш-памятью второго уровня; по другим параметрам они практически не отличаются. AMD Duron содержит внутреннюю кэш-память второго уровня объемом 64 Кбайт и выпускается для разъема Socket A — "гнездовой" версии разъема Slot A. За исключением маркировки процессоры Duron были идентичны первым версиям процессора Athlon в исполнении Socket A.

Изначально Duron создавался как конкурент процессору Celeron на рынке ПК эконом-класса, подобно тому, как Athlon позиционировался на рынок систем Pentium III. Выпуск

процессоров Duron с недавнего времени был прекращен, однако в большинство системных плат, поддерживающих Duron, можно установить более быстродействующие процессоры Sempron, использующие формфактор Socket A.

Процессор AMD Athlon XP

Как отмечалось выше, самая современная версия процессора Athlon называется Athlon XP. В сущности, она отличается от предшествующего процессора Athlon только дополнительным набором команд, поддерживающим команды Intel SSE, и новой маркетинговой схемой, которая конкурирует непосредственно с Pentium 4. Также процессоры Athlon XP содержат увеличенный объем кэш-памяти второго уровня (512 Кбайт), работающей на полной частоте ядра.

Для определения архитектуры процессора Athlon XP в компании AMD используется термин "QuantiSpeed", который является скорее рыночным, чем техническим. Рассмотрим основные свойства процессора.

- **Девятиступенчатый суперскаляр, полностью конвейеризированная микроархитектура.** Эта функция обеспечивает большее количество магистралей для передачи команд в операционные блоки центрального процессора и включает три оперативных модуля с плавающей запятой, три модуля целых чисел и три модуля адресного вычисления.
- **Суперскалярная архитектура, полностью конвейеризированный модуль вычисления с плавающей запятой.** Эта функция обеспечивает более быстрое выполнение операций и компенсирует существовавшее ранее отставание процессоров AMD от процессоров Intel.
- **Аппаратная поддержка упреждающей выборки данных.** Эта функция извлекает необходимые данные из системной памяти и для сокращения времени доступа помещает их в процессор, в частности в кэш-память первого уровня.
- **Улучшенные буфера быстрого преобразования адреса (TLB).** Позволяют процессору значительно ускорить доступ к хранящимся данным, избегая при этом дублирования данных или останова из-за отсутствия оперативной информации.

Описанные конструктивные улучшения позволяют увеличить объем вычислений, выполняемых процессором в течение каждого такта, благодаря чему "медленные" Athlon XP по многим показателям превосходят "быстрые" Pentium 4 при выполнении фактических офисных или игровых приложений.

Ядро Palomino процессора Athlon XP используется также в мобильных процессорах Athlon 4 (в портативных компьютерах). Последние модели созданы на основе улучшенного ядра Thoroughbred, архитектура которого была пересмотрена для достижения лучших термальных характеристик. Различные версии этого ядра иногда обозначаются как Thoroughbred-A и Thoroughbred-B. В новых процессорах Athlon XP используется ядро Barton с кэш-памятью второго уровня объемом 512 Кбайт, работающей на полной частоте ядра.

Существует также целый ряд дополнительных возможностей, характерных для процессора Athlon XP:

- набор мультимедийных команд 3DNow! Professional (в том числе совместимость с 70 дополнительными командами SSE в Pentium III при отсутствии поддержки 144 дополнительных команд SSE2 процессора Pentium 4);
- шина FSB с тактовой частотой 266/333 МГц;
- кэш-память первого уровня объемом 128 Кбайт и встроенная кэш-память второго уровня объемом 256 или 512 Кбайт, работающая на полной частоте центрального процессора;
- медная разводка (используемая вместо алюминиевой), которая позволила повысить электрическую отдачу и уменьшить нагрев процессора.

Одной из особенностей процессора Athlon XP является сборка интегральных схем с помощью более тонких и легких органических компонентов, похожих на материалы, применяемые в современных процессорах Intel. На рис. 3.45 показан новейший процессор Athlon XP с ядром Barton.

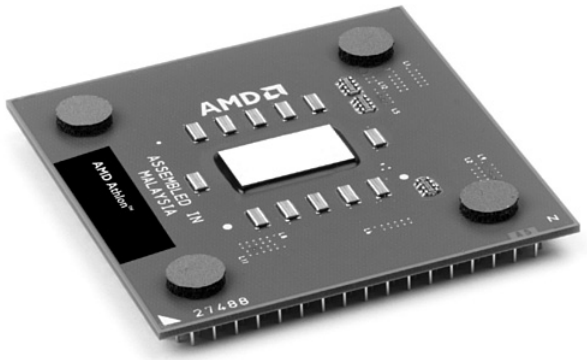


Рис. 3.45. Процессор Athlon XP (гнездо Socket A), созданный по 0,13-микронной технологии и содержащий кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт. Публикуется с разрешения компании Advanced Micro Devices, Inc.

Новый корпус позволил добиться более эффективной компоновки электрических элементов. Последние версии процессора Athlon XP изготовлены по новой 0,13-микронной технологии, что дало возможность создать микросхему с меньшим кристаллом, потребляющим меньшее напряжение, генерирующим меньшее количество тепла и работающим с более высокой частотой, чем предыдущие модели. Современные версии 0,13-микронного процессора Athlon XP работают с тактовой частотой 2 ГГц и выше.

Athlon XP был впоследствии заменен процессором Sempron версии Socket A.

Процессор Athlon MP

Это первый процессор компании AMD, предназначенный для использования в таких многопроцессорных системах, как серверы и рабочие станции. Существуют три версии процессора, каждая из которых основана на той или иной модели процессоров Athlon и Athlon XP.

- **Model 6 (1 и 1,2 ГГц)**. На базе Athlon Model 4.
- **Model 6 OPGA (от 1500+ до 2100+)**. На базе Athlon XP Model 6.
- **Model 8 (2000+, 2200+, 2400+, 2600+)**. На базе Athlon XP Model 8.
- **Model 10 (2500+, 2800+, 3000+)**. На базе Athlon XP Model 8 плюс кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт.

Все процессоры Athlon MP используют гнездо Socket A, также предназначенное для процессоров Athlon, Duron и Athlon XP.

На смену процессору Athlon MP пришел AMD Opteron. Для того чтобы получить более подробную информацию об этом процессоре, посетите сайт компании AMD.

Процессоры AMD K8

AMD Athlon 64 и Athlon 64 FX

Процессоры AMD Athlon 64 и Athlon 64 FX, представленные в сентябре 2003 года, являются первыми 64-разрядными процессорами, предназначенными для настольных ПК (т.е. не серверов). Изначальное кодовое название этой модели — ClawHammer. К семейству 64-раз-

рядных процессоров AMD также относится Opteron, созданный для использования в серверных системах (кодовое название — SledgeHammer). Процессоры Athlon 64 и Athlon 64 FX (рис. 3.46) адаптированы к однопроцессорным системам процессоров Opteron и в некоторых случаях обладают меньшими по размеру кэшем и пропускной способностью памяти.



Рис. 3.46. Процессор AMD Athlon 64 FX (Socket 939). Фотография публикуется с разрешения компании AMD

Помимо поддержки 64-разрядных инструкций, существенное отличие Athlon 64 и Athlon 64 FX от других процессоров состоит в том, что в них интегрирован контроллер памяти. Обычно контроллер памяти встроен в северный мост или соответствующий модуль hub-архитектуры (MCH) на системной плате, однако в случае Athlon 64 и Athlon 64 FX он расположен непосредственно в процессоре. Это означает, что в данном случае шина процессора отличается от других решений. При использовании традиционной архитектуры процессор взаимодействует с северным мостом набора микросхем системной логики, который, в свою очередь, взаимодействует с памятью и другими компонентами системы. Поскольку процессоры Athlon 64 и Athlon 64 FX оснащены интегрированным контроллером памяти, они взаимодействуют с памятью напрямую, а к северному мосту обращаются, когда необходимо работать с другими компонентами. Это позволило значительно повысить быстродействие не только обмена данными с памятью, но и процессорной шины в целом. Основное различие между процессорами Athlon 64 и Athlon 64 64 FX заключается в различных объемах кэш-памяти второго уровня и разной пропускной способности шины памяти.

Основные характеристики Athlon 64:

- тактовые частоты — от 1,0 до 3,0 ГГц;
- от 68,5 (версия с 512 Кбайт кэш-памяти L2) до 129 млн. транзисторов (версия с 1 Мбайт кэш-памяти);
- 12-ступенчатый конвейер;
- контроллер памяти DDR с поддержкой коррекции ошибок ECC встроен в процессор (а не в северный мост или MCP, как в прежних наборах микросхем системной логики);
- одноканальный (Socket 754) или двухканальный (Socket 940, Socket 939 и Socket AM2) контроллер памяти;
- кэш-память первого уровня объемом 128 Кбайт;
- кэш-память второго уровня объемом 512 Кбайт или 1 Мбайт;

Таблица 3.29. Основные характеристики процессоров Athlon 64 и Athlon 64 FX

Модельный номер	Число ядер	Частота ядра, ГГц	Частота шины	Кэш L2	Ядро
Athlon 64 3500+-3800+	1	2,20-2,40	1 000	512 Кбайт	Lima
Athlon 64 3000+-3500+	1	1,80-2,20	1 000	512 Кбайт	Winchester
Athlon 64 1500+-3400+	1	1,00-2,40	800, 1 000	512 Кбайт	Venice
Athlon 64 3500+-4000+, FX-55-57	1	2,20-2,80	1 000	512 Кбайт, 1 Мбайт	San Diego
Athlon 64 3000+-4000+	1	1,80-2,60	1 000	512 Кбайт	Orleans
Athlon 64 3200+-3500+	1	2,00-2,20	1 000	512 Кбайт	Manchester
Sempron 3000+-3800+	1	1,60-2,20	800	128, 256 Кбайт	Manila
Sempron 2500+-3500+	1	1,40-2,00	800, 1 000	128, 256 Кбайт	Palermo
Athlon 64 FX-51-53	1	2,20-2,40	800	1 Мбайт	SledgeHammer
Athlon 64 2800+-3800+	1	1,80-2,40	800, 1 000	512 Кбайт	Newcastle
Athlon 64 2800+-4000+, FX-53-55	1	1,80-2,60	800, 1000	512 Кбайт, 1 Мбайт	ClawHammer
Sempron 3000+-3100+	1	1,80	800	128, 256KB	Paris

- поддержка технологии AMD64 (также называемой IA-32e, x86-64 или EM64T), добавляющей 64-разрядные расширения к традиционной 32-разрядной архитектуре x86;
- высокоскоростное соединение HyperTransport с набором микросхем системной логики: до 3,2 Гбит/с в Socket 754 и до 4 Гбит/с в Socket 940, Socket 939 и Socket AM2;
- адресация оперативной памяти объемом до 1 Тбайт, что преодолевает ограничение в 4 или 64 Гбайт, существующее для 32-разрядных процессоров;
- поддержка инструкций SSE2 (инструкции SSE, а также 144 новые инструкции для обработки графики и звука);
- несколько энергосберегающих состояний;
- 0,13-микронный (ядра ClawHammer и Newcastle) или 0,09-микронный (ядра Winchester, Venice и San Diego) технологический процесс.

Отличия процессора Athlon 64 FX от стандартного процессора Athlon 64:

- поддержка только гнезд Socket 939, Socket 940 и Socket AM;
- двухканальный контроллер памяти DDR или DDR2 с поддержкой ECC;
- версии для гнезда Socket 940 требуют использования регистровой памяти;
- тактовые частоты — от 2,2 до 2,8 ГГц;
- кэш-память второго уровня L2 объемом 1 Мбайт.

Версии Athlon 64 для гнезд Socket 939 и Socket AM обеспечивают сравнимое быстродействие, в то время как Athlon 64 FX до сих пор остается самым высокопроизводительным одноядерным решением на базе ядра Athlon 64.

Хотя компания AMD постоянно подвергалась критике за использование запутанной рейтинговой системы быстродействия процессоров в семействе Athlon XP, та же система именования применяется ею и для Athlon 64. Следовательно, наравне с Athlon XP определять реальное быстродействие процессора следует с помощью конкретных приложений. Это позволит оценить, насколько та или иная модель Athlon 64 подходит для выполнения всех возлагаемых на нее задач. Интегрированная в Athlon 64 шина памяти обеспечивает процессору прямой доступ к памяти, а не посредством северного порта, как в 32-разрядных версиях. Компания AMD предлагает собственный набор микросхем системной логики, а с момента приобретения в 2006 году ею компании ATI также и ее чипсет. В главе 4 мы подробно обсудим эту тему.

Характеристики различных моделей Athlon 64 и Athlon 64 FX приведены в табл. 3.29.

Технологический процесс, нм	Максимальная мощность, Вт	SSE	64-разрядная	NX	Cool'n' Quiet	VT	Гнездо
65	45	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
90	67	SSE2	Да	Да	Да	—	939
90	51-89	SSE3	Да	Да	Да	—	754, 939
90	67-104	SSE3	Да	Да	Да	—	939
90	35-62	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
90	67	SSE3	Да	Да	Да	—	939
90	35-62	SSE3	Да	Да	Большинство	—	AM2
90	62	SSE2, SSE3	Большинство	Да	Некоторые	—	754, 939
130	89	SSE2	Да	Да	—	—	940
130	89	SSE2	Да	Да	Да	—	754, 939
130	89-104	SSE2	Да	Да	Да	—	754, 939
130	62	SSE2	—	Да	—	—	754

Процессоры Athlon 64 и Athlon 64 FX выпускаются для четырех типов гнезд (табл. 3.30). Процессоры для гнезда Socket 939 поддерживают более быстрые и дешевые небуферизированные модули DDR SDRAM DIMM, процессоры для гнезда Socket 940 — более медленные и дорогие регистровые модули DIMM. Поэтому рекомендуется избегать процессоров и системных плат Socket 940, так как регистровые модули памяти более медленные и дорогие, чем небуферизированные.

Таблица 3.30. Гнезда и поддерживаемые типы памяти для процессоров Athlon 64 и Athlon 64 FX

Гнездо	Процессор	Режим памяти	Тип
754	Athlon 64	Одноканальный	DDR
940	Athlon 64 FX	Двухканальный	Registered SDRAM
939	Athlon 64/64 FX	Двухканальный	DDR
AM2	Athlon 64/64 FX	Двухканальный	DDR2

Процессор Athlon 64 выпускается в трех версиях. Первая предназначена для гнезда Socket 754 и поддерживает одноканальную шину памяти; вторая, улучшенная, предназначена для гнезда Socket 939 и поддерживает двухканальную шину памяти; третья, и еще более улучшенная, — для гнезда Socket AM2 и имеет двухканальную шину DDR2. Процессор Athlon 64 FX также выпускается в трех версиях. Первая, предназначенная для гнезда Socket 940, предполагает использование дорогой (и относительно медленной) регистровой памяти; вторая, улучшенная, предназначена для гнезда Socket 939 и поддерживает обычную небуферизированную память; третья, обновленная, версия использует двухканальную память DDR2. Процессоры Athlon 64 и Athlon 64 FX для гнезда Socket 939 отличаются только объемом кэш-памяти второго уровня L2. Например, процессоры Athlon 64 3800+ и Athlon 64 FX-53 работают на частоте 2,4 ГГц и поддерживают двухканальную шину памяти. Однако Athlon 64 3800+ оснащен кэш-памятью второго уровня L2 объемом 512 Кбайт, а Athlon 64 FX-53 — кэш-памятью второго уровня L2 объемом 1 Мбайт. Поскольку процессоры семейств 64 и 64 FX, в сущности, — одно и то же, нужно внимательно ознакомиться с их характеристиками, чтобы осознать незначительные отличия между ними.

Процессоры Athlon 64 и Athlon 64 FX могут потреблять до 104 Вт мощности; хотя это и довольно много, но все же меньше, чем аналогичные показатели Pentium 4. Как и в системных платах Pentium 4, для подачи дополнительного питания с напряжением 12 В на системные платы для процессоров Athlon 64 добавлен разъем ATX12V.

Первая версия ядра Athlon 64 создана по 0,13-микронной технологии (рис. 3.47). Последующие версии создавались с помощью 0,09-микронного процесса.

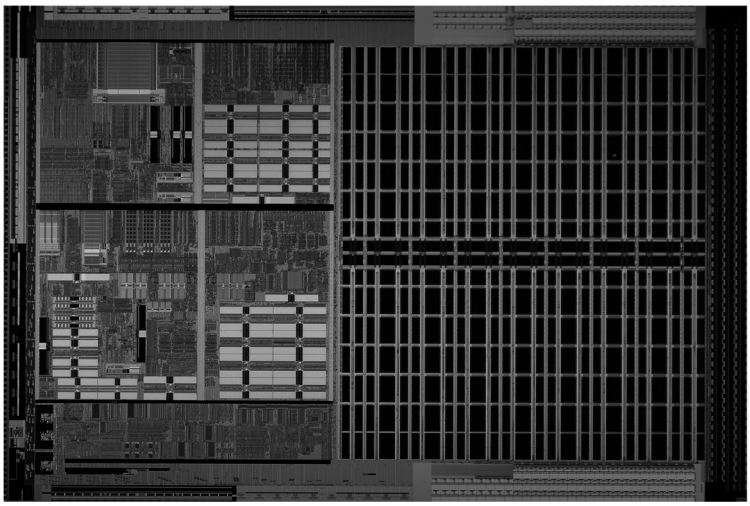


Рис. 3.47. Ядро процессора AMD Athlon 64 (0,13-микронный технологический процесс; 106 млн. транзисторов; площадь — 193 мм^2). Фотография публикуется с разрешения компании AMD

Процессор Sempron (Socket A)

Компания AMD представила семейство процессоров Sempron в 2004 году, чтобы обеспечить конкуренцию с бюджетными процессорами Intel Celeron D. Как и в случае с Celeron, название "Sempron" является универсальным, поскольку под этой торговой маркой поставляются процессоры для гнезда Socket A (они предназначены для замены процессоров Athlon XP), а также процессоры для гнезда Socket 754, 939, AM2 и AM3 на базе процессоров Athlon 64 и Athlon 64 X2.

Модели Sempron X2 — двухъядерные процессоры на базе Athlon X2. Разница состоит в том, что процессоры Sempron работают на меньшей частоте, оснащены кэш-памятью меньшего объема, а иногда поддерживают меньше функций, чтобы обеспечить меньшую стоимость.

Поскольку AMD предлагает большое количество вариаций Sempron, во всем этом многообразии можно легко запутаться. Однако, посетив сайт AMD Desktop Processor Comparison (`http://products.amd.com/en-us/DesktopCPUResult.aspx`), вы найдете точную спецификацию процессоров, включая тип гнезда, напряжение питания, ревизию, объем кэш-памяти и другие характеристики. Если номер спецификации вам не известен, подробную информацию о процессоре можно получить с помощью диагностических утилит, таких как CPU-Z (`www.cpuid.com`).

Процессоры AMD Athlon X2, Athlon 64 X2 и 64 FX

Так сложилось, что компания AMD, 64-разрядные процессоры Athlon 64 которой изначально проектировались с учетом будущей модернизации до двухъядерной архитектуры, оказалась вторым поставщиком x86-совместимых двухъядерных процессоров. Процессор для настольных систем Athlon 64 X2 был представлен в мае 2005 года; при этом он выпускается в одном из нескольких вариантов.

Остальные основные характеристики Athlon 64 X2 приведены ниже.

- 0,09- или 0,065-микронный технологический процесс;
- реальные тактовые частоты — 1,9–3,0 ГГц;
- исполнение Socket 939, Socket AM2 или Socket 1207FX;
- шина HyperTransport с частотой 1 ГГц (пропускная способность — 4 Гбайт/с).

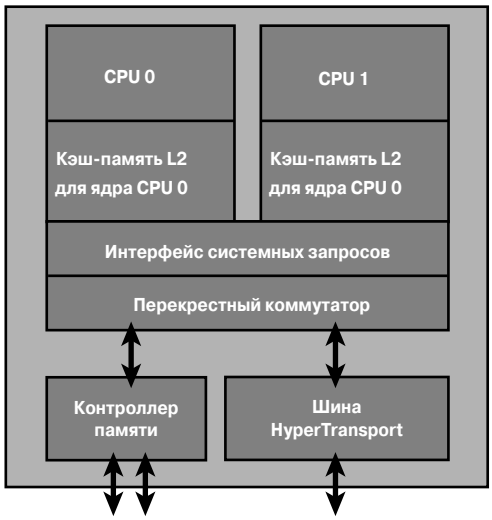


Рис. 3.48. Процессор Athlon 64 X2 использует интегрированный перекрестный контроллер памяти (который применялся еще в первых версиях Athlon 64), позволяющий ядрам взаимодействовать напрямую

Данные процессоры изначально проектировались с дополнительным местом для второго ядра. Благодаря перекрестному контроллеру памяти ядра могут взаимодействовать напрямую, не обращаясь к микросхеме северного моста, как в первом поколении двухъядерных процессоров Intel. Блок-схема внутренней архитектуры процессора Athlon 64 X2 представлена на рис. 3.48.

В результате большинство систем на базе процессоров Athlon 64 для гнезда Socket 939 допускает модернизацию процессора до двухъядерного без замены системной платы. Если системная плата поддерживает процессоры, выполненные по 0,09-микронной технологии, значит, для обеспечения поддержки двухъядерных процессоров достаточно обновить BIOS.

Еще одно преимущество подхода AMD состоит в том, что переход к двухъядерным процессорам практически не отразился на их температурном режиме работы. Поскольку процессоры Athlon 64 изначально проектировались с учетом будущей двухъядерной архитектуры, влияние второго ядра на температурный режим оказалось минимальным, даже при условии, что двухъядерные процессоры работают на тех же частотах, что и их одноядерные предшественники.

Характеристики процессоров Athlon 64 X2, Athlon X2 и Athlon 64 FX представлены в табл. 3.31.

Процессоры AMD K10 (Phenom)

Процессоры K9 можно рассматривать как переходный этап от архитектуры K8 к архитектуре K10. Первые представители архитектуры K10, процессоры Phenom, были представлены в ноябре 2007 года.

Семейство процессоров AMD Phenom было разработано как гибкое семейство, в состав которого входят решения, содержащие от 1 до 4 ядер K10 на одном кристалле. Сюда входят такие процессоры, как Phenom, Phenom II, Athlon II, а также некоторые модели Athlon X2 и Sempron. Первые версии выпускались в исполнении Socket AM2+ и поддерживали память DDR2. Более новые версии уже выпускаются в исполнении Socket AM3 и поддерживают память DDR3.

Процессоры этого семейства производились с использованием технологического процесса 65 нм, в то время как новые версии выпускаются с помощью технологического процесса 45 нм, что позволило уменьшить размер ядра и энергопотребление, а также увеличить производительность. Процессоры верхнего уровня содержат три или четыре ядра, кэш-память L3, а также работают с более высокими тактовыми частотами и частотой шины HyperTransport (2 ГГц). Основные сведения о процессорах семейства AMD K10 представлены в табл. 3.32.

Таблица 3.31. Характеристики процессоров семейства Athlon X2, Athlon 64 X2 и Athlon 64 FX

Модельный номер	Число ядер	Частота ядра, ГГц	Частота шины	Кэш L2	Ядро
Athlon X2 4450B-5600B	2	2,3-2,9	1 ГГц	1 Мбайт	Brisbane
Athlon X2 3250e-5050e	2	1,5-2,6	1 ГГц	1 Мбайт	Brisbane
Athlon X2 BE-2xxx	2	1,9-2,3	1 ГГц	1 Мбайт	Brisbane
Sempron X2 2100-2300	2	1,8-2,2	800 МГц	512 Кбайт	Brisbane
Athlon 64 FX 70-74	2	2,6-3,0	1 ГГц	2 Мбайт	Windsor
Athlon 64 X2 3600+-6000+	2	1,9-3,0	1 ГГц	512 Кбайт–2 Мбайт	Windsor
Athlon 64 FX-60	2	2,6	1 ГГц	2 Мбайт	Toledo
Athlon 64 X2 3800+-4800+	2	2,0-2,4	1 ГГц	1-2 Мбайт	Toledo
Athlon 64 X2 3600+-4600+	2	2,0-2,4	1 ГГц	512 Кбайт–1 Мбайт	Manchester

SSE — Streaming SIMD Instructions (MMX).

NX — Execute Disable Bit.

Таблица 3.32. Сведения о процессорах семейства AMD K10

Модельный номер	Число ядер	Частота ядра, ГГц	Частота шины, ГГц	Кэш L2	Кэш L3	Ядро
Phenom II X4	4	2,5–3,4	1,8–2	2	4–6	Deneb
Athlon II X4	4	2,6–2,8	2	2	---	Propus
Phenom II X3	3	2,4–3,0	2	1,5	6	Heka
Athlon II X3	3	2,2–2,9	2	1,5	---	Rana
Phenom II X2	2	2,8–3,1	2	1	6	Callisto
Athlon II X2	2	2,7–3,0	2	1-2	---	Regor
Sempron 140	1	2,70	2	1	---	Sargas
Phenom X4	4	1,8–2,6	1,6–2	2	2	Agena
Phenom X3	3	1,9–2,4	1,6–1,8GHz	1,5	2	Toliman
Athlon X2	2	2,3–2,8	1,8	1	2	Kuma

SSE — Streaming SIMD Instructions (MMX).

NX — Execute Disable Bit.

Модернизация процессора

При создании процессора 486 и более поздних, учитывая необходимость дальнейшего наращивания вычислительных возможностей, компания Intel разработала стандартные гнезда типа, которые подходят для ряда процессоров. Эта тенденция сохраняется и сейчас, при этом большинство материнских плат способно поддерживать достаточно широкий спектр процессоров одного семейства.

Чтобы максимально использовать возможности системной платы, можно установить самый быстрый процессор из числа поддерживаемых данной платой. На рынке представлено огромное количество процессоров для различных гнезд, не говоря уже о напряжениях, тактовых частотах и прочем, поэтому необходимо связаться с производителем системной платы и уточнить, поддерживает ли она тот или иной быстродействующий процессор. Как правило, это позволяет определить тип гнезда или разъема системной платы, однако зачастую следует разобраться также в параметрах напряжения и системной BIOS.

Например, если ваша системная плата поддерживает процессоры для гнезда Socket LGA775, можно модернизировать систему, приобретя практически любой процессор семейства Pentium 4 или многоядерный процессор семейства Core 2. Все эти процессоры вставляются в один и тот же тип гнезда. Прежде чем приобретать новый процессор, следует убедиться в том, что системная плата поддерживает необходимые напряжение, частоту шины и другие параметры. Часто для обеспечения работы новых процессоров достаточно обновить системную BIOS. Сведения о совместимости, а также новые версии BIOS можно загрузить с сайта компании — производителя системной платы или всей системы.

Технологический процесс, нм	Максимальная мощность, Вт	SSE	64-разрядная	NX	Cool'n' Quiet	VT	Гнездо
65	45-65	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
65	22-45	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
65	45	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
65	65	SSE3	Да	Да	Да	---	AM2
90	125	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2, 1207FX
90	65-125	SSE3	Да	Да	Да	Да	AM2
90	110	SSE3	Да	Да	Да	---	939
90	89-110	SSE3	Да	Да	Да	---	939
90	89-110	SSE3	Да	Да	Да	---	939

Cool'n'Quiet — технология экономии электроэнергии.
VT — Virtualization Technology.

Технологический процесс, нм	Максимальная мощность, Вт	SSE	64-разрядная	NX	Cool'n' Quiet	VT	Гнездо
45	95-140	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM2+, AM3
45	95	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
45	65-95	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
45	45-95	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
45	80	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
45	45-65	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
45	45	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM3
65	65-140	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM2+
65	65-140	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM2+
65	95	SSE4a	Да	Да	Да	Да	AM2+

Cool'n'Quiet — технология экономии электроэнергии.
VT — Virtualization Technology.

Совет

Если вы хотите модернизировать процессор в системе фирменной сборки, то имейте в виду, что выбор вариантов модернизации процессора может оказаться весьма ограниченным на установленной BIOS. Если вы точно знаете производителя материнской платы, свяжитесь с ним и запросите обновленную BIOS, поддерживающую несколько процессоров.

Модернизация процессора в некоторых ситуациях позволяет удвоить быстродействие системы. Однако, если в системе уже установлен самый быстрый из процессоров для определенного гнезда, необходимо рассмотреть и другие варианты. В частности, можно подумать о полной замене системной платы, что позволит установить более современный процессор. Если вы не используете системы собственной разработки крупных компаний и ваш компьютер оснащен стандартной платой и блоком питания ATX, рекомендую модернизировать сразу системную плату и процессор, а не просто менять процессор на более скоростную модель.

Разгон

Одним из самых популярных вариантов модификации, направленной на повышение быстродействия, конечно же, является *разгон*. После установки больших значений частоты процессора повышается и его быстродействие. Практически все типы процессоров имеют так называемый "технологический запас" безопасного увеличения тактовой частоты. Например, процессор с частотой 3,0 ГГц способен работать на частоте 3,5 ГГц и выше. Разгон процессора подобен прогулке по краю пропасти, поскольку процессор приближается к своей максимально возможной тактовой частоте. Как правило, новичкам не рекомендуется изменять базовые

частоты процессора, однако профессионалы и опытные пользователи, понимающие всю меру ответственности за возможные последствия своих действий, могут с помощью разгона увеличить производительность системы на 10–20%.

Чаще всего разгону подвергается процессор, однако разгонять можно и другие компоненты, в частности память, видеоадаптер, шины и т.д.

При повышении частоты увеличивается и нагрев, поэтому разгон просто невозможен без модернизации систем охлаждения. Снижение рабочих температур приводит к большей стабильности и надежности, поэтому, даже если вы не занимаетесь разгоном, убедитесь в надежном охлаждении системы, если хотите обеспечить ее бесберебойную работу. Многие системы не очень удачно спроектированы или сконфигурированы, что не позволяет обеспечить оптимальное охлаждение даже при работе на стандартных частотах, не говоря уже о разгоне.

Первые эксперименты по разгону ПК проводились еще в начале 1980-х годов во времена первых IBM PC, процессор которых работал на частоте 4,77 МГц, затем они продолжились после выхода систем AT, процессор которых работал на частоте 6 МГц. На самом деле компания IBM значительно упростила разгон систем AT, так как кварцевый кристалл, с помощью которого задавалась частота работы процессора, был установлен в разъеме. Поэтому можно было приобрести более быстродействующий кристалл и установить его вместо исходного, что позволяло повысить производительность системы в 1,5 раза. В современных системах можно осуществлять разгон, обходясь без замены каких-либо компонентов системной платы, — достаточно задать соответствующие параметры BIOS.

Кварцевые кристаллы

Чтобы понять, что же такое разгон, необходимо знать, от чего именно зависит скорость работы компьютерной системы. Основным компонентом в данном случае является кварцевый кристалл. Кварц — это диоксид кремния (SiO_2) в кристаллической форме. Кислород и кремний — наиболее распространенные элементы на земле (песок и камни практически полностью состоят из диоксида кремния), а компьютерные микросхемы изготавливаются преимущественно из кремния. Кварц — это твердый прозрачный материал с плотностью 2649 кг/м^3, температура плавления которого составляет 1750°C (3182°F). Кварц достаточно хрупок, однако небольшая доля эластичности все же имеется. Это очень полезные характеристики.

В кристаллической форме кварц можно использовать для генерации периодических импульсов, управляющих работой электрических цепей, подобно тому, как для задания ритма музыки используется метроном. Кварцевые кристаллы используются потому, что являются *пьезоэлектрическими*, т.е. кристалл может создавать напряжение под воздействием механической силы, а также сжиматься и расширяться под воздействием напряжения. Пьезоэлектричество было открыто Пьером и Жаком Кюри в 1889 году; именно благодаря этому свойству кварцевые кристаллы нашли применение в электрических схемах.

Пьезоэлектричество может проявлять себя двумя способами: или при деформации кристалла возникает напряжение, или прилагаемое напряжение приводит к деформации кристалла. Хотя кристалл по своей природе является хрупким, он не лишен некоторой эластичности, а значит, любая деформация может повторяться. Следовательно, если прилагать напряжение, деформация кристалла между двумя крайними положениями будет происходить с определенной частотой. Как и у камертона или трубы органа, собственная частота резонанса зависит от формы и размера кристалла: чем меньше и тоньше кристалл, тем она выше.

Амплитуда колебаний очень мала, приблизительно 68 нанометров на сантиметр; длина кристалла составляет всего несколько атомов. Однако при этом частота колебаний оказывается чрезвычайно высокой, что означает возможность получения достаточно большой силы. Например, при частоте 50 МГц получаемая сила в 5 млн. раз превышает силу тяжести.

Резонаторы изготавливаются из пластин кварца, который может быть как естественного, так и искусственного происхождения. Разумеется, при производстве большинства кварцевых

кристаллов используется искусственный кварц. Полученные пластины разрезаются на квадраты, углы которых закругляются, после чего они закрепляются на плоских дисках, которые называются *бланками*. Чем тоньше диск, тем выше частота резонанса; однако существуют определенные ограничения, которые накладываются на минимально допустимую толщину диска, поскольку в противном случае диск просто поломается. Для основной частоты резонаторов предельное значение составляет 50 МГц. При такой частоте диск не толще листа бумаги, поэтому дальнейшее уменьшение толщины не имеет смысла. Однако при использовании гармоник основной частоты возможно создание кристаллов частотой 200 МГц и даже больше. При использовании синтезаторов частоты можно получить и более высокие значения; при этом основная частота умножается на определенный коэффициент, благодаря чему становится возможным достижение частот гигагерцевого и даже терагерцевого диапазонов. В современных ПК для получения высоких частот используются именно синтезаторы частоты.

Форма упаковки кристаллов, как и сами кристаллы, может быть самой разной. Как правило, упаковки изготавливаются из металла и имеют круглую или вытянутую форму, однако возможно использование других форм и материалов, в том числе пластика (рис. 3.49).

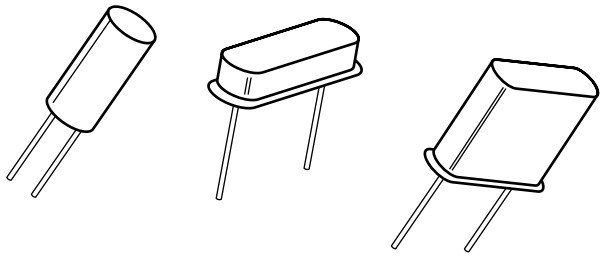


Рис. 3.49. Упаковки кристаллов различных форм

Как правило, кристалл внутри упаковки имеет форму диска, однако иногда используются кристаллы в форме камертона. Пример подобного кристалла после снятия крышки приведен на рис. 3.50.

Резонаторы, как правило, имеют форму диска, который находится в герметичной упаковке. Пример типичного кристалла с резонатором в форме диска представлен на рис. 3.51. С каждой стороны кварцевого диска расположены электроды, предназначенные для подачи напряжения (рис. 3.52).

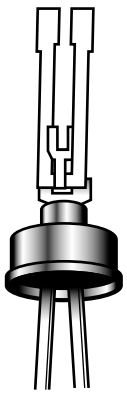


Рис. 3.50. Кварцевый кристалл в форме камертона

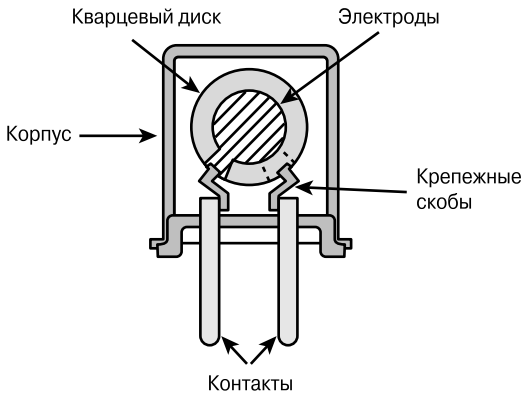


Рис. 3.51. Внутренний вид кристалла с резонатором в форме диска

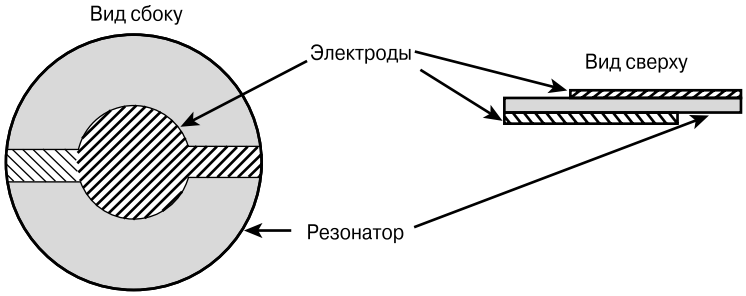


Рис. 3.52. Электроды, предназначенные для подачи напряжения

Использовать кварцевый кристалл для управления электрическими колебаниями еще в 1921 году предложил Уолтер Кейди. Он опубликовал полученные результаты в 1922 году, что привело к появлению в 1927 году первых кварцевых часов, изготовленных Уорреном Мэррисоном. В современных компьютерах используется несколько тактовых генераторов, предназначенных для управления частотой шины и процессора, а также часами.

Тактовые генераторы современных ПК

В современном ПК системная плата содержит минимум два кристалла; основной кристалл используется для управления скоростью работы системной платы и ее цепями, а второй — для управления часами реального времени (RTC). Основной генератор всегда работает на частоте 14,31818 МГц (данное значение может указываться и как 14,318 или просто 14,3), а генератор RTC всегда работает на частоте 32,768 кГц.

Почему именно 14,31818 МГц

Процессор в первых компьютерах IBM PC, выпущенных в 1981 году, работал с частотой 4,77 МГц, которая получалась в результате деления на три частоты генератора 14,31818 МГц. У многих возникает вопрос, почему частотой генератора не стала частота 14,3 МГц, ведь процессор 8088, выпущенный компанией IBM, был пригоден для работы на частоте 5 МГц. Дело в том, что при такой конструкции в систему пришлось бы добавлять второй кристалл, который обеспечивал совместимость видеосигнала со стандартом модуляции NTSC цветного телевидения (3,58 МГц). Значение 14,31818 МГц делилось на 4 для получения значения 3,58 МГц, т.е. необходимость во втором тактовом генераторе отпадала. Но и это еще не все. В результате деления частоты генератора на 12 получалась частота 1,193182 МГц, которая использовалась 16-разрядной трехканальной микросхемой таймера/счетчика 8253. Каждый канал можно использовать для ввода сигнала, а также его вывода после деления на произвольное 16-разрядное значение. Канал 0 использовался для задания времени дня. Данный канал был запрограммирован таким образом, чтобы BIOS обращалась по адресу INT 08h каждые 65536 тактов, что составляет 18,2 раза в секунду (или каждые 55 миллисекунд). Функции, связанные с адресом INT 08h, обновляют значение времени, а также могут быть связаны с другими действиями. Канал 1 использовался для указания DMA на необходимость обновлять содержимое динамического ОЗУ каждые 72 цикла (около 15 микросекунд), а канал 2 — для подачи звукового сигнала на динамик; благодаря изменению делителя можно было получить разные тона.

Таким образом, используя кристалл с частотой 14,318 МГц, а не какой-либо другой, инженеры компании IBM создали такую конструкцию материнской платы, в которой всего один кристалл обеспечивал работу процессора, видеокарты, часов реального времени, циклов обновления памяти и даже звуки встроенного динамика. Разумеется, это привело к упрощению материнской платы и, следовательно, к снижению ее себестоимости.

Данное решение выдержало испытание временем. Даже современные компьютеры управляются кристаллом с частотой 14,318 МГц. Этот кварц совместно с микросхемами-множителями обеспечивает весь спектр частот, используемых элементами материнской платы.

Спрашивается, если ПК не работают с частотой 14,318 МГц, каким образом кристалл может использоваться для управления скоростью работы компьютера? Что произойдет, если установить другой процессор? Каким образом система изменяет параметры шины и других компонентов при замене процессора? Ответ очень прост: для обеспечения необходимых час-

тот вместе с кристаллом используется *синтезатор частоты* FTG. На рис. 3.53 представлен фрагмент фотографии системной платы; на ней видна микросхема FTG, под которой расположен кристалл с собственной частотой резонанса в 14,318 МГц.

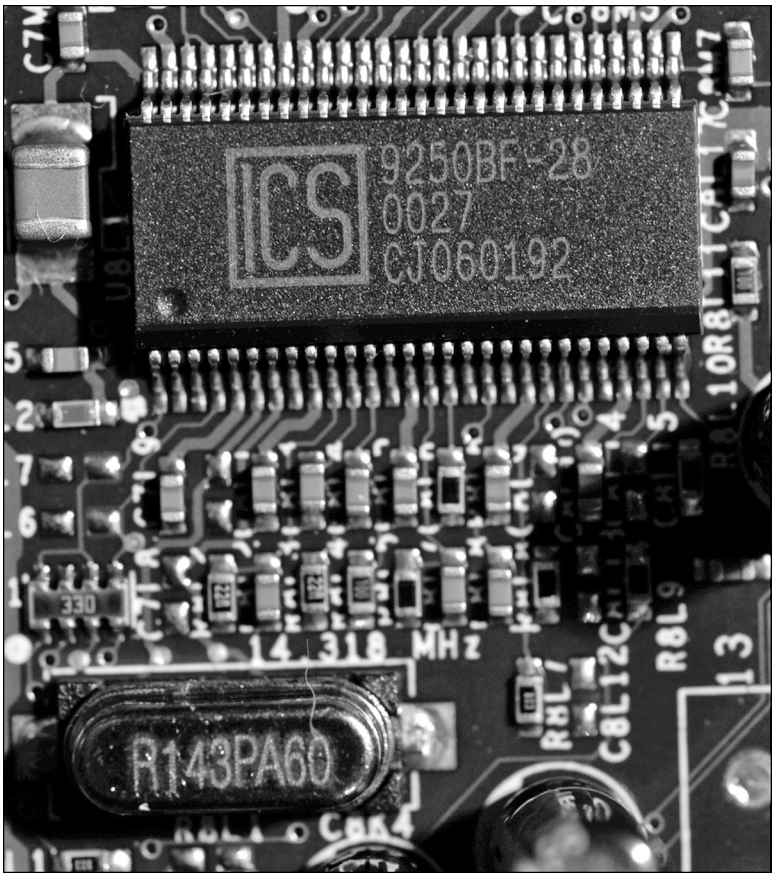


Рис. 3.53. Микросхема синтезатора частоты, под которой расположен кристалл с собственной частотой резонанса 14,318 МГц

Часы реального времени первого компьютера были крайне неточными, поэтому, начиная с модели IBM AT, в конструкцию материнской платы был добавлен второй кристалл с частотой 32,768 кГц, не зависящий от быстродействия системы. На рис. 3.54 показан кристалл с частотой 32,768 кГц, расположенный рядом с микросхемой южного моста (концентратора контроллеров ввода-вывода).

Большинство микросхем синтезаторов частоты, которые используются на системных платах, выпускают компании Integrated Device Technology (`www.idt.com`) (ранее — Integrated Circuit Systems) и Cypress Semiconductor (`www.cypress.com`) (ранее — International Microcircuits, Inc. — IMI). В подобных микросхемах используются цепи фазовой автоматической подстройки частоты PLL (Phased Locked Loop) для обеспечения необходимых частот процессорной шины, PCI, AGP и других шин на основе сигнала от одного кристалла с частотой 14,318 МГц. Как правило, кристалл и синтезатор частоты размещаются на системной плате рядом с гнездом процессора или компонентами набора микросхем.

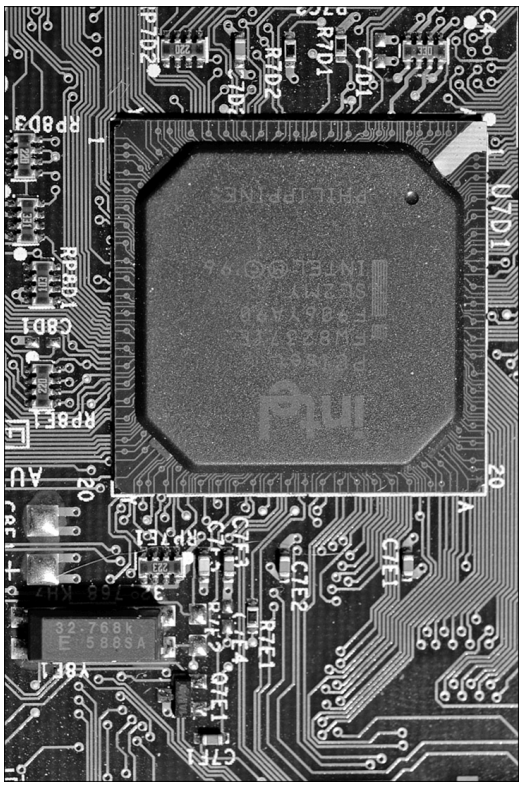


Рис. 3.54. Кристалл с частотой 32,768 кГц, расположенный рядом с микросхемой южного моста (концентратора контроллеров ввода-вывода)

Одно из наиболее заметных свойств подобных микросхем состоит в том, что большинство из них являются программируемыми и настраиваемыми, поэтому их режим работы можно изменять. В результате можно значительно увеличивать быстродействие системы программными методами. Так как частота процессора зависит от частоты процессорной шины, которая задается синтезатором частоты, можно изменять рабочую частоту процессора. Поскольку частоты шины PCI, AGP и шины памяти часто синхронизируются с процессорной шиной, при изменении значения последней на определенное процентное значение на это же значение изменяется частота других шин. Большинство современных системных плат позволяет изменять параметры работы шин с помощью программы настройки BIOS.

Советы по разгону

Многие современные системные платы автоматически определяют такие характеристики процессора и модулей памяти, как частота, временны*е* задержки и напряжение. На системных платах для процессоров 486 и Pentium соответствующие параметры задавались с помощью перемычек, однако на современных системных платах все настройки, как правило, задаются в параметрах BIOS; вначале настраивается ручной режим управления, а затем — конкретные значения параметров. Подобные изменения могут приводить к неустойчивости в работе системы, поэтому после “зависаний” или сбоев многие системы автоматически загружают программу настройки BIOS со стандартными значениями параметров. В результате для разгона компьютерной системы достаточно изменить значения всего нескольких параметров.

Концепция разгона очень проста: вы изменяете значения параметров в целях увеличения частоты процессора, памяти, шин и других компонентов до тех пор, пока работа системы не станет неустойчивой. После этого значения параметров необходимо "ослабить" таким образом, чтобы восстановить устойчивую работу системы. В результате определяются максимально допустимые значения параметров, при которых работа системы остается стабильной. Поскольку все компоненты уникальны, даже процессоры с одинаковой номинальной частотой разгоняются по-разному.

Данный принцип используется также при производстве процессоров и других компонентов. Например, ядро Prescott процессора Pentium 4 характеризуется площадью 122 мм^2, а при производстве используются пластины диаметром 300 мм; в результате из одной пластины получается 631 ядро. Многие из полученных микросхем проверку не проходят; на самом деле тестирование проходит около 80%, или 504 микросхемы. В настоящее время Intel выпускает процессоры с ядром Prescott частотой от 2,4 до 3,4 ГГц. Это означает, что более 500 микросхем, полученных из одной пластины, потенциально способны работать с частотой 3,4 ГГц (или больше). Готовые микросхемы тестируются и маркируются в соответствии с полученными результатами.

Когда производство только начиналось, лишь немногие микросхемы могли работать на максимальной частоте, в то время как большинство микросхем работало на меньшей. Именно поэтому наиболее быстрые процессоры оказывались намного дороже — ведь немногие из них были способны пройти проверку. Однако по мере совершенствования технологического процесса все больше и больше микросхем проходили тестирование. Поскольку менее скоростные процессоры дешевле, а значит, их продается гораздо больше, компания-производитель маркировала довольно много процессоров меньшей частотой, чтобы увеличить объемы продаж.

Совет

Текущая частота может не соотвествовать заявленной в маркировке, как по причине разгона, так и из-за снижения частоты при выполнения нересурсоемких задач. Компании Intel и AMD разработали средства для идентификации "паспортной" частоты процессора.

В случае новых процессоров Intel используйте утилиту Intel Processor Identification Utility; для более старых моделей воспользуйтесь утилитой Intel Processor Frequency ID Utility. Обе утилиты доступны для загрузки на сайте `www.intel.com/support/processors/sb/CS-015477.htm`.

Для процессоров AMD используются программы AMD CPU Info и AMD Clock. Для их загрузки постетите сайт `http://support.amd.com`, после чего выберите пункты Drivers and Downloads (Драйверы и загрузки) и All Processors (Все процессоры). Затем проведите поиск информации о процессоре.

Один из недостатков программ от Intel и AMD состоит в том, что они работают только с процессорами производства одной компании. Для того чтобы получить информацию о процессорах Intel и AMD, можно использовать замечательную утилиту CPU-Z, доступную для загрузки на сайте `www.cpuid.com`. Я регулярно устанавливаю ее на системах, которые собираю или обслуживаю, так как эта утилита позволяет идентифицировать и процессор, и набор микросхем.

Поэтому чаще всего любители разгона приобретают процессоры определенной архитектуры с минимальной номинальной частотой, поскольку стоимость подобных процессоров оказывается, как правило, гораздо ниже стоимости их более скоростных аналогов. Другими словами, вы можете найти младшую модель процессора в серии, которая сможет работать на такой же высокой частоте, как и старшая модель. Если же начинать с достаточно скоростной модели, вряд ли можно достичь сколько-нибудь существенного увеличения частоты.

В данном случае очень важно помнить, что указанная частота процессора и максимальная частота, на которой он в состоянии работать, — это не одно и то же. Такие производители, как Intel и AMD, крайне консервативно подходят к маркировке процессоров, поэтому практически любой процессор может работать на частоте, превышающей указанное номинальное значение. Вопрос состоит в том, каким именно запасом по частоте характеризуется конкретный экземпляр процессора? Единственный способ оценить потенциал процессора — индивидуально протестировать его.

Частота шины и коэффициенты умножения

Частота современных процессоров многократно превосходит частоту системной шины, а сам множитель частоты встроен в процессор. Поэтому для разгона процессора достаточно повысить частоту его шины. Шину процессора также иногда называют *шиной переднего плана* (FSB).

Например, я собрал систему, в которой используется процессор Intel Pentium 4 3.2E, работающий на частоте 3200 МГц с частотой системной шины 800 МГц. В результате частота процессора в четыре раза превысила частоту системной шины. Мне удалось увеличить частоту шины с 800 до 832 МГц, при этом частота процессора возросла с 3200 до 3328 МГц, что на 128 МГц выше номинальной. Следует отметить, что мне потребовалось меньше одной минуты на то, чтобы загрузить программу настройки BIOS, внести изменения, после чего сохранить их и перезагрузить компьютер. В результате быстродействие системы возросло на 4%, хотя мне не пришлось заплатить за это ни копейки; более того, повышение быстродействия никак не отразилось на устойчивости работы компьютера.

Многие системные платы позволяют увеличивать частоту шины на 50% и даже больше, однако далеко не каждый процессор сможет работать при столь значительном увеличении частоты, а значит, или система "зависнет", или в ее работе произойдет сбой. Также не стоит забывать о том, что при увеличении частоты системной шины на то же процентное значение увеличиваются частоты шины памяти, шины PCI и AGP. Таким образом, если память не способна работать на повышенных частотах, система также будет работать нестабильно или "зависать", даже если процессор может работать при увеличенной частоте. В данном случае результаты зависят от наиболее слабого места в системе, т.е. от компонента, наименее склонного к разгону.

Многие системные платы позволяют увеличивать напряжение, которое подается на процессор, память и видеоадаптер. При внесении подобных изменений необходимо быть особенно осторожным, поскольку, задав слишком высокое напряжение, можно просто вывести соответствующий компонент из строя. Однако многие любители разгона все равно изменяют напряжение питания компонентов, так как это позволяет значительно увеличить потенциал разгона последних.

Подводные камни

Если вы намерены заняться разгоном, обратите внимание на ряд особенностей. Например, большинство процессоров начиная с 1998 года выпускаются с заблокированным коэффициентом умножения, поэтому изменить его средствами системной платы невозможно. Сегодня как Intel, так и AMD выпускает ряд моделей с разблокированными множителями частоты, а в некоторых случаях существуют возможности разблокировки и заблокированных процессоров. К примеру, в процессорах AMD используются паяные перемычки, расположенные в верхней области микросхемы, благодаря которым пользователь, имеющий определенный практический опыт, может изменить тактовую частоту процессора. Это делается для того, чтобы предотвратить перемаркировку процессоров мошенниками. А как же быть компьютерным энтузиастам? Остается лишь один простой способ разгона — изменение частоты системной шины.

Однако и здесь есть одна особенность. Многие системные старые платы Intel поддерживают только стандартные значения частоты системной шины (66, 100, 133, 400, 533 и 800 МГц). Новые системные платы Intel поддерживают функцию "разогрева" (burn-in), что позволяет процессору увеличить стандартную частоту шины (а значит, и частоту ядра процессора) до 4%. Это относительно небольшое ускорение, однако оно легко достижимо практически всеми выпускаемыми процессорами. Другие производители системных плат позволяют изменять быстродействие системы в значительно больших пределах, а также с малым шагом, вплоть до 1 МГц. Изменение значений параметров с небольшим шагом порой позволяет достичь большего прироста быстродействия системы, чем изменение с большим шагом, так как в последнем случае сложнее обеспечить стабильность работы. Чем меньше шаг изменения, тем больше вероятность того, что вам удастся приблизиться к максимально стабильному значению частоты конкретного процессора.

Для примера предположим, что на материнской плате Socket 775 установлен процессор Core 2 Quad с тактовой частотой 2,4 ГГц, работающий на частоте шины 1066 МГц. Эта материнская плата позволяет изменять частоту шины с шагом 1 МГц (что следует умножить на 4, чтобы получить частоту шины процессора) для корректировки тактовой частоты процессора. Опорная частота кварцевого генератора составляет 266 МГц, что, будучи умноженным на 4, дает частоту шины материнской платы, и это значение далее умножается на множитель частоты процессора: 800 МГц × 3,5 = 2800 МГц, т.е. 2,8 ГГц.

В табл. 3.33 приведены результирующие скорости системной шины и ядра процессора при последовательном изменении частоты кварцевого генератора с 266 до 300 МГц.

Таблица 3.33. Соотношение скорости кварцевого генератора, системной шины и тактовой частоты процессора

Частота генератора, заданная в BIOS, МГц	Коэффициент умножения для определения частоты шины (FSB)	Частота шины (FSB), МГц	Коэффициент умножения для определения частоты процессора	Частота процессора, ГГц
266	4x	1066	9x	2,400
268	4x	1072	9x	2,412
270	4x	1080	9x	2,430
272	4x	1088	9x	2,448
274	4x	1096	9x	2,466
276	4x	1104	9x	2,484
278	4x	1112	9x	2,502
280	4x	1120	9x	2,520
282	4x	1128	9x	2,538
284	4x	1136	9x	2,556
286	4x	1144	9x	2,574
288	4x	1152	9x	2,592
290	4x	1160	9x	2,610
292	4x	1168	9x	2,628
294	4x	1176	9x	2,646
296	4x	1184	9x	2,664
298	4x	1192	9x	2,682
300	4x	1200	9x	2,700

Как было показано в примере, увеличивая опорную частоту кварцевого генератора с 266 до 300 МГц, можно увеличить скорость системной шины с 1066 до 1200 МГц и тактовую частоту процессора с 2,4 до 2,7 ГГц, т.е. примерно на 13%. Как правило, разгон процессора на 10–20% оказывается успешным, особенно в случае применения эффективных систем охлаждения, а также изменения напряжения питания процессора и других параметров.

Установка параметров напряжения процессора

Существует еще один способ разгона процессора, состоящий в изменении характеристики напряжения, подаваемого на центральный процессор. Гнезда и разъемы современных процессоров поддерживают автоматическое определение напряжения. Система определяет и устанавливает правильное напряжение, считывая параметры тех или иных контактов процессора. Некоторые системные платы, в частности компании Intel, не допускают каких-либо изменений параметров напряжения, заданных по умолчанию; в то же время существуют системные платы, позволяющие это сделать. Как обнаружили некоторые экспериментаторы, увеличивая или уменьшая стандартное напряжение, можно повысить тактовую частоту процессора, не оказывая какого-либо заметного влияния на устойчивость работы системы в целом. Некоторые материнские платы позволяют изменять напряжение для системной шины, набора микросхем системной логики и памяти, практически развязывая руки желающему разогнать процессор.

Отнеситесь к приведенным рекомендациям достаточно серьезно, поскольку неосторожное изменение напряжения может привести к повреждению процессора или других компонентов. Существуют способы, с помощью которых можно модифицировать параметры процессора, изменяя тактовую частоту шины системной платы; при этом не требуется изменять характеристики подаваемого напряжения. В первую очередь убедитесь, что в системе установлены высококачественная системная плата, хорошие модули памяти и особенно надежный системный блок, содержащий дополнительные вентиляторы и мощный источник питания. (Дополнительная информация о модернизации существующих блоков питания и корпусов приведена в главе 18.) Одним из условий безопасного разгона является правильное охлаждение системных компонентов, в частности центрального процессора. Увеличение габаритных размеров радиатора процессора и установка дополнительных вентиляторов охлаждения не только не помешают, но во многих случаях и помогут при подобном повышении производительности системы.

Охлаждение процессоров

В компьютерах с быстродействующими процессорами могут возникать серьезные проблемы, связанные с перегревом микросхем. Более быстродействующие процессоры потребляют бо́льшую мощность и соответственно выделяют больше тепла. Для отвода тепла необходимо принимать дополнительные меры, поскольку встроенного вентилятора может оказаться недостаточно.

Теплоотводы

Для охлаждения процессора нужно приобрести дополнительный *теплоотвод*. В некоторых случаях может потребоваться нестандартный радиатор с большей площадью поверхности (т.е. с удлиненными ребрами).

Теплоотвод напоминает радиаторную решетку в машине, необходимую для отвода избыточного тепла от двигателя. Аналогичным образом радиатор помогает процессору избавиться от тепла, которое затем выводится за пределы системного корпуса. Радиатор создан на основе теплового проводника (обычно металлического) для переноса тепла с процессора на ребра радиатора, имеющие большую охладительную поверхность. Как и в автомобиле, эффективность радиатора зависит от воздушного потока, без которого он не сможет отводить избыточное тепло. Для защиты от перегрева за радиатором автомобиля размещен вентилятор. Точно так же в корпусе ПК установлен вентилятор, обдувающий радиатор и выводящий тепло за пределы корпуса. В некоторых системах вполне достаточно вентилятора блока питания и специального радиатора; тем не менее в большинстве случаев для дополнительного охлаждения над радиатором процессора устанавливается свой вентилятор. Во многих системах за передней панелью корпуса установлен еще один вентилятор, выводящий горячий воздух из системы и засасывающий прохладный воздух извне корпуса.

Радиаторы могут быть прижатыми к микросхеме или приклеенными к ее корпусу. В первом случае для улучшения теплового контакта между радиатором и корпусом микросхемы их поверхности следует смазать специальной термопастой. Она заполнит воздушный зазор, что улучшит передачу тепла.

Эффективность радиаторов определяется отношением температуры радиатора к рассеиваемой мощности. Чем меньше это отношение, тем выше эффективность рассеивания тепла.

Активные теплоотводы

Для повышения эффективности радиатора в него встраивают вентиляторы. Такие радиаторы называются активными (рис. 3.55). Разъем питания вентилятора похож на обычный разъем питания накопителя, но в последнее время выпускаются радиаторы с вентилятором, который подключается к системной плате.

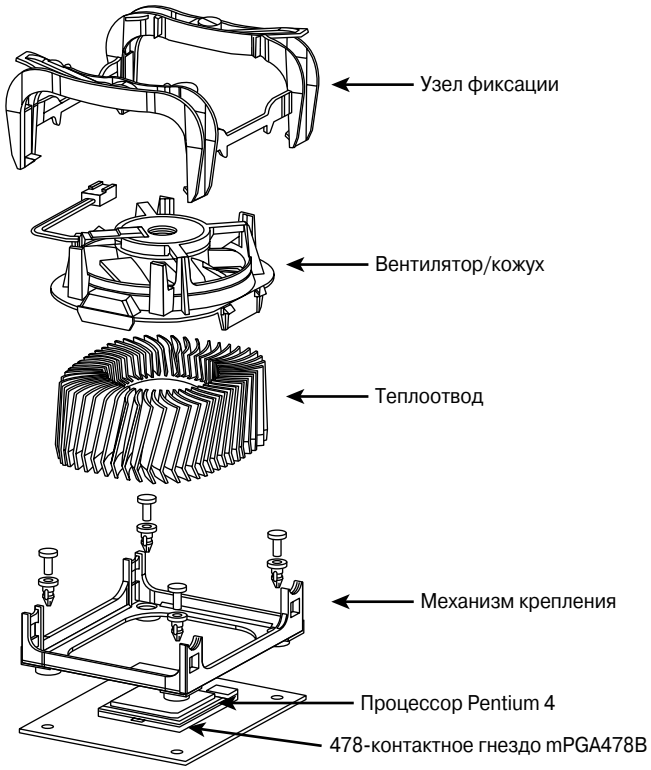


Рис. 3.55. Активный радиатор, используемый с процессором Pentium 4, который устанавливается в гнездо Socket 478

Разъем Socket 478 оснащен двумя крепежными скобами. При этом обеспечивается очень надежное крепление, что позволяет переносить системный блок даже после установки тяжелых радиаторов. Кроме того, благодаря сильному нажиму обеспечивается хороший контакт между термоинтерфейсом, нанесенным на радиатор, и процессором.

На рис. 3.56 представлена схема системы охлаждения процессоров для гнезд Socket AM2, 930, 939 и 754. Здесь используется механизм крепления, подобный механизму активного радиатора разъема Socket 478, но фиксирующая защелка расположена только с одной стороны. Для предотвращения деформации системной платы с другой ее стороны напротив процессорного гнезда закреплена пластина с крепежной рамкой, в которую вставляется радиатор. Как правило, крепежная рамка и задняя пластина поставляются уже установленными на системную плату, а активный радиатор — вместе с процессором.

Совет

Подключать вентилятор к разъему на системной плате рекомендуется потому, что BIOS многих современных плат позволяет отображать данные о количестве оборотов вентилятора и температуре процессора с помощью специальных диагностических программ. Некоторые процессоры, особенно старые версии Athlon, могут перегореть буквально за несколько секунд при выходе из строя вентилятора, поэтому подобные программы помогут избежать катастрофы.

При приобретении радиаторов с вентилятором не забывайте о том, что зачастую эти вентиляторы являются дешевыми устройствами весьма низкого качества. Например, в вентиляторах часто используется электрический двигатель с подшипниками, срок службы которых крайне непродолжителен. Я рекомендую приобретать только вентиляторы с электродвигате-

лями на шарикоподшипниках, которые служат примерно в десять раз дольше, чем подшипники скольжения (или подшипники втулочного типа). Конечно, подобные вентиляторы почти в два раза дороже, но их применение в конечном итоге приводит к ощутимой экономии.



Рис. 3.56. Активный радиатор, предназначенный для охлаждения процессоров Athlon 64, Athlon 64 FX и Opteron. Подходит для процессоров, устанавливаемых в разъемы Socket 754, Socket 939 и Socket 940

Новые вентиляторы оснащены 4-контактным разъемом, а не стандартным 3-контактным; 4-й контакт используется для управления скоростью вращения. Они известны как *вентиляторы с импульсной модуляцией*, поскольку используют импульсный сигнал, подаваемый материнской платой для точного указания скорости вращения в большом диапазоне. Стандартные трехпроводные вентиляторы имели внутренние термические сопротивления (*термисторы*), управляющие скоростью вращения, которые, как правило, обеспечивали переключение между двумя скоростями. При использовании импульсной модуляции материнская плата может отслеживать температуру системы и процессора и соответствующим образом плавно регулировать скорость вращения вентилятора.

Теплоотводы, предназначенные для гнезд LGA775, LGA1156 или LGA1366, обычно содержат пластиковые защелки, которые вставляются в отверстия на материнской плате. Для установки такого теплоотвода нужно отклонить защелки в сторону, противоположную направлению стрелки, а затем нажать на верхнюю часть, пока защелки не зафиксируются в отверстиях материнской платы. Чтобы снять такой теплоотвод, нужно открыть винты, находящиеся под стрелками, и провернуть их в направлении стрелок. По мере вращения защелка будет плавно выходить из отверстия на материнской плате. На рис. 3.57 показан активный теплоотвод, предназначенный для охлаждения процессоров для гнезд LGA775; универсальность обеспечивается за счет поставки в комплекте крепежных рамок для разных процессорных гнезд.

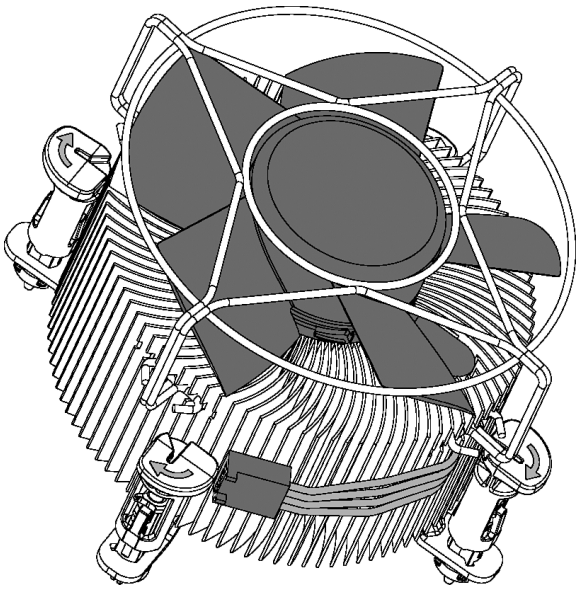


Рис. 3.57. Теплоотвод процессора для гнезда LGA775 с защелками и четырехпроводным вентилятором

Приобретение теплоотвода

В связи с большим разнообразием быстродействия и гнезд для установки современных процессоров вам придется выбирать совместимую модель теплоотвода. Производительность теплоотвода, необходимого для конкретного процессора, зависит от двух основных величин: максимально допустимой температуры корпуса и максимальной выходной мощности. В следующем разделе будут продемонстрированы вычисления необходимого максимального теплового сопротивления. Всегда можно установить теплоотвод с более низким тепловым сопротивлением, что только улучшит охлаждение. В то же время нельзя устанавливать теплоотвод с более высоким тепловым сопротивлением, чем того требует процессор.

Так называемые "коробочные" версии процессоров Intel и AMD или процессоры, поступающие в розничную продажу, включают в себя высококачественные активные радиаторы, предназначенные для работы в максимально неблагоприятных условиях. Это одна из основных причин, по которым я склонен приобретать процессоры "коробочных" версий, — наличие надежных радиаторов, предназначенных для охлаждения процессора при самых неблагоприятных внешних условиях, обеспечивает долгую "жизнь" компьютера.

При покупке OEM-версии процессора без теплоотвода будьте готовы выложить дополнительно 25–60 долларов за активный радиатор высокого класса; некоторые уникальные модели могут стоить еще дороже. Обычно пользователи, планирующие "разгонять" системы, приобретают высококачественные системы охлаждения в надежде на то, что на этот раз дополнительные затраты окупят себя.

Примечание

Пассивные теплоотводы представляют собой реберные алюминиевые радиаторы, принимающие поток воздуха, который поступает из внешнего источника. Условием хорошей работы пассивного радиатора является воздушный поток, огибающий ребра или пластины радиатора. Источником воздуха чаще всего служит вентилятор, встроенный в системный блок. Следует заметить, что при соответствующем исполнении пассивный радиатор может оказаться довольно эффективным и рентабельным. Поэтому во многих фирменных системах, к числу которых относятся компьютеры Dell и Gateway, часто используются пассивные радиаторы с туннельным вентилятором.

Уникальные теплоотводы

Существует большой рынок так называемых "уникальных" теплоотводов, форму и конструкцию которых можно отнести к произведениям индустриального искусства. Эти причудливые теплоотводы очень популярны в среде любителей разгона компьютерных систем, а также среди тех, кто склонен к совершенству во всем.

Я склоняю голову перед привлекательным внешним видом таких устройств, однако, будучи инженером, в первую очередь обращаю внимание на технические характеристики. Сразу скажу, что большинство уникальных теплоотводов обладают превосходными термальными качествами; реальный уровень их производительности редко отражается в документации, что делает сравнение сложной задачей.

Пожалуй, наибольшей проблемой все же является недостаток технической документации. Главной спецификацией теплоотводов является термическое сопротивление, выраженное в градусах Цельсия на ватт. Чем ниже этот показатель, тем выше производительность. К сожалению, в технических характеристиках большинства уникальных теплоотводов именно этот показатель отсутствует. Не зная тепловое сопротивление, невозможно сравнить производительность разных моделей теплоотводов.

Эффективность теплоотвода

При охлаждении процессора радиатор отводит тепло за пределы устройства (поэтому иногда используется термин *теплоотвод*). Эта возможность характеризуется такой величиной, как *тепловое сопротивление*, которое измеряется в градусах Цельсия на ватт (°C/Вт). Чем ниже тепловое сопротивление радиатора, тем эффективнее он может отводить тепло от процессора.

Вычислить характеристики необходимого радиатора можно по формуле

$$R_{total} = (T_{case} - T_{inlet})/P_{power},$$

где T_{case} — максимально допустимая температура процессора; T_{inlet} — максимально допустимая температура радиатора; P_{power} — максимальная мощность, рассеиваемая процессором. Например, для процессора Pentium 4 3.4E (ядро Prescott) максимальная рабочая температура составляет 73°C, а температура радиатора — 38°C; при этом максимальная рассеиваемая мощность составляет 103 Вт. Это означает, что необходимый радиатор должен характеризоваться тепловым сопротивлением 0,34°C/Вт ((73°C – 38°C) / 103 Вт = 0,34°C/Вт). В данном случае учитывается сопротивление материала термоинтерфейса (термопасты) и собственно радиатора, поэтому, если вы используете термопасту с известным тепловым сопротивлением 0,01°C/Вт, радиатор должен характеризоваться тепловым сопротивлением 0,33°C/Вт или меньше.

В качестве более экстремального примера приведем четырехъядерный процессор Core 2 Extreme QX6800, для которого максимально допустимая температура и мощность рассеивания составляют 54,8°C и 130 Вт. Как несложно подсчитать, радиатор для этого процессора должен характеризоваться тепловым сопротивлением 0,13°C/Вт. Такого низкого показателя позволяет добиться водяное охлаждение.

Кроме того, можно воспользоваться формулой

$$P_{power} = C \times V^2 \times F,$$

где P_{power} — максимальная мощность, рассеиваемая процессором; C — емкость; V — напряжение; F — частота. Таким образом, увеличение частоты в два раза приводит к двукратному увеличению рассеиваемой мощности, в то время как увеличение напряжения в два раза приводит к четырехкратному увеличению мощности. Следовательно, если уменьшить напряжение в два раза, выделяемая мощность уменьшится в четыре раза. Данные взаимосвязи очень важны при разгоне процессора, поскольку при увеличении напряжения рассеиваемая процессором мощность возрастает заметно быстрее, чем его частота.

В общем случае увеличение частоты процессора на 5% приводит к увеличению мощности на ту же величину. Применительно к приведенному выше примеру это означает, что выделяемая процессором мощность увеличивается со 103 до 108,15 Вт, при этом тепловое сопро-

тивление радиатора уменьшается с 0,34 до 0,32°С/Вт. В большинстве случаев, если вы не занимаетесь экстремальным разгоном, возможностей существующего радиатора должно быть вполне достаточно. Кроме того, можно попытаться немного уменьшить напряжение, тем самым уменьшив рассеиваемую энергию. Конечно, снижение напряжения может привести к нестабильной работе процессора, поэтому данная процедура требует проверки. Как видите, при разгоне системы необходимо проводить ее всестороннее тестирование. Следовательно, вам самим придется принимать решение о том, стоит ли увеличение быстродействия затраченных на проверку работоспособности системы времени и сил.

Обратите внимание на то, что все серьезные производители радиаторов указывают их тепловое сопротивление, а малоизвестные компании — не указывают. Кроме того, не следует забывать, что некоторые производители делают ставку не на фактическую производительность радиатора, а на его внешний вид.

Установка радиатора

Чтобы обеспечить наилучший отвод тепла от процессора, большинство производителей радиаторов используют определенное термическое вещество, которое размещается между процессором и поверхностью радиатора. Как правило, этот материал представляет собой белую пасту, созданную на основе оксида алюминия, а также на керамической или серебряной основе. Ряд материалов называют *фазовыми*, поскольку они могут, например, менять вязкость (становиться тоньше) при определенных температурах, позволяя тем самым лучше заполнить пространство между поверхностью процессора и радиатора. *Термопасты* лучше проводят тепло, чем фазовые материалы, однако обладают меньшей вязкостью и большей текучестью, их сложно наносить, а в некоторых случаях паста может даже вытечь и попасть на гнездо процессора и системную плату.

Тепловой проводник любого типа, будь то паста или фазовый материал, значительно расширяет возможности радиатора. Тепловые материалы характеризуются теплопроводностью (чем больше ее коэффициент, тем лучше) и термическим сопротивлением (здесь наоборот: чем меньше, тем лучше). Чаще всего приводят тепловое сопротивление для слоя толщиной 0,001 дюйма и площадью 1 дюйм^2. В любом материале, чем больше площадь или чем меньше толщина, тем больше тепловое сопротивление. Наличие дополнительных факторов, таких как шероховатость и давление, часто делает невозможным прямое сравнение характеристик разных материалов, даже если они участвуют в одном рейтинге.

Мне доводилось видеть результаты тестироания термоинтерфейсов разных марок, и должен признать, что большинство термоинтерфейсов обеспечивает приблизительно одинаковые результаты охлаждения. По этой причине я редко обращаю внимание на марку термоитерфейса.

Жидкостное охлаждение

Одним из наиболее радикальных методов охлаждения ПК является жидкостное охлаждение. Жидкости способны намного быстрее передавать тепло, чем воздух, поэтому, по мере того как процессоры выделяют все больше и больше тепла, системы жидкостного охлаждения оказываются все более предпочтительными, особенно в условиях ограниченного пространства внутри корпуса.

Существует несколько вариантов систем жидкостного охлаждения:

- тепловые трубки;
- водяное охлаждение;
- криогенное охлаждение.

Каждая из перечисленных схем предполагает использование жидкости или пара для поглощения тепла, выделяемого процессором или другими компонентами, а также для отвода данного тепла к теплообменнику, который, как правило, передает тепло окружающей среде. Итак, все системы жидкостного охлаждения в том или ином виде используют и воздушное охлаждение; отличие состоит в том, что теплообменник, отдающий тепло воздуху, расположен

на расстоянии от компонентов ПК, которые необходимо охладить. При этом появляется возможность использовать теплообменник (радиатор) гораздо большего размера, чем в том случае, если бы его приходилось закреплять на процессоре или других микросхемах; это еще одна причина, по которой системы жидкостного охлаждения оказываются намного эффективнее.

Из всех существующих систем жидкостного охлаждения наиболее предпочтительно применять тепловые трубки; сегодня они используются некоторыми компаниями при производстве ПК. Водяное и особенно криогенное охлаждение представляет интерес только для поклонников экстремального разгона, которые согласны платить немалые деньги, а также мириться с определенными недостатками, характерными для этих двух схем охлаждения.

Корпуса с улучшенными температурными характеристиками

Поскольку процессоры выделяют все больше тепла, разработчикам пришлось внести определенные изменения в конструкцию корпусов для обеспечения должного охлаждения даже самых быстрых современных процессоров без использования дорогостоящих систем охлаждения.

В блоках питания всегда использовались вентиляторы. На протяжении многих лет одного вентилятора хватало для охлаждения не только блока питания, но и системы в целом, в том числе процессора. На самом деле процессоры компьютеров до появления процессора 486 даже не оснащались радиатором, так как выделяли всего несколько ватт тепла. Пассивные радиаторы стали стандартным компонентом ПК с момента появления в 1992 году процессоров 486DX2, которые выделяли до 5,7 Вт. Активные радиаторы впервые появились в процессорах Pentium производства компании Intel (тогда также выпускались процессоры Overdrive) и стали стандартным компонентом поставки "коробочных" версий процессоров Pentium II, Pentium III и AMD Athlon в 1997 году. До недавнего времени компьютерные корпуса (шасси) не поставлялись ни с какими вентиляторами охлаждения, за исключением вентилятора, установленного в блоке питания.

Впервые корпусные вентиляторы появились в готовых компьютерных системах в середине 1990-х годов, поскольку это позволяло использовать менее дорогие пассивные радиаторы для охлаждения процессоров. Оказалось намного выгоднее использовать один корпусный вентилятор для охлаждения системного блока и процессора, чем устанавливать на процессор активный радиатор. Однако в 2000 году вместе с выпуском процессора Pentium 4 многие системы стали оснащаться не только активным радиатором для процессора (т.е. радиатором, оснащенным вентилятором), но и корпусным вентилятором. В большинстве современных компьютерных систем используются три вентилятора: один — в блоке питания, другой — на радиаторе процессора и еще один — на задней панели корпуса. Конечно, в некоторых системах установлено больше вентиляторов, однако сейчас использование трех вентиляторов считается наиболее экономически оправданным.

К сожалению, уровень тепловыделения современных процессоров порой превышает 100 Вт, поэтому стало невозможно использовать классическую схему охлаждения без добавления дополнительных вентиляторов и даже систем жидкостного охлаждения (далеко не дешевых). Однако достаточно эффективное решение все-таки было найдено, причем в некоторых случаях даже не требовалось добавлять вентиляторы.

Как уже известно из формулы, приведенной ранее, энергопотребление (а значит, и тепловыделение) процессора прямо пропорционально его частоте, а также напряжению в квадрате. Несмотря на то что напряжение питания процессоров постоянно уменьшается, частоты увеличиваются намного быстрее, поэтому тепловыделение и достигло впечатляющего значения 100 Вт. Для решения подобных проблем многие производители за последние десять–пятнадцать лет значительно улучшили эффективность выпускаемых ими радиаторов. Сейчас выпускается немало моделей радиаторов, которые характеризуются тепловым сопротивлением 0,33°C/Вт и даже меньше. К сожалению, несмотря на все усилия производителей, классические радиаторы, используемые при воздушном охлаждении, очень быстро приближаются к потенциальным пределам возможностей данной технологии охлаждения.

Улучшение производительности теплоотвода

Весьма эффективным методом улучшения производительности радиатора оказывается снижение температуры окружающей среды вокруг процессора, что означает уменьшение температуры радиатора. Для обеспечения должного охлаждения выпускаемых "коробочных" (т.е. предназначенных для розничной продажи) процессоров компании Intel и AMD указывают максимально допустимые значения температуры окружающей среды. Если температура выше указанного значения, то радиатор не в состоянии обеспечить адекватное охлаждение процессора. Практически все современные системы и радиаторы проектируются таким образом, чтобы обеспечить корректную работу при температуре окружающей среды на уровне 35°C (95°F). Это означает, что ПК предназначены для работы в среде, которая характеризуется указанной температурой. Чтобы обеспечить работу при более высоких значениях температуры окружающей среды, требуются специальные системы охлаждения. В табл. 3.34 приводятся максимально допустимые значения температуры окружающей среды и температуры радиатора для различных типов процессоров.

Таблица 3.34. Максимально допустимые значения температуры для процессоров разных типов

Температура окружающей среды, °C (°F)	Максимальная температура радиатора, °C (°F)	Тип процессора
35 (95)	45 (113)	AMD K6, Pentium I, Pentium II, Pentium III
35 (95)	42 (107,6)	AMD Athlon, Athlon XP, Athlon 64, Athlon 64 FX
35 (95)	40 (104)	Pentium 4 (ядра Willamette и Northwood)
35 (95)	38 (100,4)	Pentium 4 (ядро Northwood) с частотой 3 ГГц и выше, Pentium 4 (ядро Prescott) с частотой 2,4 ГГц и выше; Core 2 Duo, Core 2 Extreme Quad Core

Как видите, новые модели процессоров, которые характеризуются большим уровнем тепловыделения, предъявляют все более высокие требования к охлаждению системы. При использовании наиболее требовательных процессоров необходимо обеспечить температуру радиатора не выше 38°C (100,4°F) даже при температуре окружающей среды 35°C (95°F). Повышение температуры внутри системного блока (фактически температуры радиатора), как правило, связано с нагревом таких компонентов, как набор микросхем, видеоадаптер, память, блок управления напряжениями, жесткие диски и т.д. (включая, конечно же, процессор). Несмотря на то что практически все современные компоненты ПК выделяют тепло, согласно спецификациям современных процессоров температура воздуха внутри системного блока не должна превышать температуру окружающей среды на 3°C (5,4°F). В результате к охлаждению системного блока предъявляются очень высокие требования.

Обычные корпуса просто не в состоянии обеспечить настолько малую разницу между температурой внутри корпуса и температурой окружающей среды. Единственным способом соблюдения предъявленных требований является добавление дополнительных вентиляторов, что отрицательно сказывается не только на стоимости, но и на уровне шума, производимом системой. Многие системы, в которых используется несколько вентиляторов, установленных на передней и задней панелях, а также на боковых крышках, способны обеспечить необходимую разницу в 3°C (5,4°F) между температурой окружающей среды и температурой радиатора. К счастью, было найдено достаточно простое решение, которое не только устранило данную проблему, но и позволило избежать установки новых вентиляторов, а значит, не увеличивать ни стоимость, ни уровень шума системы. При этом найденное решение можно реализовать также для существующих корпусов, и это обойдется не более чем в 10 долларов.

Компании Intel и AMD предоставляют документацию, в которой описываются температурные характеристики процессоров, а также даются рекомендации по обеспечению охлаждения и проектированию систем. Корпуса, специально сконструированные таким образом, чтобы обеспечить температуру радиатора на уровне 38°C и даже ниже, принято называть *корпусами с улучшенными температурными характеристиками*. Использование подобных шасси не только обеспечивает работу процессора при небольшой температуре, но и позволяет

значительно снизить уровень шума, производимого системой. Современные процессоры и шасси оснащаются системами охлаждения, позволяющими регулировать частоту вращения вентиляторов. Если температура остается в определенных пределах, частота вращения вентиляторов уменьшается, а значит, снижается и уровень шума. Если температура по какой-то причине повышается, частота вращения увеличивается; к сожалению, при этом повышается и уровень шума. Как правило, шасси с улучшенными температурными характеристиками позволяют обеспечить достаточно малую частоту вращения вентиляторов, а значит, довольно тихую работу компьютерной системы в целом.

К шасси с улучшенными температурными характеристиками предъявляется ряд требований:

- возможность установки системных плат формфактора ATX, MicroATX или FlexATX;
- возможность установки блоков питания стандарта ATX, SFX и TFX со встроенным вентилятором охлаждения;
- использование съемной боковой крышки, оснащенной воздухозаборником с возможностью изменения высоты, а также вентиляционным отверстием напротив плат расширения;
- наличие корпусного вентилятора диаметром 92 мм и более на задней панели, а также места для установки вентилятора диаметром 80 мм на передней панели (без учета вентиляторов в блоке питания).

Поскольку шасси с улучшенными температурными характеристиками обеспечивают высокую эффективность охлаждения без существенного повышения стоимости, настоятельно рекомендуется приобретать именно такие корпуса для сборки новых компьютерных систем.

Воздухозаборник

Одним из последних нововведений в конструкции шасси можно считать появление воздухозаборника, расположенного непосредственно над процессором. С его помощью вентилятор процессора захватывает воздух за пределами корпуса, что позволяет значительно повысить эффективность радиатора, а также соблюсти требование поддерживать температуру радиатора на уровне не более 38°C. Спецификации, которым должны соответствовать воздухозаборник, а также вентиляционное отверстие над платами расширения, описаны в официальном стандарте *Chassis Air Guide design guide*, первая версия которого была опубликована в мае 2002 года, а исправленная и дополненная — в сентябре 2003 года. В подобных руководствах указываются месторасположение и размеры воздухозаборника, а также другие характеристики.

Пример корпуса типа “башня” вместе с воздухозаборником, закрепленным на боковой крышке, показан на рис. 3.58. Снаружи воздухозаборник, как правило, закрыт решеткой.

Воздухозаборник — наиболее важная часть корпуса с улучшенными температурными характеристиками. А его размещение оказывает огромное влияние на быстродействие системы. Воздухозаборник располагается строго над центром радиатора; при этом расстояние от воздухозаборника до верхней границы радиатора должно составлять 12–20 мм. Это обеспечивает захват вентилятором только прохладного воздуха за пределами корпуса; попавший таким образом внутрь прохладный воздух немного охлаждает и другие компоненты системы.

Добавление воздухозаборника весьма заметно отражается на работе системы. Ниже приведены результаты, полученные компанией Intel при изучении температурного режима системы, работающей под управлением Windows XP и оснащенной процессором Pentium 4 с частотой 3 ГГц, системной платой D865PERL, видеоадаптером GeForce4, памятью DDR400, жестким диском, накопителем CD-ROM, звуковой платой, а также двумя вентиляторами диаметром 80 мм, установленными на передней и задней панелях системного блока. Значение температуры окружающей среды при этом составляло 25°C (77°F).

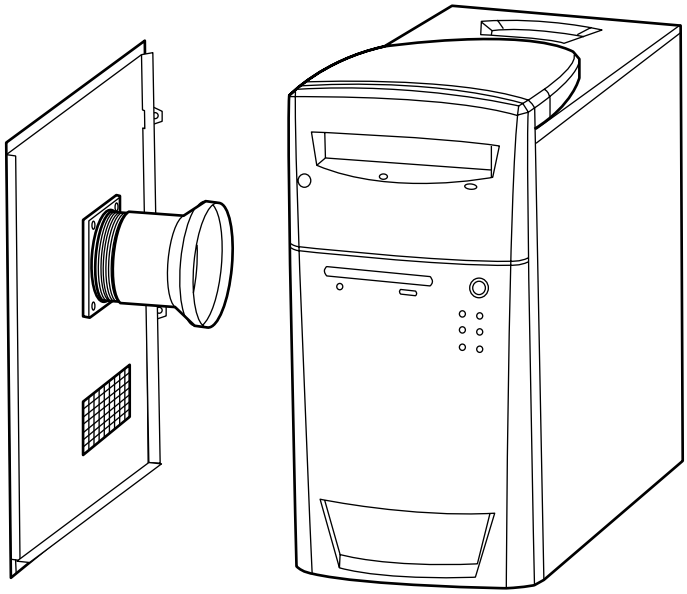


Рис. 3.58. Стандарт корпусов с улучшенными температурными характеристиками предполагает наличие воздухозаборника и вентиляционного отверстия на боковой крышке

	Без использования воздухозаборника	При использовании воздухозаборника
Температура внутри корпуса, °C (°F)	35 (95)	28 (82,4)
Частота вращения вентилятора активного радиатора, об/мин	4050	2810
Уровень шума, дБ	39,8	29,9

Как видите, добавление воздухозаборника привело к уменьшению температуры процессора на 7°C (12,6°F), причем это также сопровождалось уменьшением частоты вращения радиатора. В результате процессор меньше греется, вентилятор вращается с меньшей скоростью, а система в целом работает намного тише. Таким образом, даже при наличии в системе двух вентиляторов добавление воздухозаборника позволяет значительно уменьшить температуру процессора.

Отдавая предпочтение корпусу с улучшенными температурными характеристиками, вы обеспечиваете не только надежную работу процессора даже в нестандартных условиях окружающей среды, но и продлеваете время работы вентилятора, охлаждающего процессор.

Добавление воздухозаборника

Теперь, когда вы знаете обо всех преимуществах корпуса с улучшенными температурными характеристиками, возникает вопрос: как поступить с уже имеющейся компьютерной системой? К счастью, улучшить характеристики существующей системы не так сложно, как кажется на первый взгляд.

Внимательно изучив спецификации Chassis Air Guide, я решил внести необходимые изменения в одну из уже имеющихся в моем распоряжении компьютерных систем. Преимущества достаточно очевидны: чем ниже температура процессора, тем устойчивее его работа, а также работа системы в целом. Кроме того, если предполагается заниматься разгоном системы, то снижение температуры компонентов оказывается очень кстати.

После этого я отправился на поиски необходимых деталей. Посетив разнообразные магазины, я, к огромному удивлению, нашел все, что мне необходимо, в магазине сантехники. В ре-

зультате за совсем небольшую сумму я приобрел насадку на душ и резиновый сливной патрубок (рис. 3.59). Вся покупка обошлась мне примерно в 8 долларов.

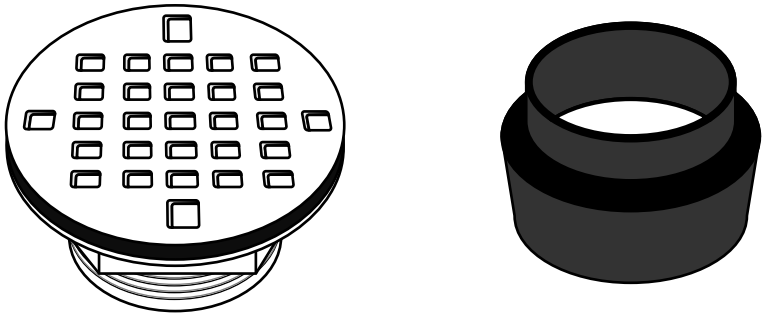


Рис. 3.59. Насадка на душ и резиновый сливной патрубок — вот все, что необходимо для изготовления воздухозаборника своими силами

В результате получается очень простая труба, состоящая всего из двух деталей. После прикрепления патрубка к насадке остается только немного укоротить его, чтобы обеспечить необходимое расстояние от воздухозаборника до верхней границы радиатора, установленного на процессоре.

Для установки воздухозаборника выполните такие действия.

1. Снимите боковую крышку корпуса. С помощью скотча заклейте внешнюю часть крышки, чтобы предохранить ее от царапин при вырезании отверстия.
2. Отметьте на боковой крышке то место, которое строго соответствует центру радиатора, установленного на процессоре.
3. Используя кольцевую пилу, лобзик или другой инструмент, вырежьте в боковой крышке отверстие диаметром 82,5 мм (3,25 дюйма). При этом отмеченная ранее точка должна быть центром отверстия. Отверстие необязательно должно быть безупречным, поскольку кромка рассекателя воды скроет края отверстия.
4. Возьмите рассекатель воды и снимите сетку из нержавеющей стали, а затем извлеките внутреннюю гайку, шайбу и прокладку.
5. Открутите внешнюю крышку, после чего извлеките все лишние детали.
6. Совместите полученное сито с отверстием в боковой крышке. При этом часть с нанесенной резьбой должна быть направлена внутрь.
7. Наденьте резиновую прокладку на резьбу, после чего накрутите внешнюю гайку и хорошо зажмите ее.
8. Возьмите резиновый сливной патрубок и наденьте его узким концом на сито.
9. Проверьте, насколько хорошо полученный воздухозаборник для захвата воздуха сочетается с системным блоком, а также оцените расстояние от сливного патрубка до верхней границы радиатора.
10. Снимите боковую крышку и с помощью ножа обрежьте лишнюю часть патрубка, чтобы при установленной боковой крышке расстояние до радиатора составляло 12–20 мм. Вам может понадобиться выполнить операции по согласованию размеров самодельного воздухозаборника несколько раз.
11. И наконец, закрепите металлическую сетку над воздухозаборником и окончательно установите боковую крышку.

Как видите, приведенные выше инструкции достаточно просты. Наиболее сложным оказалось вырезание отверстия в боковой крышке. Однако и это не очень сложная задача, так как отверстие необязательно должно быть идеально круглым или иметь ровные края.

Полученный мною результат после добавления сетки из нержавеющей стали представлен на рис. 3.60.

После включения компьютера я сразу заметил, что рабочая температура процессора уменьшилась, а вентилятор действительно захватывает воздух через воздухозаборник, для создания которого потребовалось всего 8 долларов и 15 минут.



Рис. 3.60. Вид сбоку системного блока, боковая крышка которого содержит воздухозаборник

Причины неисправности процессоров

Процессоры, как правило, чрезвычайно надежны, и чаще всего проблемы в работе компьютера возникают по вине других устройств. Но, если вы уверены, что причина кроется именно в процессоре, воспользуйтесь советами, которые помогут найти выход из сложившейся ситуации. Самым простым решением является замена микропроцессора другим, заведомо исправным. Если таким образом удалось решить проблему, значит, замененный процессор был неисправен; если нет — причина кроется в чем-то другом.

Перечень наиболее часто возникающих проблем и способы их решений приведены в табл. 3.35.

Таблица 3.35. Причины неисправностей процессоров

Проблема	Возможная причина	Способ решения
Система не отзывается, нет курсора и звукового сигнала, не работает вентилятор	Неисправен шнур питания	Подключите к сети или замените шнур питания. Внешний осмотр не всегда позволяет определить исправность сетевого шнура
	Неисправен блок питания	Замените блок питания заведомо исправным
	Неисправна системная плата	Замените системную плату другой, заведомо исправной
	Неисправны модули памяти	Извлеките все модули памяти, кроме одного, и протестируйте еще раз. Если система не загружается, замените этот модуль
Система не отзывается, не подает звукового сигнала или "зависает" перед началом тестирования POST	Некоторые компоненты системы не установлены или установлены некорректно	Проверьте все периферийные устройства, особенно память и видеоадаптер. Проверьте гнезда и разъемы компонентов
Система подает звуковые сигналы, вентилятор работает, на экране нет курсора	Неправильно установлен или неисправен видеоадаптер	Переустановите или замените видеоадаптер заведомо исправным
Питание включается, вентилятор запускается, нет звукового сигнала или курсора	Некорректно установлен процессор	Извлеките и заново установите процессор и систему теплоотвода
Система "зависает" во время выполнения или сразу же после тестирования POST	Недостаточный отвод тепла	Проверьте теплоотвод и вентилятор процессора; при необходимости замените его более мощным

Окончание табл. 3.35

Проблема	Возможная причина	Способ решения
	Неправильно установлено напряжение	Установите напряжение системной платы в соответствии с напряжением ядра процессора
	Неправильно установлена частота шины системной платы	Установите соответствующую частоту системной платы
	Неправильно установлен множитель тактовой частоты	Переключите системную плату на соответствующее значение множителя
Неправильная идентификация процессора во время тестирования POST	Устаревшая BIOS	Обновите BIOS
	Неправильная конфигурация платы	Проверьте положение перемычек системной платы в соответствии с параметрами шины и множителя
Система не запускается после установки нового процессора	Процессор установлен некорректно	Повторно установите процессор и систему теплоотвода
	BIOS не поддерживает новый процессор	Обновите BIOS у производителя материнской платы или системы
	Материнская плата не поддерживает новый процессор	Проверьте этот факт в документации или у поставщика
Операционная система не загружается	Недостаточный отвод тепла	Проверьте вентилятор процессора; при необходимости замените его более мощным. Также может потребоваться установка теплоотвода на микросхему северного моста
	Неправильно установлено напряжение	Установите напряжение системной платы в соответствии с напряжением ядра процессора
	Неправильно установлена частота шины системной платы	Установите соответствующую частоту системной платы
	Неправильно установлен множитель тактовой частоты	Переключите системную плату на соответствующее значение множителя
Приложения не устанавливаются и не работают	Устаревшие драйверы или несовместимое аппаратное обеспечение	Обновите драйверы и проверьте совместимость компонентов
Система работает, но изображения на экране монитора нет	Монитор выключен или неисправен	Проверьте монитор и подачу на него питания. Попробуйте заменить монитор заведомо исправным

Если во время выполнения процедуры POST (тестирования при включении питания) процессор распознается неправильно, это связано с неверными параметрами системной платы или устаревшей версией BIOS. Проверьте правильность установки соответствующих перемычек системной платы и конфигурацию существующего процессора. Также убедитесь, что версия BIOS соответствует конкретной системной плате.

Когда вам кажется, что после прогревания система начинает работать некорректно, попробуйте установить более низкую частоту процессора. Если проблема исчезнет, значит, процессор был некорректно “разогнан”.

Большинство аппаратных проблем в действительности являются скрытыми проблемами программного обеспечения. Убедитесь в том, что в системе установлены последние версии драйверов периферийных устройств и наиболее подходящая для системной платы версия BIOS. То же самое относится и к используемой операционной системе — в самых последних версиях обычно содержится меньше ошибок.

ГЛАВА

4

Системные платы и шины

Формфакторы системных плат

Важнейшим узлом компьютера является *системная плата* (system board), иногда называемая *материнской* (motherboard), *основной* или *главной платой* (main board); все эти термины взаимозаменяемы. Практически все внутренние компоненты персонального компьютера вставляются в материнскую плату, и именно ее характеристики определяют возможности компьютера, не говоря уже о его общей производительности. В этой главе мы рассмотрим основные типы материнских плат, их компоненты и интерфейсные разъемы.

Существует несколько наиболее распространенных формфакторов, учитываемых при разработке системных плат. *Формфактор* (form factor) определяет физические параметры платы и тип корпуса, в котором она может быть установлена. Формфакторы системных плат могут быть стандартными (т.е. взаимозаменяемыми) и нестандартными. Нестандартные формфакторы, к сожалению, являются препятствием для модернизации компьютера, поэтому от их использования лучше отказаться. Наиболее известные формфакторы системных плат перечислены ниже.

Устаревшие формфакторы:

- Baby-AT (PC и XT);
- полноразмерная AT;
- LPX (частично оригинальная разработка);
- NLX;
- WTX;
- BTX, microBTX, picoBTX.

Современные формфакторы:

- ATX и вариации; microATX, FlexATX, DTX/Mini-DTX, а также ITX/Mini-ITX.

За последние несколько лет произошел переход от системных плат оригинального формфактора Baby-AT, который использовался в первых компьютерах IBM PC и XT, к платам формфактора BTX и ATX, используемым в большинстве полноразмерных настольных и вертикальных систем. Существует несколько вариантов формфактора ATX, в число которых входят microATX (уменьшенная версия формфактора ATX, используемого в системах малых размеров) и Flex-ATX (еще более уменьшенный вариант, предназначенный для домашних компьютеров низшего ценового уровня). Формфактор BTX предполагал изменение положения основных компонентов с целью улучшения охлаждения системы, а также использование термального модуля.

К системным платам, параметры которых не вписываются в какой-либо из формфакторов промышленного стандарта, следует относиться как к невзаимозаменяемым. Покупать компьютеры с нестандартными системными платами следует только в случае особых обстоятельств. Ремонт и модернизация таких систем достаточно дороги, что связано, прежде всего, с невозможностью замены системных плат, корпусов или источников питания другими моделями. Системы независимых формфакторов иногда называют "одноразовыми" ПК, что становится очевидным, когда приходит время их модернизации или ремонта после окончания гарантийного срока.

Устаревшие формфакторы

В следующих разделах рассмотрены стандартные формфакторы системных плат, которые не используются в настоящее время, но которые часто встречаются в устаревших системах.

PC и XT

Первая материнская плата была установлена в первый ПК IBM PC, выпущенный в августе 1981 года (рис. 4.1). В 1983 году IBM выпустила системную плату PC XT с тем же формфактором (9×13 дюймов, или 22,86×33,02 см), что и плата PC, но имеющую восемь, а не пять разъемов, которые располагались на расстоянии 0,8 дюйма друг от друга, а не 1 дюйм, как в PC (рис. 4.2). В XT убран кассетный порт, который использовался для хранения программ, написанных на языке BASIC, на кассетной ленте, а не на дорогостоящем (в то время) гибком диске.

Незначительные различия в размещении разъемов и удаление кассетного порта потребовали внесения изменений в конструкцию корпуса. На самом деле все отличия заключались в том, что PC XT представлял собой более функциональный компьютер, системная плата которого характеризовалась теми же формой и размером, в которую устанавливался практически тот же процессор, однако при этом отсутствовала часть отверстий на задней панели, в частности разъем для кассетного порта. Формфактор XT стал настолько популярен, что многие производители просто скопировали его и выпускали XT-совместимые системные платы.

Полноразмерная плата AT

Плата AT по своим габаритам соответствует системной плате оригинального компьютера IBM AT. Это большая плата размером 12×13,8 дюйма (приблизительно 30,5×35 см). Полноразмерная системная плата AT появилась в августе 1984 года, когда IBM представила новую модель персонального компьютера — PC AT. Для размещения всех компонентов, необходимых для поддержки 16-разрядного процессора 286, компании IBM потребовалась системная плата большего размера, чем у плат PC/XT. Поэтому в модели AT были увеличены размеры системной платы, но при этом сохранено размещение монтажных отверстий и разъемов. Для этого IBM просто "расширила" системную плату PC/XT в обоих направлениях (рис. 4.3).

Через год после начала выпуска благодаря интеграции ряда компонентов стало возможным создание платы с использованием меньшего числа комплектующих, поэтому плата была спроектирована повторно, причем IBM уменьшила размер так, чтобы ее можно было установить в компьютер XT. Формфактор этой платы назвали XT-286 (платы были представлены в сентябре 1986 года). Именно он впоследствии стал называться Baby-AT.

Месторасположение разъема для подключения клавиатуры и других разъемов, а также монтажных отверстий на полноразмерной плате AT полностью соответствует спецификациям XT, однако из-за увеличившихся размеров полноразмерную системную плату AT можно

установить только в полноразмерные корпуса AT в исполнении Desktop или Tower. Поскольку данные системные платы нельзя устанавливать в корпуса Baby-AT и Mini-Tower меньшего размера, а также в связи с дальнейшим уменьшением размеров компонентов большинством производителей, они уже не выпускаются; такие платы сейчас используются разве что в сегменте двухпроцессорных серверных систем.

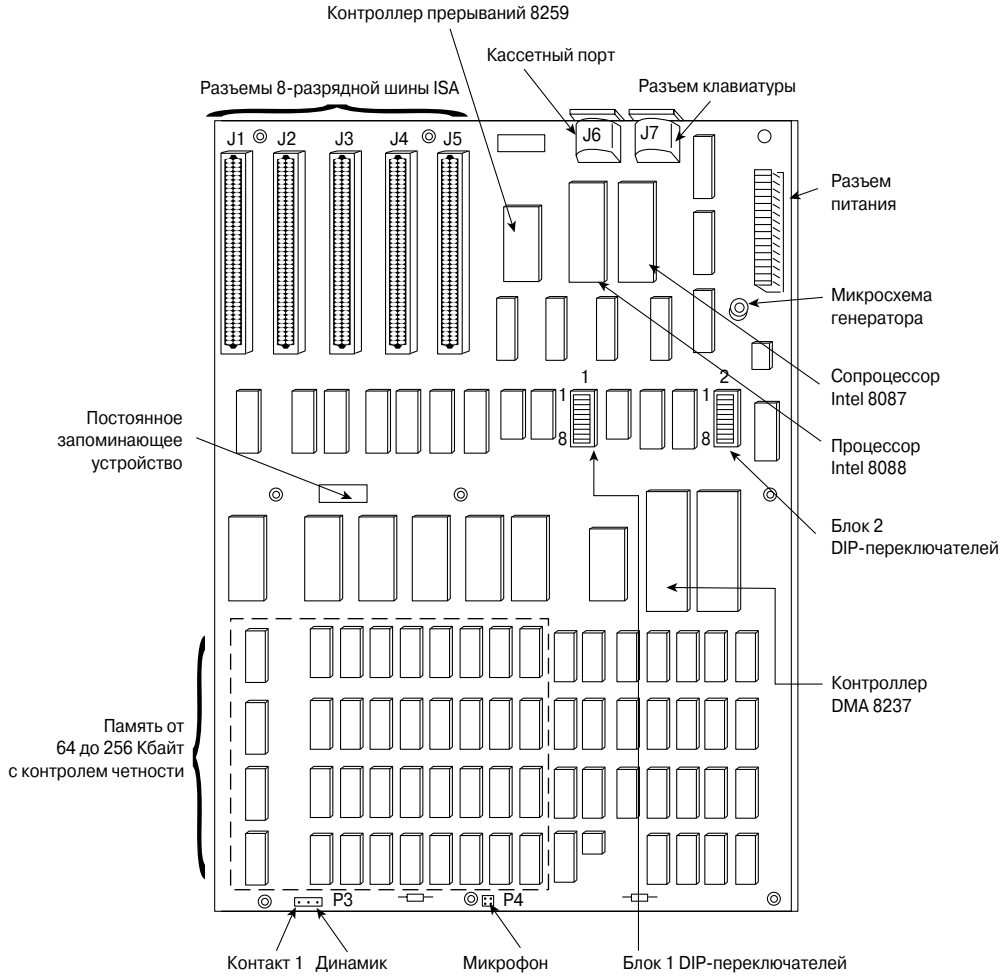


Рис. 4.1. Системная плата IBM PC (1981 г.)

При работе с полноразмерными системами AT нельзя забывать о возможности замены полноразмерной системной платы AT системной платой Baby-AT, однако обратная процедура чаще всего невыполнима. Исключение составляет только случай использования корпуса, способного вместить полноразмерную плату AT.

Baby-AT

После представления компанией IBM систем AT в августе 1984 года консолидация элементов позволила проектировать системы с использованием меньшего количества микросхем, а значит, появилась возможность уменьшить размеры системных плат. В результате все компоненты, необходимые для обеспечения работы 16-разрядной системы, удалось разместить

на системной плате, размеры которой оказались меньше размеров системных плат форм-фактора XT.

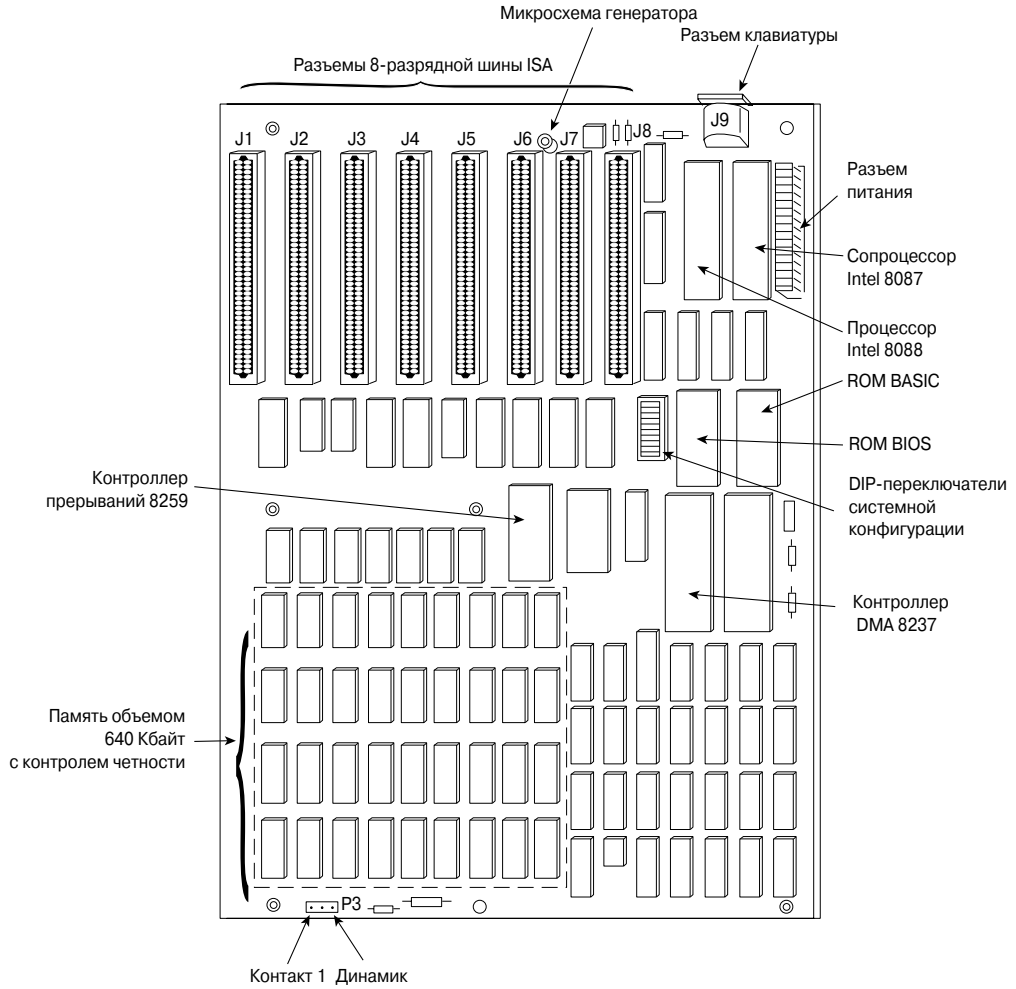


Рис. 4.2. Системная плата IBM PC XT (1983 г.)

Baby-AT — это такой же формфактор, как и у системных плат XT. Единственное отличие связано с небольшим изменением положения крепежных отверстий. Подобные системные платы также характеризуются несколько иным расположением порта клавиатуры и других разъемов, что связано с изменением положения монтажных отверстий. Практически все системные платы AT и Baby-AT оснащены стандартным 5-контактным разъемом для клавиатуры DIN. Системные платы Baby-AT можно использовать вместо полноразмерных плат AT, причем допускается их установка в корпуса нескольких типов. Благодаря подобной универсальности Baby-AT был наиболее популярным формфактором системных плат с 1983-го по 1996-й год. Начиная с 1996 года на смену Baby-AT пришел формфактор ATX, который оказался невзаимозаменяемым. В большинстве компьютерных систем, продаваемых с 1996 года, использовались системные платы формфактора ATX, microATX или NLX, поэтому формфактор Baby-AT (рис. 4.4) стал быстро терять свои позиции.

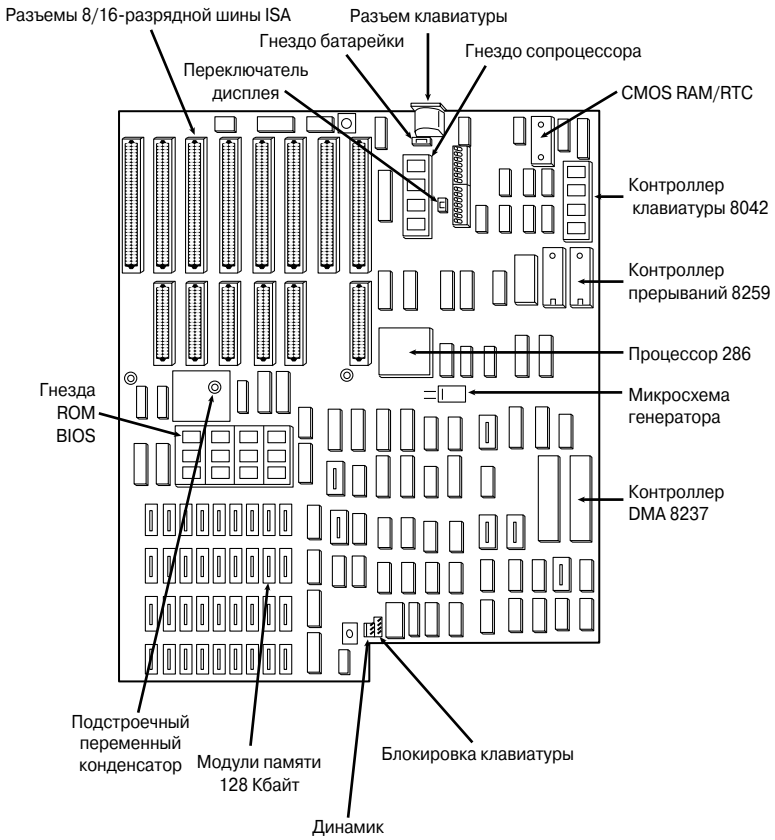


Рис. 4.3. Системная плата IBM AT (1984 г.)

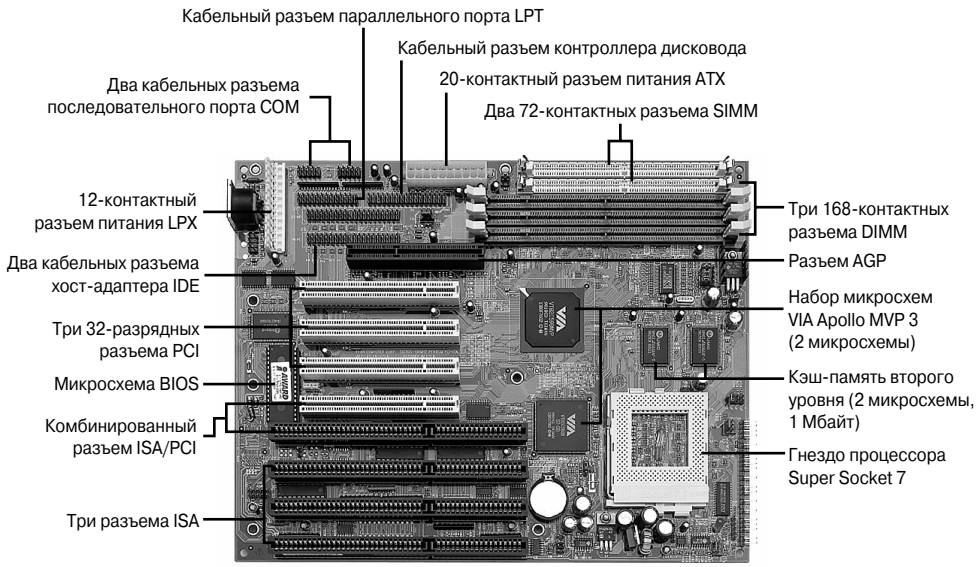


Рис. 4.4. Системная плата Tyan Trinity 100AT (S1590) формфактора Baby-AT. Фотография любезно предоставлена компанией Tyan Computer Corporation

Самый простой способ идентифицировать систему класса Baby-AT — посмотреть на заднюю панель корпуса. Платы расширения вставляются непосредственно в разъемы на системной плате и ориентированы под углом 90° относительно нее; другими словами, платы расширения расположены перпендикулярно системной плате. При этом на задней панели системной платы Baby-AT заметен только один разъем — 5-контактный DIN, предназначенный для подключения клавиатуры; правда, следует отметить, что некоторые системы класса Baby-AT оснащались 6-контактными разъемами mini-DIN меньшего размера (данные разъемы часто называют PS/2) и даже разъемом мыши. Все остальные разъемы размещались или непосредственно на системной плате, или на выносных колодках, которые подключаются к системной плате с помощью кабелей. Разъем для подключения клавиатуры виден через отверстие в корпусе.

Все системные платы Baby-AT соответствуют ряду требований, касающихся высоты, размещения монтажных отверстий и разъемов (в том числе разъема для подключения клавиатуры), но могут различаться по ширине. Системные платы, размеры которых меньше стандартных 9×13 дюймов (22,86×33,02 см), часто относили к формфакторам mini-AT, micro-AT, а иногда 2/3-Baby или 1/2-Baby. При этом их можно было установить в корпуса стандарта Baby-AT.

LPX

Платы LPX и Mini-LPX были разработаны компанией Western Digital в 1987 году для своих компьютеров. В названии LPX сокращение *LP* расшифровывается как "низкий профиль" (Low Profile). Поскольку разъемы располагались таким образом, что все платы расширения оказывались параллельными системной плате, стал возможным выпуск низкопрофильных корпусов, размеры которых меньше, чем у систем класса Baby-AT.

Хотя материнские платы для ПК уже не выпускаются компанией Western Digital, их конструкции используют некоторые другие производители. К сожалению, полные спецификации так никогда и не были опубликованы; особенно это касается положения разъемов для установки выносных плат. В результате системные платы от разных производителей оказались невзаимозаменяемыми. Некоторые поставщики, например IBM и HP, предлагали системы LPX, в которых использовались Т-образные выносные платы, что позволяло расположить платы расширения перпендикулярно системной плате, но все же на определенном расстоянии от нее. Отсутствие стандартизации означает, что, если в вашей системе установлена плата LPX, в подавляющем большинстве случаев вам не удастся заменить ее системной платой LPX от другого производителя. В результате приходится иметь дело с системой, дальнейшая модернизация и ремонт которой практически невозможны. Поэтому я не рекомендую приобретать системы LPX.

Подобная "закрытая" архитектура систем данного стандарта в то время мало кого интересовала, и эти платы были весьма популярны с конца 1980-х до середины 1990-х годов. Это были преимущественно системы производства Compaq и Packard Bell, а также некоторых других компаний, которые использовали системные платы LPX в своих системах начального уровня. Системные платы LPX наиболее часто использовались в низкопрофильных корпусах, хотя встречались и в корпусах типа tower. Как уже отмечалось, чаще всего это были недорогие системы, продаваемые в супермаркетах электроники. Сегодня формфактор LPX считается устаревшим.

Платы LPX (рис. 4.5) существенно отличаются от остальных плат. Например, разъемы расширения в них смонтированы на отдельной выносной плате, которая вставляется в системную плату. Платы расширения вставляются в выносную плату, и их плоскости параллельны системной плате, что позволяет уменьшить высоту корпуса компьютера. Разъемы расширения в зависимости от конструкции могут располагаться как на одной, так и на обеих сторонах выносной платы. Производители, использовавшие корпуса типа tower, иногда применяли Т-образные выносные платы, что позволяло располагать разъемы расширения перпендикулярно материнской плате, однако в несколько приподнятом над ней положении.

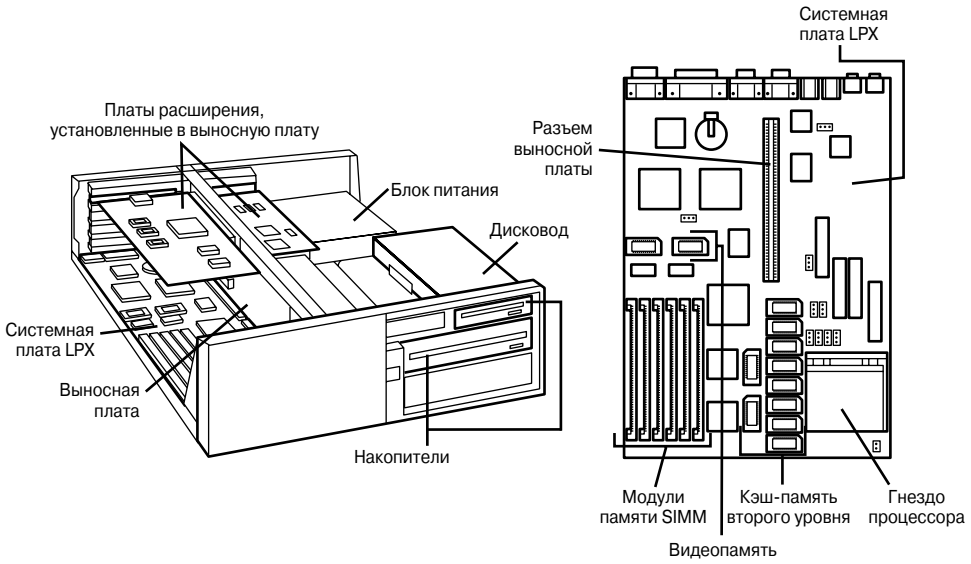


Рис. 4.5. Системная плата и корпус LPX

Еще одно отличие плат LPX заключается в характерном размещении разъемов на задней панели — в один ряд. Имеются в виду разъемы для монитора VGA (15 контактов), параллельного порта (25 контактов), двух последовательных портов (по 9 контактов) и разъемы mini-DIN для клавиатуры и мыши стандарта PS/2. Все эти разъемы смонтированы на самой плате и после установки оказываются расположенными напротив соответствующих отверстий в корпусе. На некоторых системных платах LPX устанавливаются дополнительные встроенные разъемы, например для сетевого или SCSI-адаптера. Поскольку системы LPX оснащались системными платами с высокой степенью интеграции, многие производители системных плат, корпусов и систем LPX часто называли свои решения "все в одном".

Размеры плат LPX и Mini-LPX показаны на рис. 4.6.

Меня часто спрашивают, как распознать наличие в системе платы LPX. Для этого не нужно даже разбирать корпус. Системные платы LPX отличаются тем, что слоты шины в них вынесены на отдельную плату, подключаемую к системной, как и в случае плат формфактора NLX. Поэтому все ее разъемы параллельны системной плате. Это легко определить, взглянув на заднюю сторону корпуса. Если все разъемы параллельны системной плате, значит, используется выносная плата. Это верный признак LPX. Кроме того, в LPX все разъемы расположены снизу и выстроены в одну линию. Все системные платы LPX, независимо от формы, размеров и размещения выносных плат, предполагают размещение всех внешних портов у заднего края платы (рис. 4.7). В то же время, согласно стандарту Baby-AT, используются разъемы для последовательного и параллельного портов, порта PS/2, а также портов USB. При этом на системных платах ATX и BTX все внешние порты группируются слева от разъемов расширения.

Как уже отмечалось, выносная плата используется также в платах NLX. Но в LPX она помещена посередине системной платы, а в NLX — сбоку, причем фактически она подключена к системной плате.

На рис. 4.7 представлены два типичных примера разъемов на системных платах LPX. Учтите, что не все платы LPX оснащены встроенной звуковой подсистемой, поэтому соответствующие разъемы могут отсутствовать. Кроме того, могут отсутствовать порты USB (или другие), хотя общая схема размещения портов сохраняется.

Разъемы вдоль заднего края плат могут "конфликтовать" с разъемами шин. Именно поэтому и используются выносные платы.

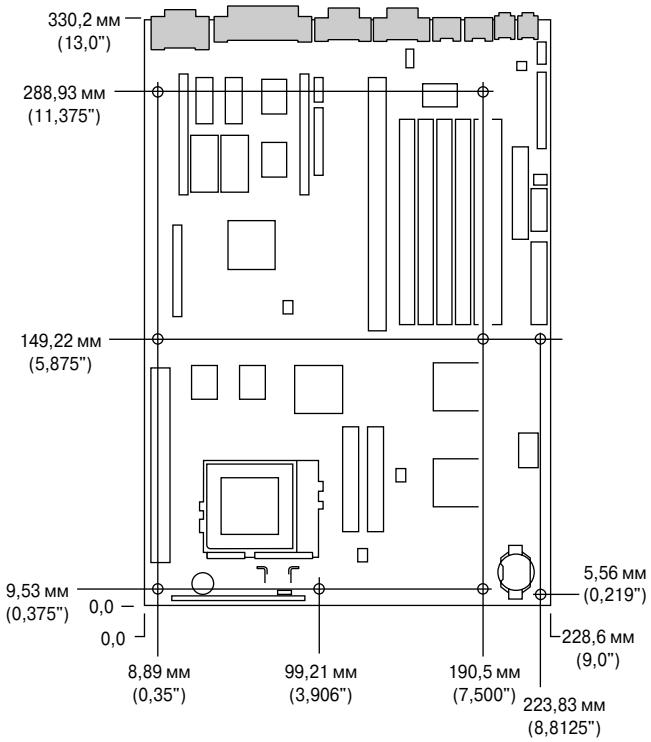


Рис. 4.6. Размеры системных плат LPX и Mini-LPX

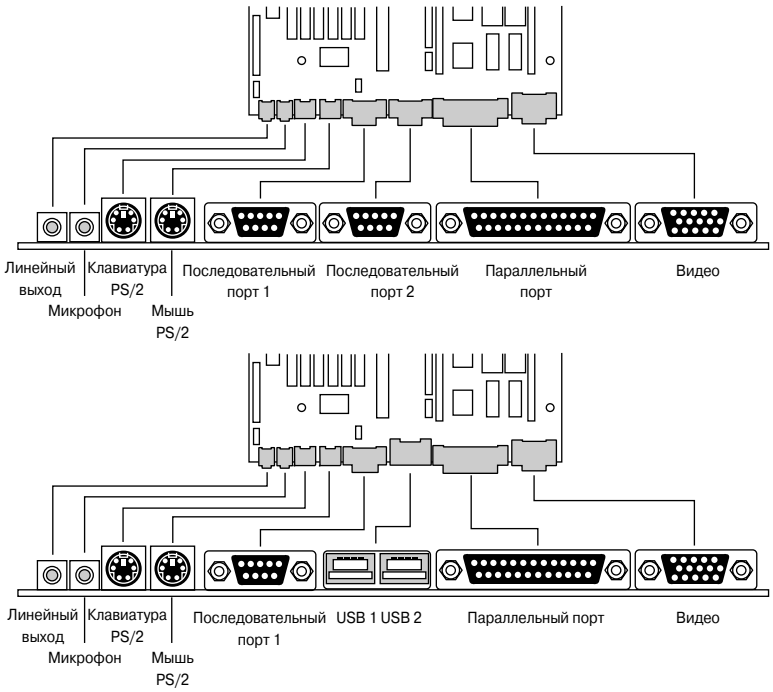


Рис. 4.7. Разъемы системной платы LPX

NLX

Низкопрофильный формфактор NLX был призван заменить нестандартный LPX, использовавшийся ранее в малогабаритных системах. Он был представлен в ноябре 1996 года и быстро завоевал популярность на рынке корпоративных настольных систем, производимых такими компаниями, как Compaq, HP, Toshiba и др. В то же время начиная с 2000 года большинство систем категории Slimline уже использовали разные варианты формфактора FlexATX.

Формфактор NLX сходен с первыми вариантами LPX, однако в него были внесены многочисленные поправки с целью интеграции новых технологий. Его можно рассматривать как улучшенную версию нестандартной конструкции LPX, однако в отличие от последнего NLX полностью стандартизирован. Это значит, что можно без труда заменить материнскую плату NLX аналогичной платой другого производителя, что порой было невозможно в формфакторе LPX.

Еще одним ограничением формфактора LPX была сложность установки новых процессоров и их систем охлаждения, имеющих бо́льшие размеры, а также новых шинных структур, таких как порт AGP для видеокарт. Формфактор NLX изначально проектировался с целью решить эти проблемы (рис. 4.8). NLX имеет достаточно места, чтобы устанавливать процессоры Pentium III с разъемом Slot 1.

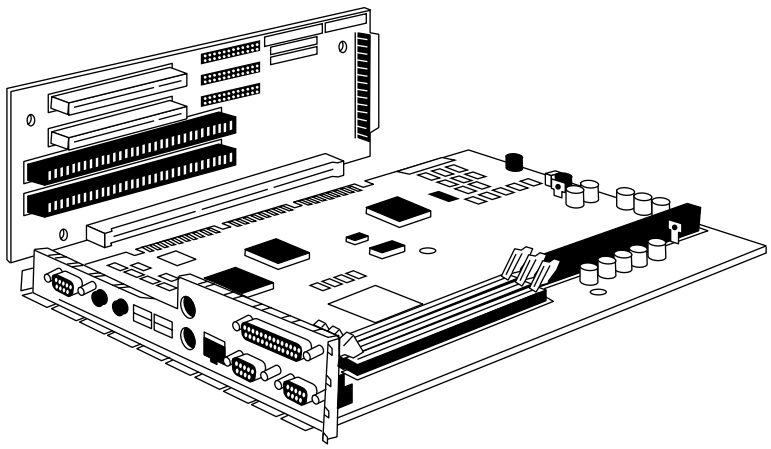


Рис. 4.8. Комбинация материнской и выносной плат формфактора NLX

Основной характерной особенностью систем NLX стало то, что в них материнская плата вставлялась в выносную, а не наоборот, как в формфакторе LPX. Таким образом, материнскую плату можно извлечь из компьютера, не тревожа выносную плату и все вставленные в нее карты расширения. К тому же материнские платы NLX вообще не имеют внутренних кабелей или штекеров, вставленных непосредственно в нее. Все устройства, которые обычно вставляют в материнскую плату (такие, как кабели дисковых устройств, блока питания, индикаторов передней панели корпуса, переключателей и т.д.), в этом формфакторе вставляются в выносную плату (см. рис. 4.8). Используя выносную карту в качестве центра подключений, можно снять крышку системного блока и в буквальном смысле вытянуть материнскую плату из разъема, не отключив ни одного штекера или кабеля. Это позволяет заменять материнскую плату в системном блоке невероятно быстро (лично мне это удавалось сделать за 30 секунд).

Такая архитектура была хорошо воспринята на рынке корпоративных систем, где скорость и простота обслуживания являются одним из решающих факторов.

К определенным преимуществам формфактора NLX относятся поддержка всех процессорных технологий того времени, а также гибкость в адаптации к новым технологмям, поддержка новых технологий по сравнению с LPX, простота и скорость сервисного обслуживания.

Как и в большинстве формфакторов, NLX можно отличить по компоновке разъемов портов ввода-вывода на задней панели системного блока. На рис. 4.9 показано уникальное расположение разъемов на панели ввода-вывода, характерное только для формфактора NLX: в левой части разъемы располагаются в один ряд, а в правой — уже в два.

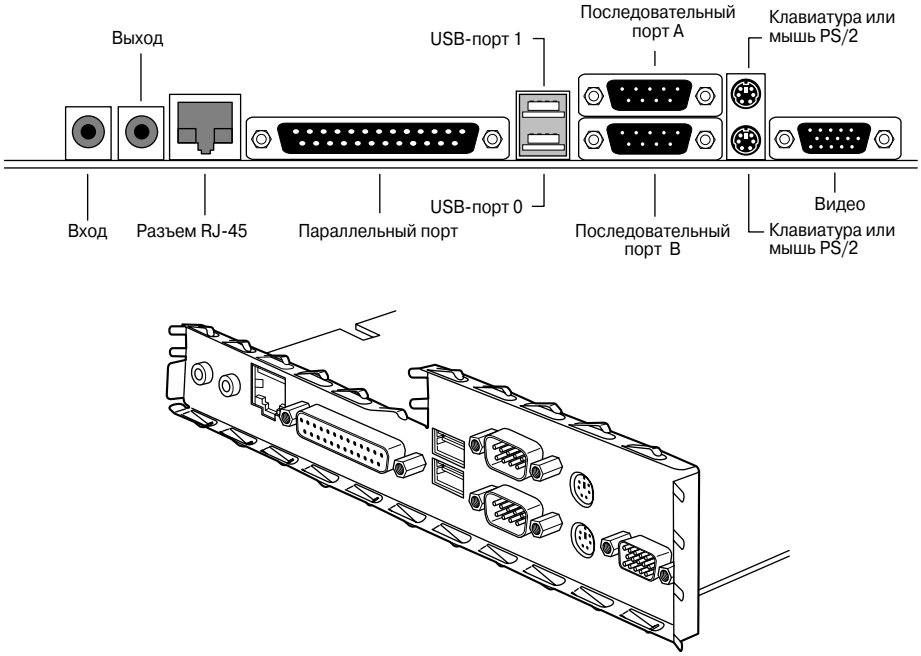


Рис. 4.9. Компоновка разъемов ввода-вывода на задней панели типичной системы NLX

Несмотря на то что формфактор NLX является стандартизированным (подобно семейству ATX), большинство компонентов продается исключительно в составе готовых компьютеров, предназначенных для рынка корпоративных систем. В розничной продаже очень редко можно встретить материнские платы с формфактором NLX. В секторе рынка малогабаритных систем, где ранее доминировал формфактор LPX, NLX уже уступает свои позиции microATX и FlexATX.

WTX

Формфактор систем и системных плат WTX разрабатывался для рабочих станций среднего уровня. По своим параметрам он ненамного отставал от ATX и определял размер/форму системной платы, а также интерфейс платы и корпуса, разработанный в соответствии с особенностями формфактора.

Формфактор WTX версии 1.0 был представлен в сентябре 1998 года, а в феврале 1999 года появилась его следующая версия (1.1). С тех пор данный формфактор не обновлялся, и его поддержка была прекращена.

Системные платы WTX, максимальная ширина которых достигает 14 дюймов (356 мм), а максимальная длина — 16,75 дюйма (425 мм), гораздо больше плат ATX. Минимальные размеры платы не ограничены, что позволяет производителям уменьшать размеры плат в соответствии с монтажными критериями. Дополнительное пространство, предоставляемое формфактором WTX, позволяло разместить два и более процессора, а также прочее интегрированное оборудование, необходимое в конструкции сервера или рабочей станции.

BTX

Формфактор системных плат BTX (Balanced Technology Extended) первоначально был представлен компанией Intel в сентябре 2003 года. Обновленные редакции 1.0a и 1.0b представлены в феврале 2004 года и июле 2005 года соответственно. Формфактор BTX был разработан для полной замены формфактора ATX, чтобы удовлетворить возросшие требования к энергопотреблению и охлаждению; он также обеспечил большую гибкость при проектировании систем. Однако, в связи с тем, что в последнее время энергопотребление компонентов пошло на убыль, в частности после появления высокоэффективных двухъядерных процессоров, необходимость в формфакторе BTX стала далеко не такой очевидной. Конечно, когда-нибудь формфактор BTX может вытеснить формфактор ATX, однако этот момент еще не наступил. С 2005 года этот формфактор стал популярным в фирменных сборках компаний Dell, Gateway и др.

Формфактор BTX не является обратно совместимым с ATX и со всеми остальными формфакторами. Полноразмерная системная плата BTX на 17% больше платы ATX, что позволяет разместить на ней больше компонентов. Разъемы портов ввода-вывода, разъемы и расположение монтажных отверстий отличаются от таковых в ATX, что привело к необходимости разработки новой конструкции корпусов. Однако разъемы питания не претерпели изменений по сравнению с последними спецификациями ATX12V; при этом допускается использование блоков питания ATX, TFX, SFX, CFX и LFX. Блоки питания двух последних типов были разработаны специально для компактных и низкопрофильных систем BTX.

К основным преимуществам формфактора BTX относятся оптимизированное размещение компонентов, упрощающее передачу сигналов, улучшенное прохождение воздушных потоков, крепежный модуль SRM (Support and Retention Module), масштабируемость размеров плат, возможность создания низкопрофильных систем, а также универсальный стандарт блоков питания, блпгодаря чему допускается использование стандартных блоков питания ATX12V.

Стандарт BTX допускает использование системных плат трех формфакторов (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Формфакторы системных плат BTX

Формфактор	Максимальная ширина, мм (дюймы)	Максимальная глубина, мм (дюймы)	Максимальная площадь, $см^2$ (квадратные дюймы)	Сравнение габаритов с BTX
BTX	325 (12,8)	267 (10,5)	867 (134)	---
microBTX	264 (10,4)	267 (10,5)	705 (109)	На 19% меньше
PicoBTX	203 (8,0)	267 (10,5)	542 (84)	На 37% меньше

Все платы соответствуют одним и тем же требованиям к расположению монтажных отверстий и разъемов. Поэтому если у вас есть корпус, в который устанавливается полноразмерная системная плата BTX, то в него также можно установить системную плату microBTX или PicoBTX (рис. 4.10). Очевидно, если у вас корпус стандарта microBTX или PicoBTX, то установить в него системные платы BTX не удастся.

Стандарт BTX предполагает использование до 10 монтажных отверстий, а также 7 разъемов, что определяется формфактором системных плат (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Монтажные отверстия системных плат BTX

Формфактор	Крепежные отверстия	Максимальное количество разъемов
BTX	A, B, C, D, E, F, G, H, J, K	7
microBTX	A, B, C, D, E, F, G	4
PicoBTX	A, B, C, D	1

Стандарт BTX также четко определяет размещение системной платы и других компонентов внутри корпуса, что значительно упрощает работу в корпусе и замену компонентов.

С появлением процессоров, тепловыделение которых превышает 100 Вт, модулей управления напряжением, “горячих” наборов микросхем и графических процессоров возникла необходимость улучшить условия охлаждения. Согласно стандарту BTX, предполагается раз-

мещение тепловыделяющих компонентов вдоль одной линии, от переднего края системной платы к заднему, что позволит использовать один высокоэффективный модуль теплового баланса для охлаждения системы. В результате отпадает необходимость в использовании большого количества дополнительных вентиляторов. Модуль теплового баланса включает в себя радиатор для процессора, высокоэффективный вентилятор и воздуховод для обеспечения необходимых воздушных потоков в корпусе. Для крепления модуля теплового баланса используется специальный крепежный модуль SRM, который также позволяет устанавливать гораздо более массивные радиаторы, чем допускал стандарт ATX (рис. 4.11).

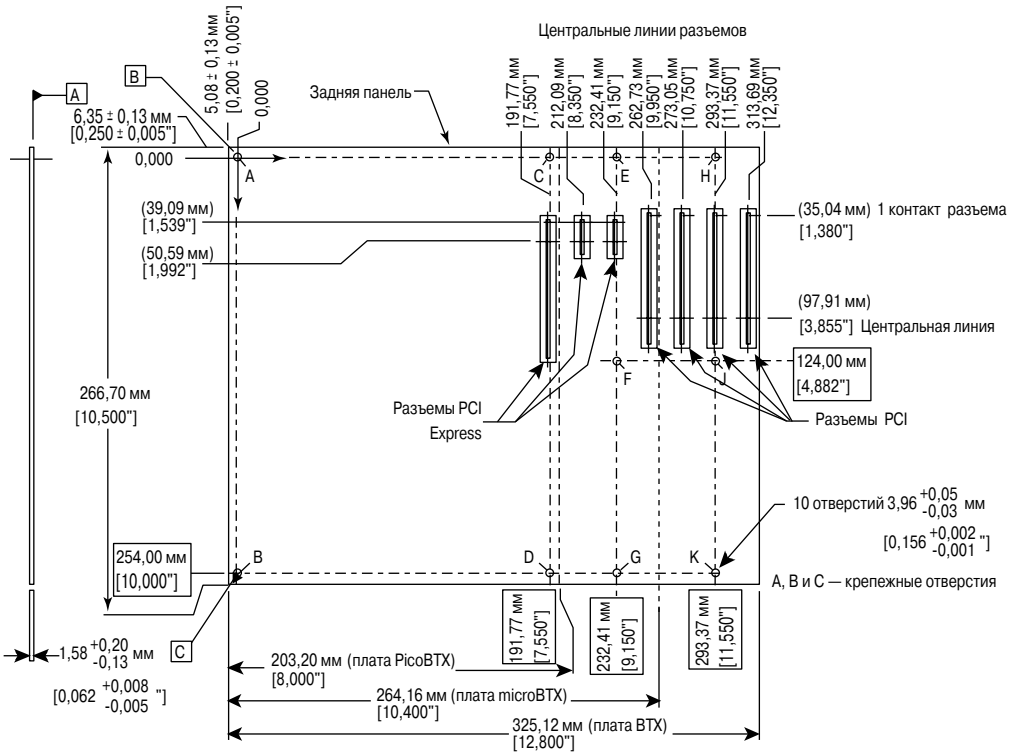


Рис. 4.10. Размеры системных плат согласно спецификации BTX 1.0a

Стандарт BTX предлагает использование тех же разъемов питания, которые определяются последними спецификациями ATX, в том числе 24-контактного основного разъема питания и 4-контактного разъема ATX12V для питания модуля управления напряжением центрального процессора. Тип используемого блока питания определяется корпусом. Схема размещения компонентов в системном блоке BTX представлена на рис. 4.26.

Как видно на рис. 4.12, все основные тепловыделяющие компоненты смещены к переднему краю системной платы, благодаря чему значительно увеличивается эффективность охлаждения. Поток воздуха направляется от переднего края к заднему, тем самым охлаждая процессор, набор микросхем, модули памяти и видеоадаптер.

Для поддержки тяжелого радиатора и модуля теплового баланса используется крепежный модуль SRM, расположенный под системной платой. Фактически модуль SRM представляет собой металлическую пластину, которая крепится к шасси под системной платой. Поэтому модуль теплового баланса крепится к модулю SRM, а не к системной плате. Это предотвращает излишнюю нагрузку на процессор и системную плату, особенно при транспортировке систем.

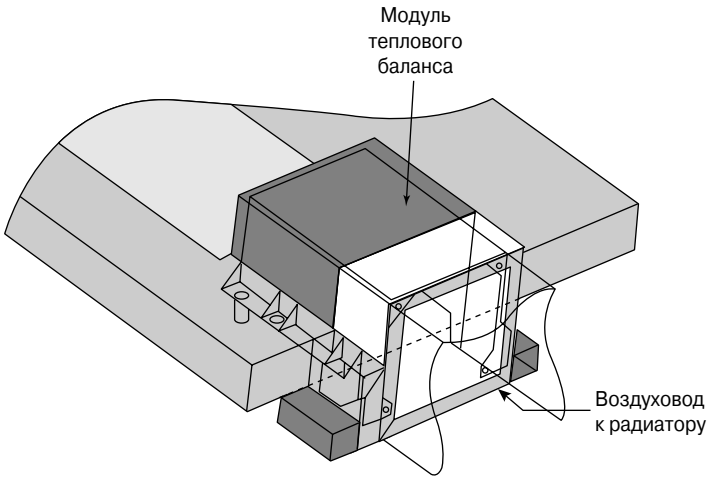


Рис. 4.11. Модуль теплового баланса BTX содержит радиатор для процессора и вентилятор

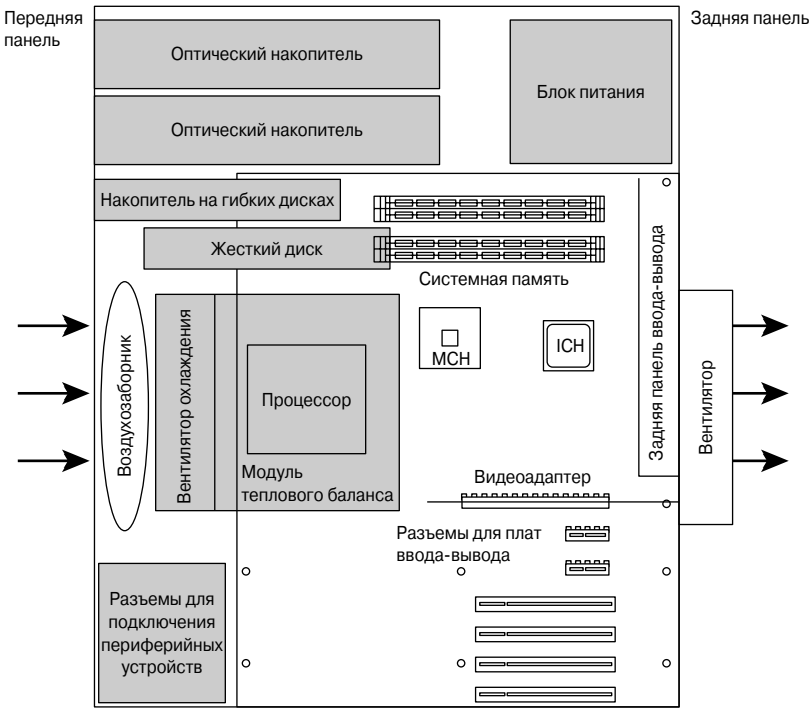


Рис. 4.12. Схема расположения элементов в корпусе BTX и их охлаждения

Разъемы портов ввода-вывода на системных платах BTX расположены с другой стороны задней части платы в отличие от системных плат ATX. При этом блок разъемов оказывается чуть короче и шире, что позволяет оснащать системные платы бо́льшим количеством интерфейсов и разъемов.

Несмотря на то что стандарт BTX стал популярным в фирменных моделях компьютеров таких компаний, как Dell, Gateway и других, он так и не заменил на массовом рынке стандарт ATX. Некоторые известные производители, например HP, продолжают использовать ATX, не говоря уже о компаниях, занимающихся "белой" сборкой. Материнские платы, корпуса и "коробочные" процессоры BTX сильно ограничены по номенклатуре и малодоступны на рынке; также существуют некоторые проблемы со стандартизацией крепления модуля теплового баланса к корпусу. Учитывая вышесказанное и по-прежнему большую популярность формфактора ATX, я рекомендовал бы избегать систем и компонентов BTX, поскольку их модернизация и замена в будущем могут оказаться проблематичными. ATX остается самым популярным и рекомендуемым формфактором для сборщиков систем и поставщиков компонентов.

ATX и другие современные формфакторы

В следующих разделах рассмотрены современные стандартные формфакторы, включая ATX, используемые при создании компьютерных систем.

ATX

Формфактор ATX стал первым революционным изменением конструкции материнских плат. В нем сочетаются лучшие особенности стандартов Baby-AT и LPX и заложены многие дополнительные усовершенствования. По существу, ATX — это "лежащая на боку" плата Baby-AT с измененным силовым разъемом и отличным местоположением источника питания. Главное, что необходимо запомнить, — конструкция ATX физически не совместима ни с Baby-AT, ни с LPX. Другими словами, для системной платы ATX нужны особый корпус и источник питания (они стали наиболее распространенными, и именно их можно встретить в подавляющем большинстве современных систем).

Впервые официальная спецификация ATX была выпущена компанией Intel в июле 1995 года. Системные платы ATX появились на рынке примерно в середине 1996 года и быстро заняли место ранее используемых плат Baby-AT. В феврале 1997 года появилась версия 2.01 спецификации ATX, после чего было внесено еще несколько незначительных изменений. Компания Intel опубликовала подробную спецификацию ATX, тем самым открыв ее для сторонних производителей. Технические характеристики существующих спецификаций ATX, а также других типов системных плат можно получить на сайте Desktop Form Factors (`www.formfactors.org`). В настоящее время ATX является наиболее распространенным формфактором системных плат, рекомендуемым для большинства новых систем. Спецификация ATX останется расширяемой в течение еще многих лет; этим она похожа на предшествующую ей системную плату Baby-AT.

В конструкции ATX введены следующие улучшения по сравнению с Baby-AT и LPX.

- **Наличие встроенной двойной панели разъемов ввода-вывода.** На тыльной стороне системной платы есть область с разъемами ввода-вывода шириной 6,25 и высотой 1,75 дюйма. Это позволяет расположить внешние разъемы непосредственно на плате и исключает необходимость использования кабелей, соединяющих внутренние разъемы и заднюю панель корпуса, как в конструкции Baby-AT.
- **Наличие одноключевого внутреннего разъема источника питания.** Этот фактор является существенным для рядового конечного пользователя, которому при работе с платами формфактора Baby-AT было сложно не перепутать силовые штекеры при их вставке (и не сжечь таким образом материнскую плату). Спецификация ATX содержит одноключевой разъем источника питания, который легко вставляется и который невозможно установить неправильно. Этот разъем имеет контакты для подвода к системной плате напряжения 3,3 В, а это означает, что для системной платы ATX не нужны встроенные преобразователи напряжения, которые часто выходят из строя.

- **Перемещение процессора и модулей памяти.** Изменены места расположения этих устройств: теперь они не мешают платам расширения, и их легко заменить новыми, не вынимая при этом ни одного из установленных адаптеров.
- **Более удачное расположение внутренних разъемов ввода-вывода.** Эти разъемы для накопителей на гибких и жестких дисках смещены и находятся не под разъемами расширения или самими накопителями, а рядом с ними.
- **Улучшенное охлаждение.** Процессор и оперативная память сконструированы и расположены таким образом, чтобы максимально улучшить охлаждение системы в целом.
- **Снижение стоимости.** Конструкция ATX не требует наличия гнезд кабелей к разъемам внешних портов, встречающихся на системных платах Baby-AT, дополнительного вентилятора для процессора и 3,3-вольтного стабилизатора на системной плате.

На рис. 4.13 показана конструкция системы ATX в настольном исполнении со снятой верхней крышкой или в вертикальном — с удаленной боковой панелью. Обратите внимание на то, что системная плата практически не перекрывается отсеками для установки дисководов, что обеспечивает свободный доступ к различным компонентам системы (таким, как процессор, модули памяти, внутренние разъемы дисководов) и не мешает, в свою очередь, доступу к разъемам шины. Кроме того, процессор расположен рядом с блоком питания.

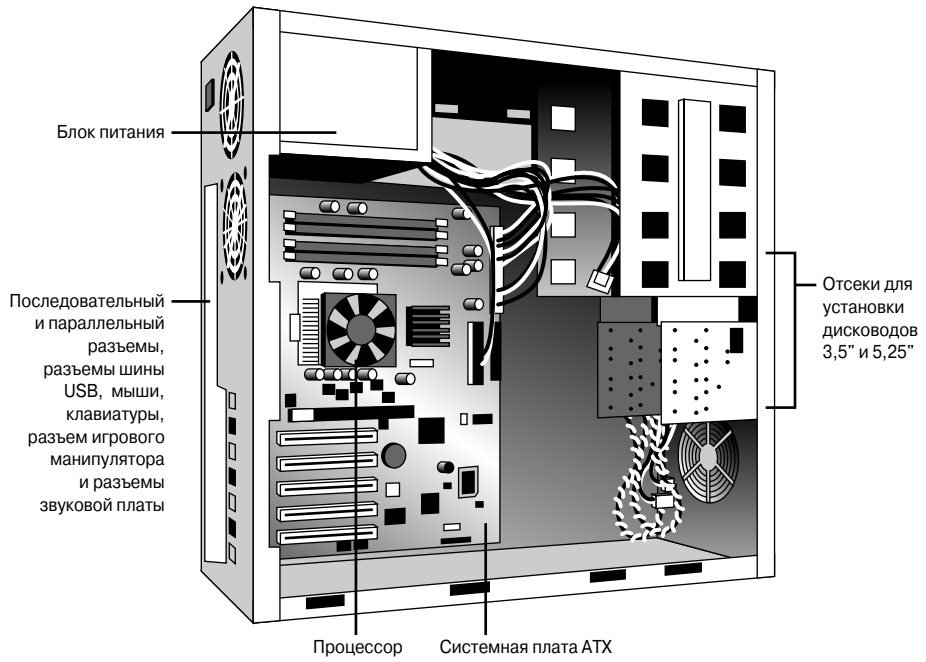


Рис. 4.13. Типичная компоновка системы ATX

Примечание

Несмотря на то что большинство производителей систем ATX монтируют блок питания около процессора (в верхней части платы в корпусе tower), стандарт этого не требует. В некоторых системах можно встретить и другое расположение блока питания, например в нижней части корпуса.

Системная плата ATX, по сути, представляет собой конструкцию Baby-AT, перевернутую на 90°. Разъемы расширения параллельны более короткой стороне и не мешают гнездам про-

цессора, памяти и разъемам ввода-вывода (рис. 4.14). Кроме полноразмерной схемы ATX, компания Intel описала конструкцию mini-ATX, которая размещается в таком же корпусе.

- Полноразмерная плата ATX имеет размеры 305×244 мм (12×9,6 дюйма).
- Плата mini-ATX — 284×208 мм (11,2×8,2 дюйма).

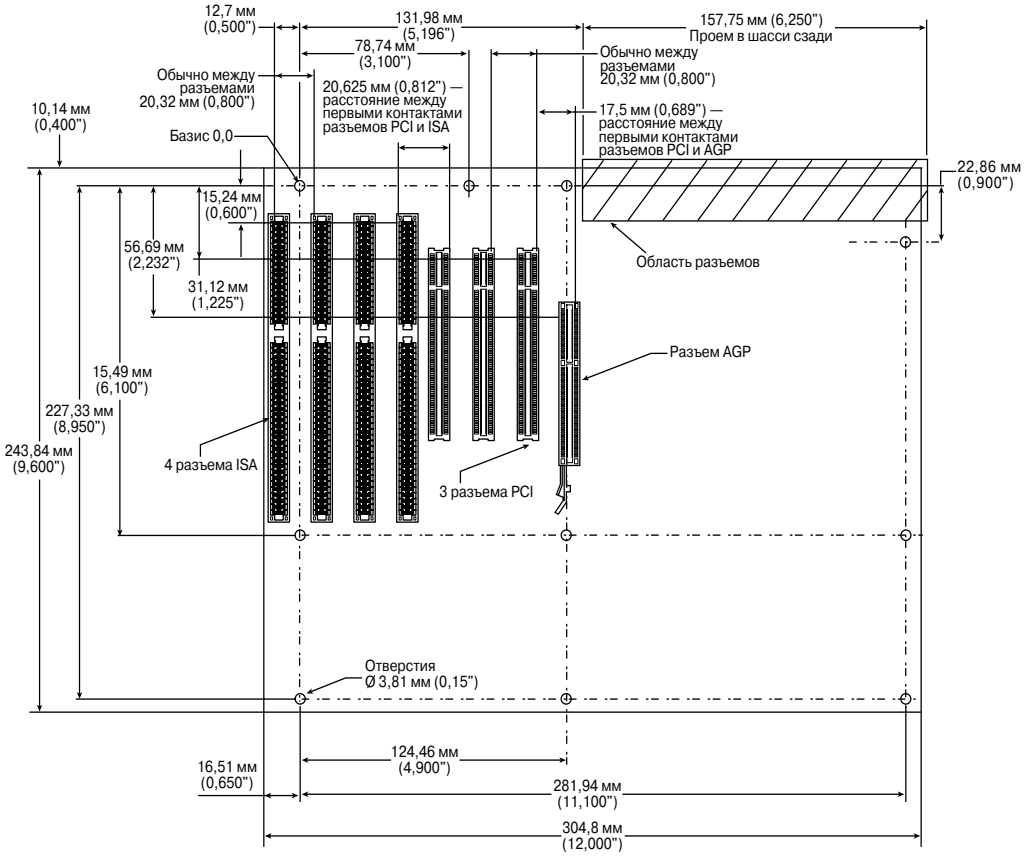


Рис. 4.14. Спецификации платы ATX версии 2.1 (в современных платах ATX могут отсутствовать разъемы ISA)

Mini-ATX не является официальным стандартом; его следует рассматривать как несколько уменьшенную версию формфактора ATX. Фактически из спецификации ATX 2.1 и ее последующих версий убрали все упоминания о mini-ATX. В то же время существуют две официальные уменьшенные версии ATX: microATX и FlexATX. О них мы поговорим в следующих разделах.

Несмотря на то что отверстия в корпусе располагаются так же, как в Baby-AT, конструкции ATX и Baby-AT несовместимы. Основная конструкция источника питания ATX аналогична конструкции стандартного источника питания Slimline, используемого в системах Baby-AT, однако используются другие штекеры, а на контакты подается другое напряжение.

Конструктивные преимущества формфактора ATX вытеснили с рынка материнские платы Baby-AT и LPX. И хотя материнские платы старых формфакторов все еще можно найти в продаже, я бы порекомендовал остановить выбор исключительно на системах ATX (или со-

вместимых с ними microATX и FlexATX). Они выпускаются начиная с конца 1996 года и, скорее всего, удержат лидирующие позиции еще несколько лет.

Не снимая кожух компьютера, можно определить, имеет ли установленная в нем плата формфактор ATX. Обратите внимание на заднюю панель системного блока. ATX имеет две отличительные черты. Во-первых, все платы расширения вставлены непосредственно в материнскую плату; нет никаких выносных плат, как у LPX или NLX, так что их разъемы перпендикулярны к плоскости системной платы. Во-вторых, платы ATX имеют уникальную панель ввода-вывода удвоенной высоты, содержащую все встроенные разъемы на системной платы (рис. 4.15 и табл. 4.3).

Таблица 4.3. Типовые встроенные порты в системных платах ATX

Порт	Тип разъема	Цвет разъема
Порт мыши PS/2	6-контактный mini-DIN	Зеленый
Порт клавиатуры PS/2	6-контактный mini-DIN	Фиолетовый
Порты USB	2-контактный USB	Черный
Параллельный порт	25-контактный D-Submini	Светло-красный
Последовательный порт	9-контактный D-Submini	Светло-зеленый
Аналоговый видеопорт VGA	15-контактный HD D-Submini	Темно-голубой
Игровой/MIDI-порт	15-контактный D-Submini	Желтый
Аудиопорты: линейный вход, передний/задний линейные выходы, центральный LFE-выход, микрофон	3,5-миллиметровый Mini-Phone	Светло-голубой, светло-зеленый, черный, черный и розовый соответственно
TV-выход S-Video	4-контактный Mini-DIN	Черный
Порт IEEE-1394/FireWire	6-контактный IEEE-1394	Серый
Порт Ethernet 10/100/1000	8-контактный RJ-45	Черный
Оптический аудиовыход S/PDIF	TOSLINK	Черный
Цифровой видеовыход DVI (не показан)	DDWG-DVI	Белый
Цифровой аудиовыход S/PDIF (не показан)	RCA	Оранжевый
Порт SCSI (не показан)	50/68-контактный HD SCSI	Черный
Модемный порт (не показан)	4-контактный RJ-11	Черный
Композитный видеовыход (не показан)	RCA	Желтый

DIN — Deutsches Institut fur Normung e.V (Немецкий институт стандартизации).

USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).

VGA — Video Graphic Array (адаптер видеографики).

HD — High Density (двойная плотность).

MIDI — Musical Instrument Digital Interface (цифровой интерфейс музыкальных инструментов).

LFE — Low Frequency Effects (низкочастотные аудиоэффекты) — сабвуфер.

S-Video — Super Video.

IEEE — Institute of Electrical and Electronic Engineers (Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике).

TOSLINK — Toshiba Optical link (оптический канал).

LAN — Local Area Network (локальная сеть).

RJ — Registered Jack (зарегистрированный штекер).

S/PDIF — Sony/Philips Digital Interface (цифровой интерфейс Sony/Philips).

DVI — Digital Visual Interface (цифровой видеоинтерфейс).

DDWG — Digital Display Working Group (цифровой видеоинтерфейс).

RCA — Radio Corporation of America.

SCSI — Small Computer System Interface (интерфейс малых вычислительных систем).

Примечание

Большинство базовых портов и разъемов системных плат ATX имеют стандартные цветовые обозначения (см. табл. 4.3). Маркировка помогает использовать разъемы должным образом — достаточно сравнить цвета разъемов и штекеров. Например, у большинства клавиатур разъем фиолетовый, в то время как у мыши — преимущественно зеленый. Хотя как порты мыши, так и клавиатуры (оба имеют 6-контактные

разъемы mini-DIN) расположены рядом друг с другом и внешне похожи, их цветовая кодировка позволяет не перепутать подключаемые к ним устройства. Таким образом, фиолетовый разъем подключается в фиолетовый порт, а зеленый — соответственно в зеленый порт. При этом нет необходимости рассматривать мелкие обозначения на самих разъемах.

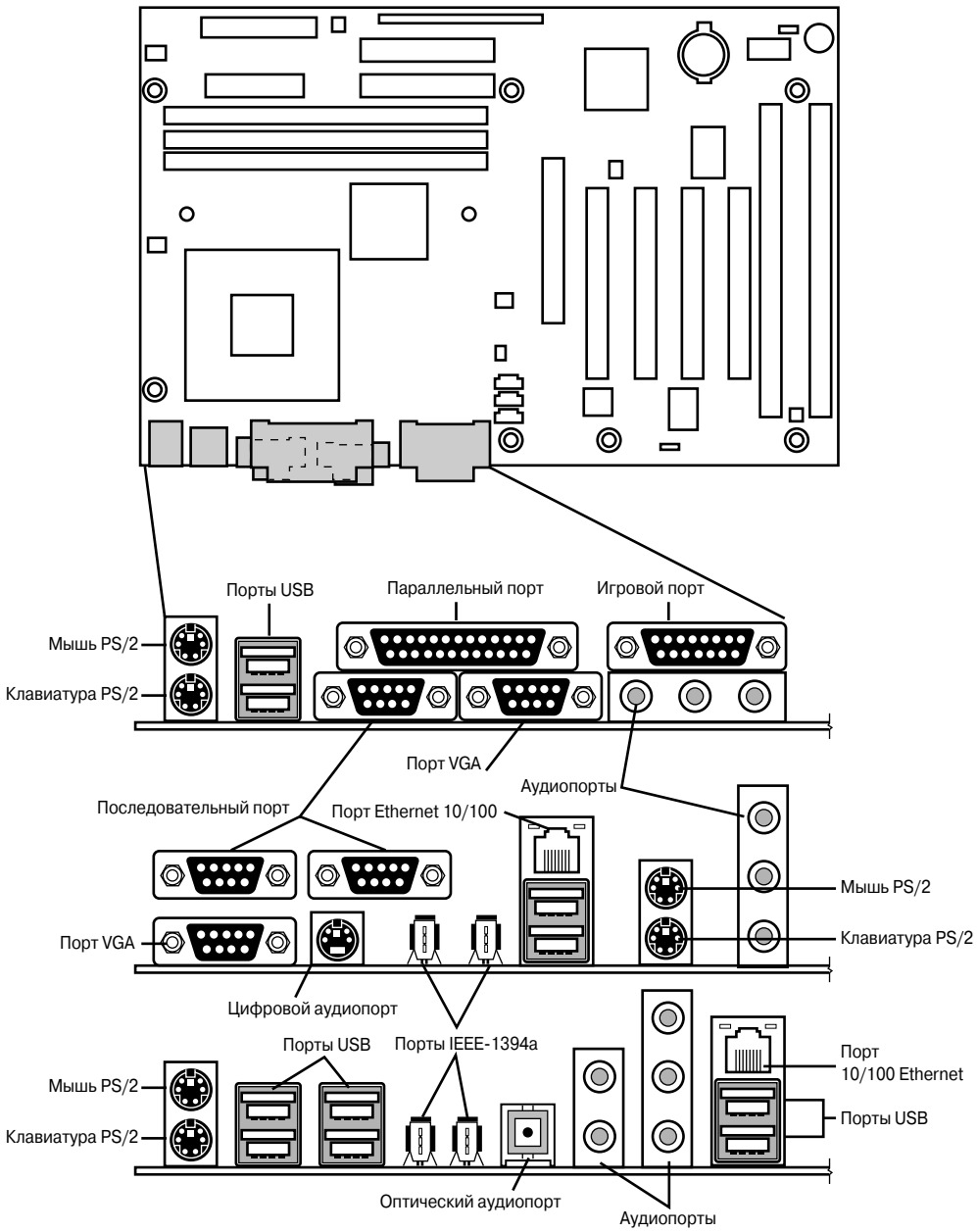


Рис. 4.15. Типичное расположение разъемов на плате ATX и ее задней панели для систем со встроенными видео- и аудиосистемами (вверху и в центре), портами LAN и IEEE-1394/FireWire (внизу и в центре) и для систем типа "legacy-free" (внизу)

Всю необходимую информацию, относящуюся к спецификациям формфакторов ATX, mini-ATX, microATX, FlexATX и NLX, можно получить на сайте Form Factors (`www.formfactors.org`). На сайте представлены спецификации формфакторов и технические характеристики конструкций системных плат, дан обзор новых технологий, приведены сведения о различных поставщиках, имеется также дискуссионный форум.

Примечание

Некоторые системные платы, особенно предназначенные для серверов, отличаются большим разнообразием нестандартных формфакторов ATX, получивших название *extended ATX*. Размеры стандартной платы ATX составляют 305×244 мм, в то время как максимальный размер платы расширенного формфактора ATX может составлять 305×330 мм. Поскольку официального расширенного стандарта ATX не существует, размеры системных плат и корпусов расширенных формфакторов могут не совпадать. Приобретая системную плату расширенного формфактора, убедитесь в том, что она подходит для корпуса компьютера. Системные платы для двух процессоров Xeon можно монтировать в обычный корпус, поэтому для обеспечения максимальной взаимозаменяемости со стандартными корпусами рекомендуется приобретать системные платы стандартного формата ATX.

microATX

Формфактор системной платы microATX представлен компанией Intel в декабре 1997 года как вариант уменьшенной платы ATX, предназначенный для небольших и недорогих систем. Уменьшение формфактора стандартной платы ATX привело к уменьшению размеров корпуса, системной платы и блока питания и в конечном счете — к снижению стоимости всей системы. Кроме того, формфактор microATX совместим с ATX, что позволяет использовать системную плату microATX в полноразмерном корпусе ATX. Но вставить полноразмерную плату ATX в корпус microATX, как вы понимаете, нельзя. В настоящее время системы mini-tower доминируют на рынке дешевых PC, несмотря на то, что их малые размеры и узкий корпус серьезно ограничивают возможную модернизацию.

Системные платы формфакторов microATX и ATX (или mini-ATX) имеют следующие основные различия:

- уменьшенная ширина: 244 мм (9,6 дюйма) вместо 305 мм (12 дюймов) или 284 мм (11,2 дюйма);
- уменьшенное число разъемов расширения (максимум четыре, хотя в большинстве случаев — всего три);
- уменьшенный блок питания (формфактора SFX/TFX).

Максимальные размеры системной платы microATX достигают всего 9,6×9,6 дюйма (244×244 мм) по сравнению с размерами полноразмерной платы ATX (12×9,6 дюйма, или 305×244 мм) либо mini-ATX (11,2×8,2 дюйма, или 284×208 мм). Размеры системной платы могут быть уменьшены, если расположение ее крепежных отверстий и разъемов будет соответствовать промышленному стандарту. Уменьшенное количество разъемов не составляет проблемы для обычного пользователя домашнего или офисного компьютера, так как ряд системных компонентов, к числу которых относятся, например, звуковая и графическая платы, часто встраиваются в системную плату. Высокая интеграция компонентов снижает стоимость системной платы и соответственно всей системы. Внешние разъемы USB, 10/100 Ethernet, иногда — SCSI или 1394 (FireWire) также могут содержать дополнительные слоты расширения. Спецификация системной платы microATX представлена на рис. 4.16.

В системах microATX благодаря соответствию разъемов с успехом использовался стандартный блок питания ATX. Но, несмотря на это, специально для таких систем был разработан уменьшенный формфактор блока питания, получивший название SFX/TFX. Уменьшение размеров блока питания позволяет улучшить компоновку элементов и соответственно уменьшить общие размеры системы и потребляемую ею мощность. Но при использовании блока питания SFX/TFX можно столкнуться с недостатком выходной мощности для более

быстрых или полностью сконфигурированных систем. Поскольку современные компьютеры потребляют немало электроэнергии, большинство плат microATX сторонних производителей поддерживает стандартные блоки питания ATX, хотя в системах microATX, поставляемых компаниями Compaq, HP, eMachines и другими, для уменьшения стоимости компьютера применяются те или иные типы блоков питания SFX или TFX.

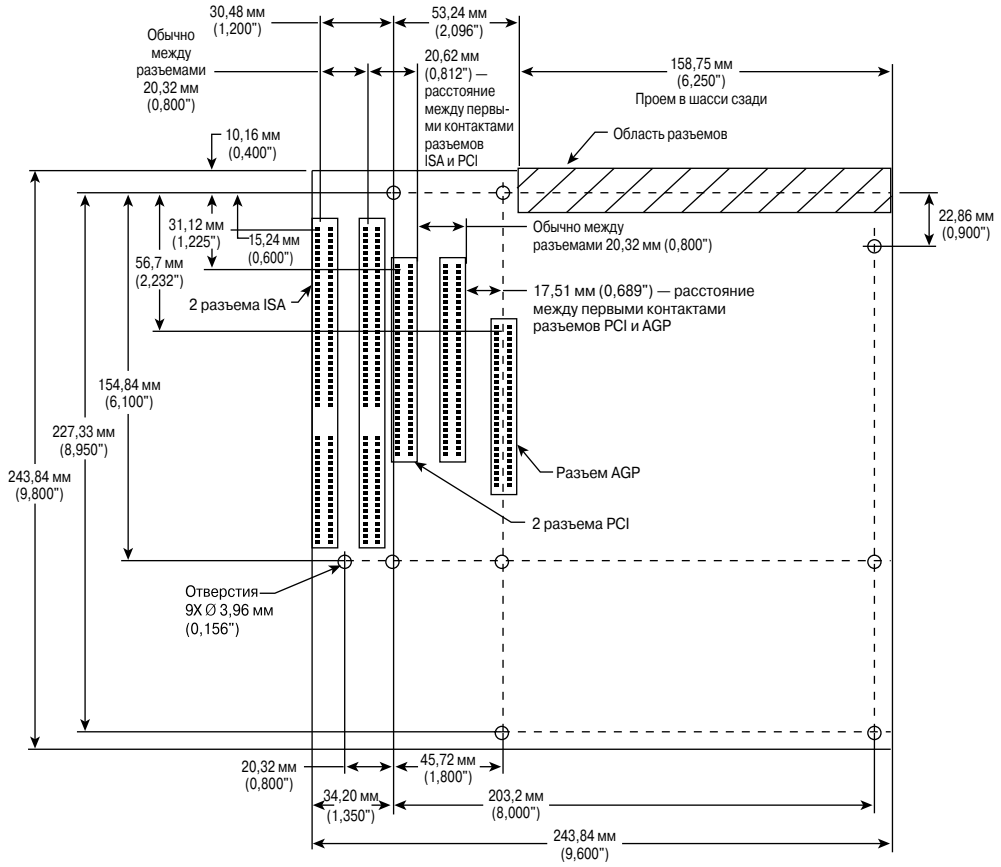


Рис. 4.16. Спецификации платы microATX версии 1.1

Совместимость плат microATX с ATX означает следующее:

- использование одного и того же 20-контактного разъема питания;
- стандартное расположение разъемов ввода-вывода;
- одинаковое расположение крепежных винтов.

Сходство геометрических параметров позволяет установить системную плату microATX как в корпус ATX, содержащий стандартный блок питания, так и в уменьшенный корпус microATX, использующий меньший по размерам блок питания SFX/TFX.

Общие размеры системы microATX достаточно малы. Типичная система, созданная на основе платы указанного формфактора, имеет следующие размеры: высота — 304,8 или 355,6 мм (12 или 14 дюймов), ширина — 177,8 мм (7 дюймов), длина — 304,8 мм (12 дюймов), что соответствует корпусу класса “micro-tower” или “desktop”. Типичная системная плата microATX показана на рис. 4.17.

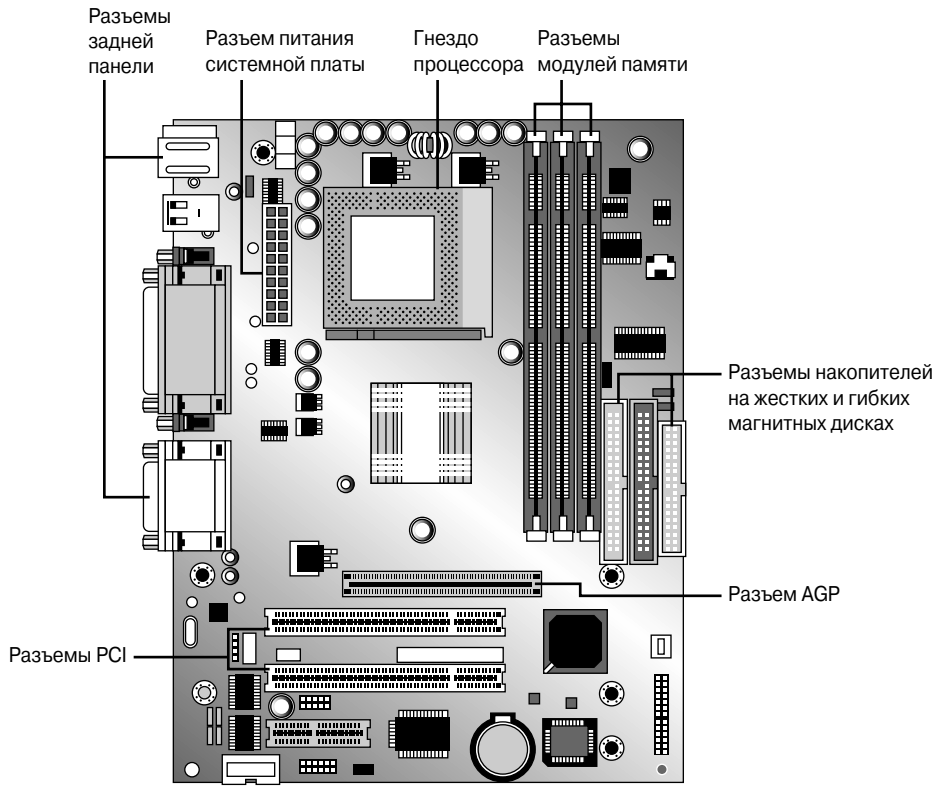


Рис. 4.17. Системная плата формфактора microATX

Формфактор microATX был представлен на всеобщее рассмотрение компанией Intel фактически в качестве промышленного стандарта. Спецификации и прочую информацию, относящуюся к формфактору microATX, можно получить на сайте `www.formfactors.org`.

FlexATX

В марте 1999 года компания Intel опубликовала дополнение к спецификации microATX, названное FlexATX. В этом дополнении описывались системные платы еще меньшего размера, чем microATX, которые позволяют производителям создавать небольшие и недорогие системы. Платы FlexATX уменьшенного размера предназначены для использования во многих современных ПК, особенно в тех, которые отличаются невысокой ценой, небольшим размером и ориентированы на пользователей, работающих с офисными приложениями. В некоторых платах FlexATX даже нет слотов расширения, и вместо них используются только порты USB или IEEE-1394/FireWire.

Формфактор FlexATX определяет системную плату, которая является наименьшей из семейства ATX. Размеры этой платы — всего 229×191 мм (9,0×7,5 дюйма). Системные платы FlexATX отличаются, как уже отмечалось, меньшими размерами и поддержкой процессоров гнездовой конструкции. В остальном платы FlexATX обратно совместимы со стандартной платой ATX, поскольку используют единое расположение монтажных отверстий, а также одинаковую спецификацию разъемов питания и ввода-вывода (рис. 4.18).

В большинстве систем FlexATX чаще всего используются блоки питания наименьшего формфактора SFX/TFX, представленного в спецификации microATX. В то же время, если позволяют размеры корпуса, может использоваться и стандартный блок питания ATX.

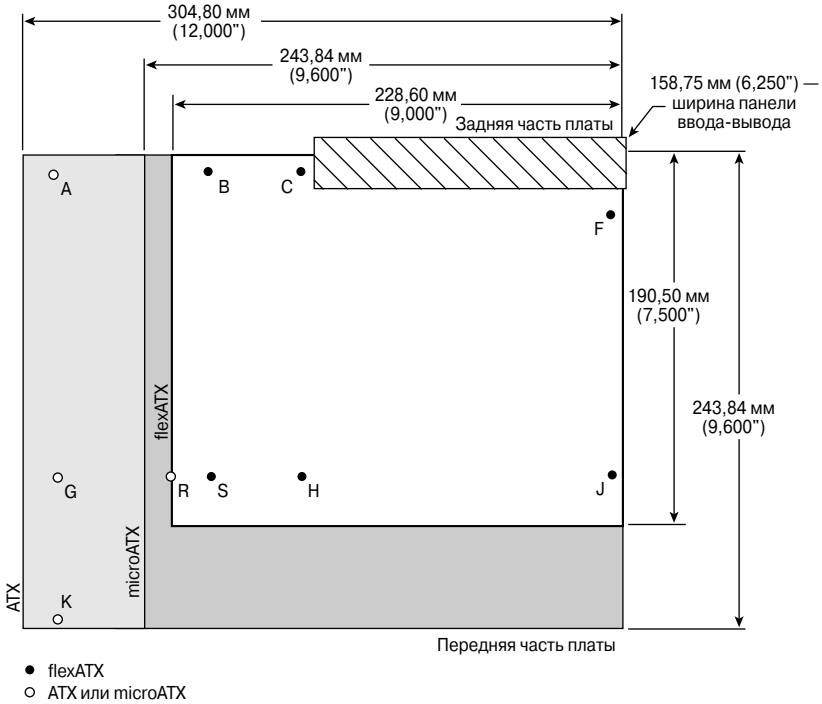


Рис. 4.18. Сравнение размеров и отверстий крепления системных плат формфакторов ATX, microATX и FlexATX

С появлением системной платы FlexATX семейство плат ATX расширилось и в настоящее время содержит уже четыре типоразмера, которые представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Размеры системных плат семейства ATX

Формфактор	Максимальная ширина, мм (дюймы)	Максимальная глубина, мм (дюймы)	Максимальная площадь, $см^2$ (квадратные дюймы)	Сравнение габаритов
ATX	305 (12,0)	244 (9,6)	743 (115)	
Mini-ATX	284 (11,2)	208 (8,2)	593 (92)	На 20% меньше
microATX	244 (9,6)	244 (9,6)	595 (92)	На 20% меньше
FlexATX	229 (9,0)	191 (7,5)	435 (68)	На 41% меньше

Учтите то, что в табл. 4.3 приведены максимальные размеры плат. Системные платы могут быть уменьшены, причем единственным условием для этого является соответствие расположения разъемов и крепежных отверстий требованиям, приведенным в спецификации. Все платы семейства ATX отличаются стандартным расположением базовых винтовых отверстий и разъемов, т.е. системные платы mini-, micro- и FlexATX могут быть установлены в любой корпус, отвечающий требованиям полноразмерной платы ATX. Разумеется, платы mini-ATX или полноразмерные платы ATX не могут быть установлены в корпус меньшего размера, предназначенный для системных плат формфактора micro- или FlexATX.

DTX и mini-DTX

Спецификации DTX и mini-DTX были изданы в феврале 2007 года компанией AMD и доступны на сайте `www.dtxpc.org`. Все это — варианты малого размера спецификаций microATX и FlexATX соответственно. Плата DTX имеет размеры 8×9,6 дюйма (203×244 мм), а mini-DTX — 8×6,7 дюйма (203×170 мм). Платы mini-DTX имеют всего четыре крепежных от-

верстия (C, F, H и J), в то время как DTX — на два больше (C, F, H, J, L и M) (см. рис. 4.19). Размеры плат DTX и mini-DTX и их соотношение с размерами FlexATX представлены в табл. 4.5. Малая ширина плат DTX и mini-DTX (203 мм) позволяет поместить на них всего два разъема расширения.

ITX и mini-ITX

Индустриальный стандарт наименьшего формфактора FlexATX ограничивает размеры системных плат до 22,86–19,05 см (9×7,5 дюйма). Учтите, что это лишь *максимально* возможный размер, следовательно, создание формфактора с платами еще меньшего размера вполне допустимо. Анализ спецификации FlexATX (особенно расположения монтажных отверстий в системной плате) показывает, что плату FlexATX можно уменьшить для применения только четырех монтажных отверстий (C, F, H и J) (см. рис. 4.16).

Согласно стандарту FlexATX, расстояние между отверстиями H и J составляет 15,74 см (6,2 дюйма), в то время как расстояние между отверстием J и краем платы — 0,63 см (0,25 дюйма). Уменьшив расстояние от отверстия H до левого края платы, можно создать плату шириной 17 см (0,63+15,74+0,63), вполне соответствующую спецификации FlexATX. Сопоставление минимальной ширины и длины платы демонстрирует, что минимальный размер платы, входящей в рамки ограничений FlexATX, составляет 170×170 мм (6,7×6,7 дюйма).

Подразделение Platform Solutions компании VIA Technologies поставило задачу создать системную плату с минимальными размерами (разумеется, насколько это возможно), причем не придумывая для этого нового, не совместимого с уже существующими формфактора. В марте 2001 года была создана плата несколько меньшей ширины, чем FlexATX (21,6 см вместо 22,8 см), однако той же глубины. В результате получившаяся плата была на 6% меньше платы FlexATX и при этом по-прежнему соответствовала стандартам FlexATX. Новая плата получила название ITX, однако уменьшения размеров всего на 6% оказалось недостаточно для промышленного производства, поэтому платы формфактора ITX так и не увидели свет.

В апреле 2002 года компания VIA представила плату с меньшими габаритами, которая характеризовалась минимальными глубиной и шириной, допустимыми в рамках стандарта FlexATX. Новый формфактор назывался mini-ITX. По сути, все уменьшенные варианты плат стандарта ATX представляют собой платы FlexATX с минимальными габаритами. Все другие характеристики, будь то размер и расположение портов ввода-вывода, размещение монтажных отверстий и типы/количество разъемов блока питания, аналогичны стандарту FlexATX. Тем не менее платы большего размера нельзя установить в корпус mini-ITX.

Формфактор mini-ITX был разработан компанией VIA специально для процессоров с низким энергопотреблением Eden и C3 серии E. Системные платы этого формфактора предлагаются только компанией VIA и еще несколькими производителями. Поскольку процессоры C3 обладают на порядок меньшим быстродействием, чем процессоры начального уровня Celeron 4 или AMD Duron, формфактор mini-ITX главным образом предназначен для нестандартного использования, например в телевизионных компьютерных приставках и специальных вычислительных устройствах. Сравнение размеров формфакторов ITX и mini-ITX с FlexATX представлено в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Сравнение формфакторов ITX, mini-ITX и FlexATX

Формфактор	Максимальная ширина, мм (дюймы)	Максимальная глубина, мм (дюймы)	Максимальная площадь, $см^2$ (квадратные дюймы)	Сравнение габаритов
FlexATX	229 (9)	191 (7,5)	435 (68)	
DTX	203 (8)	244 (9,6)	495 (77)	На 14% больше
ITX	215 (8,5)	191 (7,5)	411 (64)	На 6% меньше
Mini-DTX	203 (8)	170 (6,7)	346 (54)	На 21% меньше
Mini-ITX	170 (6,7)	170 (6,7)	290 (45)	На 34% меньше
Nano-ITX	120 (4,7)	120 (4,7)	144 (22)	На 67% меньше
Pico-ITX	100 (3,9)	72 (2,8)	72 (11)	На 83% меньше

В момент создания стандарт ITX по размерам был примерно равным FlexATX (наверное, поэтому он так и не вышел на рынок), в то время как платы mini-ITX были на 34% меньше максимально допустимых спецификациями FlexATX габаритов.

Рядом производителей компьютерных корпусов создано несколько моделей очень небольшого размера, предназначенных для плат mini-ITX. Большинство из них имеет форму куба, в переднюю панель которого вмонтированы дисководы для гибких и оптических дисков. Схема типовой платы mini-ITX VIA EPIA-V представлена на рис. 4.19.

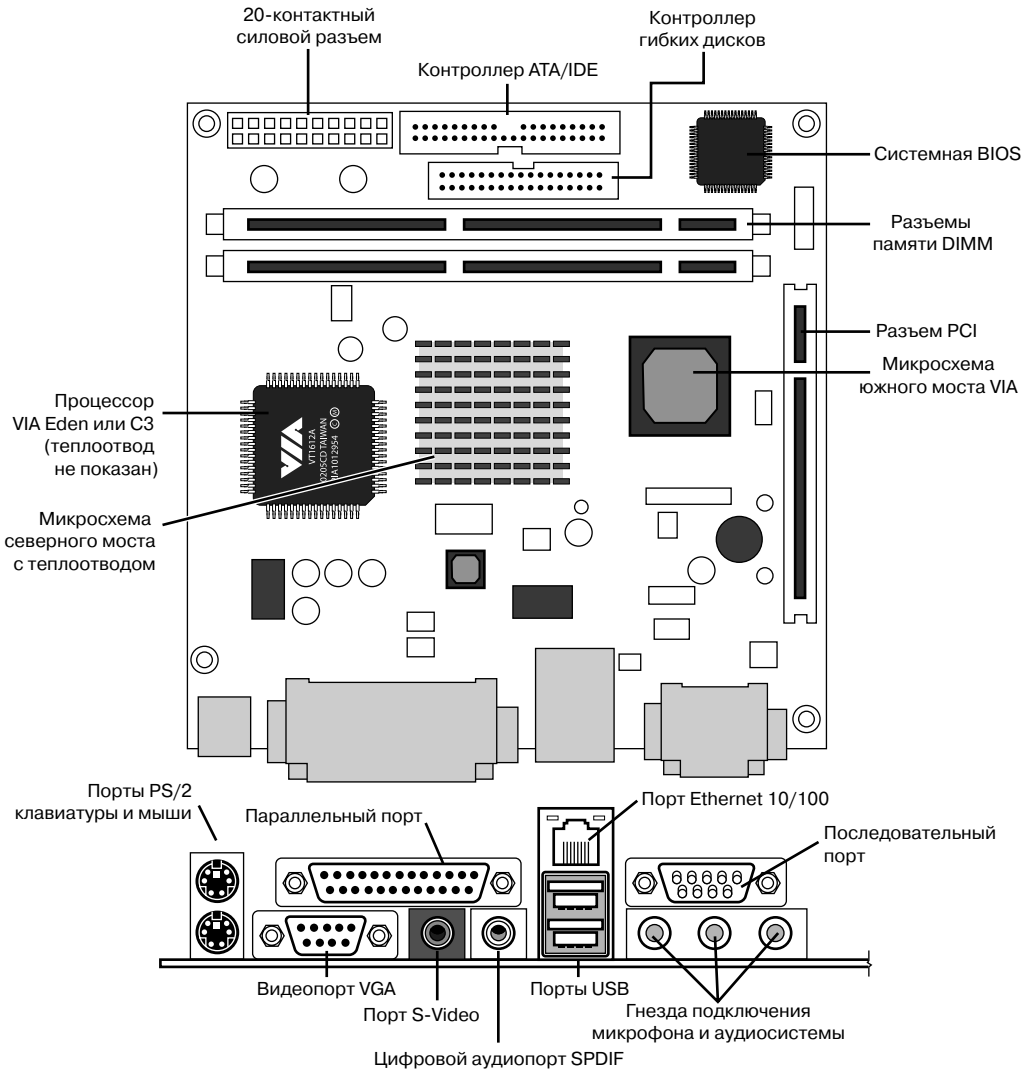


Рис. 4.19. Вид сверху и сзади системной платы VIA EPIA-V (с любезного разрешения компании VIA Technologies, Inc.)

Платы mini-ITX обладают большинством необходимых портов ввода-вывода. Тем не менее между платами mini-ITX и другими моделями ATX существует ряд различий.

- Процессор в плате mini-ITX обычно припаян к гнезду, что делает невозможным его обновление или замену.
- В большинстве корпусов mini-ITX установлены блоки питания TFX, которые поставляются лишь несколькими компаниями, а значит, замена такого блока питания обойдется недешево.
- Доступные на рынке блоки питания TFX имеют небольшую выходную мощность, как правило — до 240 Вт.
- Встроенный графический адаптер нельзя заменить платой AGP.

Поскольку платы и корпуса mini-ITX предоставляются небольшим количеством компаний, возможности модернизации или замены системных компонентов существенно ограничены. Тем не менее, так как платы mini-ITX соответствуют стандарту FlexATX, их можно устанавливать в любых корпусах формфакторов FlexATX, microATX и полноразмерных ATX и применять вмонтированные в эти корпуса блоки питания. В свою очередь, в большинство корпусов mini-ITX нельзя установить платы FlexATX, microATX и ATX; кроме того, в таких корпусах, как правило, имеется блок питания TFX. Остановив свой выбор на системе mini-ITX, подберите походящий для нее тип процессора, обладающий достаточным быстродействием, ведь замена или модернизация процессора практически всегда будет сопровождаться заменой системной платы.

Примечание

Официальный сайт, содержащий сведения о системах ITX, — `www.viaembedded.com`. Очень часто пользователи по ошибке обращаются на сайт `www.mini-itx.com`, который является сайтом компании, специализирующейся на поставках систем ITX и компонентов для них.

Последними разработками в семействе ITX являются ультракомпактные формфакторы Nano-ITX и Pico-ITX (120×120 и 100×72 мм), созданные для приложений, потребляющих исключительно малую мощность.

Системные платы оригинальной разработки

Системные платы, которые не обладают одним из стандартных формфакторов (таких, как любой их форматов ATX), называются системными платами *оригинальной разработки*. Системы LPX, Mini-ITX и Nano-ITX попадают в класс частично-оригинальных, в то время как некоторые компании выпускают полностью оригинальные системы, состоящие из компонентов исключительно своего производства. Не рекомендуется покупать компьютер с системными платами нестандартных конструкций, поскольку в них не предусмотрено условие замены системной платы, источника питания или корпуса, что существенно ограничивает возможности модернизации. Компьютеры с такими платами также трудно ремонтировать. Проблема состоит в том, что комплектующие для замены можно приобрести только у изготовителя системы, и они обычно во много раз дороже стандартных. По истечении срока гарантии систему с такой платой не стоит восстанавливать. Если системная плата выйдет из строя, дешевле купить новую стандартную систему целиком, поскольку ремонт оригинальной платы обойдется в пять раз дороже покупки новой стандартной системной платы.

Гнезда для процессоров

Процессоры можно устанавливать в *гнезда* (socket) и *разъемы* (slot).

Процессоры, разрабатываемые Intel (начиная с 486-го), пользователь может устанавливать и заменять самостоятельно. Были разработаны стандарты для гнезд типа Socket, в которые можно установить различные модели конкретного процессора. Каждый тип гнезда или разъема имеет свой номер; по номеру можно точно определить, какие типы процессоров могут быть установлены в данное гнездо.

В табл. 4.6 указаны микросхемы, которые можно установить в различные гнезда и разъемы.

Таблица 4.6. Технические данные гнезд процессоров

Класс процессора	Тип гнезда	Количество контактов	Расположение контактов	Напряжение, В	Поддерживаемые процессоры
Intel 486	Socket 1	169	17×17 PGA	5	Intel 486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD
	Socket 2	238	19×19 PGA	5	Intel 486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, DX4 OD, 486 Pentium OD
	Socket 3	237	19×19 PGA	5/3,3	Intel 486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, DX4 OD, 486 Pentium OD, AMD Am486, AMD Am5x86
	Socket 6[1]	235	19×19 PGA	3,3	Intel 486 DX4, 486 Pentium OD
Intel 586 (Pentium)	Socket 4	273	21×21 PGA	5	Intel Pentium 60/66, OD
	Socket 5	320	37×37 SPGA	3,3/3,5	Pentium 75–133, OD
	Socket 7	321	37×37 SPGA	VRM	Pentium 75–233+, MMX, OD, AMD K5/K6, Cyrix 6x86/M1/MII
Intel 686 (Pentium II/III)	Socket 8	387	Dual-pattern SPGA	Auto VRM	Intel Pentium Pro, Pentium II OD
	Slot 1 (SC242)	242	Slot	Auto VRM	Intel Pentium II/III, SECC, Celeron SEPP, VIA/Cyrix III/C3
	Socket 370	370	37×37 SPGA	Auto VRM	Intel Celeron/Pentium III PPGA/FC-PGA, VIA/Cyrix III/C3
Intel Pentium 4/Core	Socket 423	423	39×39 SPGA	Auto VRM	Intel Pentium 4 FC-PGA
	Socket 478	478	26×26 mPGA	Auto VRM	Intel Pentium 4/Celeron FC-PGA2, Celeron D
	Socket T (LGA775)	775	30×33 LGA	Auto VRM	Intel Pentium 4/Extreme Edition, Pentium D, Celeron D, Pentium Dual-Core, Core 2 Duo/Extreme/Quad, Xeon
	Socket H (LGA1156)	1156	40×40 LGA	Auto VRM	Intel Pentium, Core i Series, Xeon
	Socket B (LGA1366)	1366	41×43 LGA	Auto VRM	Intel Core i Series, Xeon
AMD K7	Slot A	242	Slot	Auto VRM	AMD Athlon SECC
	Socket A (462)	462	37×37 SPGA	Auto VRM	AMD Athlon, Athlon XP/MP, Duron, Sempron, Geode NX
AMD K8	Socket 754	754	29×29 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64, Sempron
	Socket 939	939	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64/64 FX/64 x2, Sempron, Opteron
	Socket 940	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX, Opteron
	Socket AM2	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64/64 FX/64 X2, Sempron, Opteron, Phenom
	Socket AM2+	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64/64 X2, Opteron, Phenom X2/X3/X4/II X4
	Socket AM3	941	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon II, Phenom II, Sempron
	Socket F (1207 FX)	1207	35×35 x2 LGA	Auto VRM	AMD Athlon 64 FX, Opteron
Серверные решения и рабочие станции	Slot 2 (SC330)	330	Slot	Auto VRM	Intel Pentium II/III Xeon
	Socket PAC418	18	38×22 split SPGA	Auto VRM split SPGA	Intel Itanium
	Socket PAC611	611	25×28 mPGA	Auto VRM mPGA	Intel Itanium 2
	Socket 603	603	31×25 mPGA	Auto VRM	Intel Xeon
	Socket 604	604	31×25 mPGA	Auto VRM	Intel Xeon
	Socket J (LGA 771)	771	30×33 LGA	Auto VRM	Intel Core 2 Extreme, Xeon
	Socket 940	940	31×31 mPGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX
	Socket F (1207 FX)	1207	35×35 x2 LGA	Auto VRM	AMD Athlon 64FX, Opteron

1. Гнездо Socket 6 не нашло применения в реальных системах.

FC-PGA — Flip-Chip Pin Grid Array (перевернутое гнездо с сеткой контактов).

FC-PGA2 — FC-PGA with an Integrated Heat Spreader (IHS) (гнездо FC-PGA с интегрированным теплорассеивателем).

OD — OverDrive (процессоры, предназначенные для модернизации существующих систем).

PAC — Pin Array Cartridge (картридж с массивом контактов).

PGA — Pin Grid Array (массив штырьковых контактов).

PPGA — Plastic Pin Grid Array (массив штырьковых контактов в пластиковом корпусе).

SC242 — Slot connector, 242 pins (242-контактный разъем).

SC330 — Slot connector, 330 pins (330-контактный разъем).

SECC — Single Edge Contact Cartridge (картридж с однорядным расположением контактов).

SPGA — Staggered Pin Grid Array (корпус с шахматным расположением выводов).

MPGA — Micro Pin Grid Array (массив штырьковых контактов в миниатюрном исполнении).

VRM — Voltage Regulator Module (модуль стабилизатора напряжения). Позволяет задать необходимое напряжение с помощью перемычек.

Auto VRM — содуль стабилизатора напряжения. Позволяет задать напряжение, определяемое контактами VID (Voltage ID — идентификатор напряжения).

Изначально процессоры всех типов устанавливались в гнезда (или впаивались непосредственно в системную плату). С появлением Pentium II и первых версий процессоров Athlon компании Intel и AMD перешли к другой конструкции, разработанной вследствие того, что в процессоры была включена встроенная кэш-память второго уровня, приобретаемая в виде отдельных микросхем памяти Static RAM (SRAM) у сторонних производителей. Таким образом, процессор содержал в себе уже несколько различных микросхем, установленных на монтажной плате, которая, в свою очередь, была вставлена в разъем системной платы. Основным недостатком этой весьма неплохой конструкции являются дополнительные расходы, связанные с приобретением микросхем кэш-памяти, дочерней платы, разъема, корпуса или упаковки, механизмов поддержки и подставок для установки процессора и радиатора. В результате себестоимость процессора, монтируемого на отдельной плате, оказалась значительно выше по сравнению с предшествующими "гнездовыми" версиями процессоров.

С появлением второго поколения процессоров Celeron компания Intel начала интегрировать кэш-память второго уровня непосредственно в кристалл процессора, не добавляя в схему каких-либо дополнительных микросхем. Второе поколение процессоров Pentium III (кодовое название — Coppermine), процессоры K6-3, Duron (кодовое название — Spitfire) и второе поколение процессоров Athlon (кодовое название — Thunderbird) компании AMD (ранние версии процессора Thunderbird Athlon имеют конфигурацию Slot A) также содержат встроенную кэш-память второго уровня. С появлением встроенного кэша стал возможным возврат к однокристальной конструкции процессора после отказа от его установки на отдельной плате. В результате интеграции кэш-памяти второго уровня производители вернулись к гнездовой конструкции процессора, которая сохранится, вероятно, в обозримом будущем. В настоящее время гнездовая конструкция процессоров используется практически во всех современных моделях. Кроме того, интеграция кэш-памяти позволила повысить рабочую частоту кэша второго уровня с половины или одной трети до полной тактовой частоты процессора.

Наборы микросхем системной логики

Современные системные платы невозможно представить без микросхем системной логики. Набор микросхем *определяет* функциональность системной платы. Другими словами, две любые платы с одинаковым набором микросхем системной логики функционально идентичны, если производитель преднамеренно не добавил некоторые функции, отсутствующие в чипсете, либо не отключил некоторые из имеющихся в нем.

Набор микросхем системной логики включает в себя интерфейс шины процессора (Front-Side Bus — FSB), контроллеры памяти, контроллеры шины, контроллеры ввода-вывода и т.п. Все схемы системной платы также содержатся в наборе микросхем. Если сравнивать процессор компьютера с двигателем автомобиля, то аналогом набора микросхем является, скорее всего, шасси. Оно представляет собой металлический каркас, служащий для установки двига-

теля и выполняющий роль промежуточного звена между двигателем и внешним миром. Шасси — это рама, подвеска, рулевой механизм, колеса и шины, коробка передач, карданный вал, дифференциал и тормоза. Шасси автомобиля представляют собой механизм, преобразующий энергию двигателя в поступательное движение транспортного средства. Набор микросхем, в свою очередь, является соединением процессора с различными компонентами компьютера. Процессор не может взаимодействовать с памятью, платами адаптера и различными устройствами без помощи набора микросхем. Если воспользоваться медицинской терминологией и сравнить процессор с головным мозгом, то набор микросхем системной логики по праву займет место позвоночника и центральной нервной системы.

Набор микросхем управляет интерфейсом, или соединениями процессора с различными компонентами компьютера. Поэтому он определяет в конечном счете тип и быстродействие используемого процессора, рабочую частоту шины, скорость, тип и объем памяти. В сущности, набор микросхем относится к числу наиболее важных компонентов системы, даже, наверное, более важных, чем процессор. Мне приходилось видеть системы с мощными процессорами, которые проигрывали в быстродействии системам, содержащим процессоры меньшей частоты, но более функциональные наборы микросхем. Во время соревнований опытный гонщик часто побеждает не за счет высокой скорости, а за счет умелого маневрирования. При компоновке системы я бы начинал с набора микросхем системной логики, так как именно от его выбора зависят эффективность процессора, модулей памяти, устройств ввода-вывода, а также разнообразные возможности расширения.

Эволюция наборов микросхем

Чтобы заставить компьютер работать, на первые системные платы IBM PC пришлось установить много микросхем. Кроме процессора, на системную плату было установлено множество других компонентов: генератор тактовой частоты, контроллер шины, системный таймер, контроллеры прерываний и прямого доступа к памяти, память CMOS, часы и контроллер клавиатуры. Наконец, чтобы обеспечить работу установленных компонентов, понадобился еще ряд микросхем, а также процессор, математический сопроцессор (модуль для выполнения операций над числами с плавающей запятой) и память. В табл. 4.7 перечислены все первичные компоненты, использовавшиеся в оригинальных системных платах PC/XT и AT.

Таблица 4.7. Компоненты системных плат PC/XT и AT

Компонент	Версия PC/XT	Версия AT
Процессор	8088	80286
Математический сопроцессор (модуль для выполнения операций над числами с плавающей запятой)	8087	80287
Генератор тактовой частоты	8284	82284
Контроллер шины	8288	82288
Системный таймер	8253	8254
Контроллер прерываний низкого уровня	8259	8259
Контроллер прерываний высокого уровня	---	8259
Контроллер прямого доступа к памяти низкого уровня	8237	8237
Контроллер прямого доступа к памяти высокого уровня	---	8237
Память CMOS и часы	---	MC146818
Контроллер клавиатуры	8255	8042

В схеме системной платы оригинальных систем PC/XT, кроме процессора/сопроцессора, использовался набор из шести микросхем. В компьютерах AT и системах более поздних версий IBM перешла к набору из девяти микросхем, в который были добавлены дополнительные прерывания, микросхемы контроллера DMA и энергонезависимая микросхема CMOS RAM/Real-time Clock (часы реального времени). Компоненты микросхем системной платы в основном были изготовлены компанией Intel или другими производителями по ее лицензии, за исключением микросхемы CMOS/Clock, которую выпустила компания Motorola. Для создания

аналога или копии одной из систем IBM требовались все указанные компоненты, а также более сотни дискретных логических микросхем, связывающих конструкцию в единое целое. Основными недостатками подобной конструкции стали высокая себестоимость системной платы и отсутствие свободного места для интегрирования других функциональных компонентов.

В 1986 году компания Chips and Technologies представила качественно новый компонент, названный 82C206, который и стал основной частью первого набора микросхем системной логики системной платы ПК. Эта единственная микросхема выполняла все основные функции микросхем системной платы в компьютерах, совместимых с AT, а именно: функции генератора тактовой частоты (микросхема 82284), контроллера шины (микросхема 82288), системного таймера (микросхема 8254), двух контроллеров прерываний (микросхема 8259), двух контроллеров прямого доступа к памяти (микросхема 8237) и даже микросхемы CMOS-памяти и часов (микросхема MC146818). Кроме процессора, все основные компоненты системной платы PC были заменены одной микросхемой. Четыре дополнительные микросхемы использовались в качестве буферов и контроллеров памяти, расширяя возможности компонента 82C206. На системной плате было всего пять микросхем. Этому первому набору микросхем системной логики компания Chips and Technologies присвоила название CS8220. Это был коренной переворот в производстве системных плат для PC. Не только значительно снизилась стоимость системной платы и упростилась ее конструкция, но и появилась возможность реализации функций, для которых прежде устанавливались платы расширения. Позже четыре микросхемы, установленные дополнительно к 82C206, были заменены новым набором, состоявшим только из трех микросхем; этот набор назывался New Enhanced AT (NEAT) CS8221. А еще через некоторое время появился набор микросхем системной логики 82C836 Single Chip AT (SCAT), который состоял всего из одной микросхемы.

Идею набора микросхем системной логики поддержали и другие изготовители. Компании Acer, Erso, Opti, Suntac, Symphony, UMC, VLSI и другие стремились захватить свою долю рынка. К сожалению, у многих из них положение на рынке наборов микросхем системной логики было неустойчивым: цены быстро менялись, и многие компании потерпели неудачу. Например, VLSI в 1993 году доминировала на рынке наборов микросхем системной логики, а в следующем году чуть не стала банкротом и впоследствии была поглощена компанией Philips. И все только потому, что в 1994 году на рынке появился новый изготовитель наборов микросхем системной логики — компании Intel. Год спустя компания Intel уже полностью контролировала рынок. Большинство системных плат в настоящее время имеют набор микросхем системной логики, разработанный Intel.

Компания Intel не осталась в одиночестве на рынке микросхем системной логики. Компании ATI (ныне — подразделение AMD), NVIDIA, VIA Technologies, Silicon Integrates Systems (SiS) и Uli Electronics (ранее — Ali Corporation) также выпускали наборы микросхем для Intel-совместимых систем.

Несмотря на то что AMD (а также компания ATI, ныне являющаяся подразделением AMD) спроектировала собственный набор микросхем системной логики для поддержки своих процессоров и материнских плат, другие компании, такие как NVIDIA и SiS, также создают собственные наборы микросхем для AMD-совместимых систем.

Интересно отметить, что первый производитель наборов микросхем системной логики — компания Chip and Technologies — выжила на рынке за счет смены курса на выпуск микросхем видеографики, при этом найдя нишу в секторе портативных компьютеров. Позже эта компания была куплена Intel.

Наборы микросхем системной логики компании Intel

В настоящее время компания Intel занимает доминирующее положение на рынке наборов микросхем системной логики. Необходимо заметить, что это стало возможно в значительной мере благодаря компании Compaq, с помощью которой Intel вышла на первое место по производству микросхем.

Все началось с того, что в 1989 году Compaq разработала шину EISA, которая, как предполагалось, должна была стать стандартом рынка. Но компания отказалась предоставить сторонним разработчикам набор микросхем системной логики для этой шины (т.е. набор специальных микросхем, необходимых для функционирования шины EISA на системной плате).

В Intel было принято решение о поставке наборов микросхем системной логики сборщикам компьютеров на основе системных плат EISA. Шина EISA, как известно, потерпела неудачу, сумев лишь на короткое время занять свободную нишу на рынке серверов. Однако Intel, в свою очередь, за это время успела приобрести бесценный опыт в производстве наборов микросхем. С появлением процессоров 286 и 386 оказалось, что создание наборов микросхем, соответствующих новым конструкциям процессоров, отнимает у компаний-производителей слишком много времени и приводит к задержке выпуска системных плат, поддерживающих эти процессоры. Например, между появлением процессора 286 и выпуском первой системной платы, созданной на его основе, прошло более двух лет, а для создания первых системных плат на основе процессора 386 потребовалось чуть более года. Количество продаваемых процессоров Intel было ограничено отсутствием Intel-совместимых системных плат от других производителей. Поэтому в Intel решили вести параллельную разработку процессоров и наборов логических микросхем, используемых в системных платах. Это привело к качественному скачку в производстве системных плат и обеспечило производителей готовыми наборами микросхем системной логики.

Столь важное решение вскоре было реализовано на практике. В апреле 1989 года одновременно с процессором 486 компания Intel выпустила набор микросхем серии 420. Это позволило производителям практически сразу же начать производство системных плат, и первые платы серии 486 появились всего через несколько месяцев. Нельзя сказать, что подобная практика обрадовала других производителей: ведь в лице Intel они получили достойного конкурента.

С 1989 года компания Intel приступила к созданию процессоров и наборов микросхем системной логики, что составляет примерно 90% компонентов типичной системной платы. Что может служить лучшей гарантией совместимости аппаратных компонентов, чем системная плата и процессор Pentium, изготовленные в одно время одним производителем и предназначенные друг для друга? В 1993 году Intel одновременно с первым процессором Pentium представила набор микросхем системной логики 430LX, а также полностью законченную системную плату. Это огорчило не только производителей наборов микросхем, но и компании, занимающиеся сборкой системных плат. Мало того что Intel стала основным поставщиком компонентов, необходимых для формирования системных плат (процессоры и наборы микросхем системной логики), она занялась также производством и продажей готовых системных плат. К 1994 году Intel не только доминировала на рынке процессоров и наборов микросхем, но, по сути, монополизировала рынок системных плат.

В наши дни, наряду с разработкой процессоров, Intel продолжает заниматься созданием наборов микросхем системной логики и системных плат, т.е. представление и выпуск нового продукта происходят практически одновременно. Подобный подход позволяет избавиться от свойственных началу компьютерной эры задержек, возникающих между созданием новых процессоров и появлением системных плат, в которых они могут быть использованы. С точки зрения потребителя это означает возможность незамедлительного использования новой системы. Начиная с 1993 года (т.е. с момента появления первого процессора Pentium) пользователи получили возможность приобретать готовые системы в день выпуска нового процессора.

Номера моделей наборов микросхем системной логики Intel

В 1989 году было положено начало единой системе нумерации наборов микросхем системной логики компании Intel. В табл. 4.8 перечислены выпущенные этой компанией чипсеты и поддерживаемые ими процессоры и компоненты.

Таблица 4.8. Номера моделей наборов микросхем системной логики Intel

Номер набора микросхем системной логики	Поколение процессора
420xx	P4 (486)
430xx	P5 (Pentium), память EDO
440xx	P6 (Pentium Pro/PII/PIII), AGP, память SDRAM
450xx	Рабочие станции P6 (Pentium Pro/PII/PIII Xeon), память SDRAM
8xx	PII/PIII/P4, AGP, память DDR
9xx	Pentium 4/D, Core 2, PCI Express, память DDR2
3x	Core 2, PCI Express, память DDR2/DDR3
4x	Core 2, PCI Express 2.x, память DDR2/DDR3
5x	Core i Series, PCI Express 2.x

Приведенные в таблице номера являются сокращениями реальных номеров, которыми маркированы микросхемы. К примеру, в системах на базе процессоров Pentium II/III широко используется набор микросхем системной логики 440BX, который состоит из двух компонентов: северного моста 82443BX и южного моста 82371EB. Набор микросхем 865G поддерживает процессор Pentium 4 и состоит из двух основных частей: контроллера графической памяти 82865G и контроллера ввода-вывода 82801EB или 82801EBR. Прочитав логотип компании (Intel или какой-либо другой), а также номера компонентов и комбинации символов микросхем системной платы, можно легко идентифицировать набор микросхем, используемый в конкретной системе.

При создании наборов микросхем Intel использует два различных типа архитектуры: северный/южный мост и более современную *hub*-архитектуру, которая применяется во всех последних наборах микросхем системной логики начиная с серии 800.

Совет

Во многих современных системных платах микросхема северного моста/GMCH/MCH скрыта под пассивным или активным радиатором; кроме того, в некоторых случаях радиатор установлен и на микросхеме южного моста/ICH. Для определения набора микросхем, используемого в подобных системных платах, можно обратить внимание на сведения, отображаемые при загрузке системы, или воспользоваться специальной диагностической программой. Для этого случая рекомендую утилиты Chipset Identification Utility (`http://developer.intel.com/support/chipsets/inf/sb/CS-009266.htm`) и CPU-Z (`http://cpuid.com`).

Архитектура графической системы Intel Integrated Graphics

Производство наборов микросхем системной логики для материнских плат компания Intel начала в апреле 1999 года, выпустив набор 810. Интеграция поддержки графики в набор микросхем позволяет отказаться от обособленной видеопамяти и специальной микросхемы; при этом для графической системы выделяется часть обычной памяти, установленной в компьютере. Многие наборы микросхем с интегрированным видеоадаптером поддерживают также разъемы AGP и/или PCI Express для возможности модернизации. В эти разъемы можно вставить более производительную видеокарту.

Информация об интегрированных видеоадаптерах Intel, доступных в различное время, представлена в табл. 12.2 главы 12.

Не обременяя себя функциями дискретной графики, реализованными в процессорах высококлассных видеоадаптеров, интегрированное видео может обеспечить удовлетворительную производительность графических приложений, не требуя за это дополнительной платы. Лично я рекомендую использовать материнские платы с интегрированной графикой, но содержащие дополнительные разъемы для вставки отдельного видеоадаптера. В этом случае на начальном этапе вы сэкономите некоторую сумму, а позже добиться более высокой производительности видеорешений, вставив обособленный видеоадаптер.

Наборы микросхем системной логики для процессоров AMD

Выпустив на рынок процессоры семейства Athlon, компания AMD пошла на рискованный шаг: для них не существовало наборов микросхем системной логики, и, кроме того, они были не совместимы с существующими разъемами Intel для процессоров Pentium II/III и Celeron. Серия процессоров K7 вставлялась в разъем Socket 7, созданный Intel для семейства процессоров Pentium, в то же время процессоры Athlon и Duron не были совместимы по контактам ни с Pentium III, ни с Celeron. Вместо "подгонки" к существующим стандартам Intel компания AMD решила создать собственный набор микросхем и материнскую плату.

Созданный набор микросхем был назван AMD-750 (кодовое название — Irongate). Он поддерживает процессоры Socket/Slot A и состоит из микросхем системного контроллера 751 (северный мост) и контроллера шины периферийных устройств 756 (южный мост). За этим последовал набор микросхем AMD-760 для процессоров Athlon/Duron, который является первым набором микросхем системной логики, поддерживавшим память DDR SDRAM. Он состоит из двух микросхем: AMD-761 (северный мост) и AMD-766 (южный мост). Также компания AMD создала новый стандарт архитектуры для своей линейки 64-разрядных процессоров Athlon 64 и Opteron, выпустив в свет набор микросхем AMD-8000. Новаторские усилия AMD подтолкнули и другие компании, такие как VIA Technologies, NVIDIA, Ali, SiS и ATI, создать собственные наборы микросхем, поддерживающие процессоры AMD. В 2007 году AMD приобрела компанию ATI, чтобы сосредоточить в одних руках производство наборов микросхем и материнских плат для своих процессоров. Этот шаг вывел компанию AMD на один уровень с Intel и дал ей возможность самой выпускать бо́льшую часть микросхем, необходимых для создания компьютерных систем на базе собственных процессоров. В настоящее время бо́льшую часть наборов микросхем для поддержки поддержки процессоров AMD выпускают всего две компании — AMD и NVIDIA.

Архитектура "северный/южный мост"

Большинство ранних версий наборов микросхем Intel (и практически все наборы микросхем других производителей) созданы на основе многоуровневой архитектуры и содержат следующие компоненты: северный мост, южный мост и микросхему Super I/O.

- **Северный мост.** Представляет собой соединение быстродействующей шины процессора (400/266/200/133/100/66 МГц) с более медленными шинами AGP (533/266/133/66 МГц) и PCI (33 МГц). Обозначение микросхемы северного моста зачастую дает название всему набору микросхем; например, в наборе микросхем 440BX номер микросхемы северного моста — 82443BX.
- **Южный мост.** Является мостом между шиной PCI (66/33 МГц) и более медленной шиной ISA (8 МГц).
- **Super I/O.** Отдельная микросхема, подсоединенная к шине ISA, которая фактически не является частью набора микросхем и зачастую поставляется сторонними производителями, например National Semiconductor и Standard Microsystems Corp. (SMSC). Микросхема Super I/O содержит обычно используемые периферийные элементы, объединенные в одну микросхему. Следует отметить, что впоследствии микросхемы южного моста включили в себя функциональность Super I/O, так что в современных материнских платах отдельная микросхема Super I/O отсутствует.

Расположение всех микросхем и компонентов типичной системной платы AMD Socket A, использующей архитектуру "северный/южный мост", показано на рис. 4.20.

Северный мост иногда называют контроллером *PAC* (*PCI/AGP Controller*). В сущности, он является основным компонентом системной платы и единственной, за исключением процессора, схемой, работающей на полной частоте системной платы (шины процессора). В современных наборах микросхем используется однокристальная микросхема северного моста; в более ранних версиях содержалось до трех отдельных микросхем, составляющих полную схему северного моста.

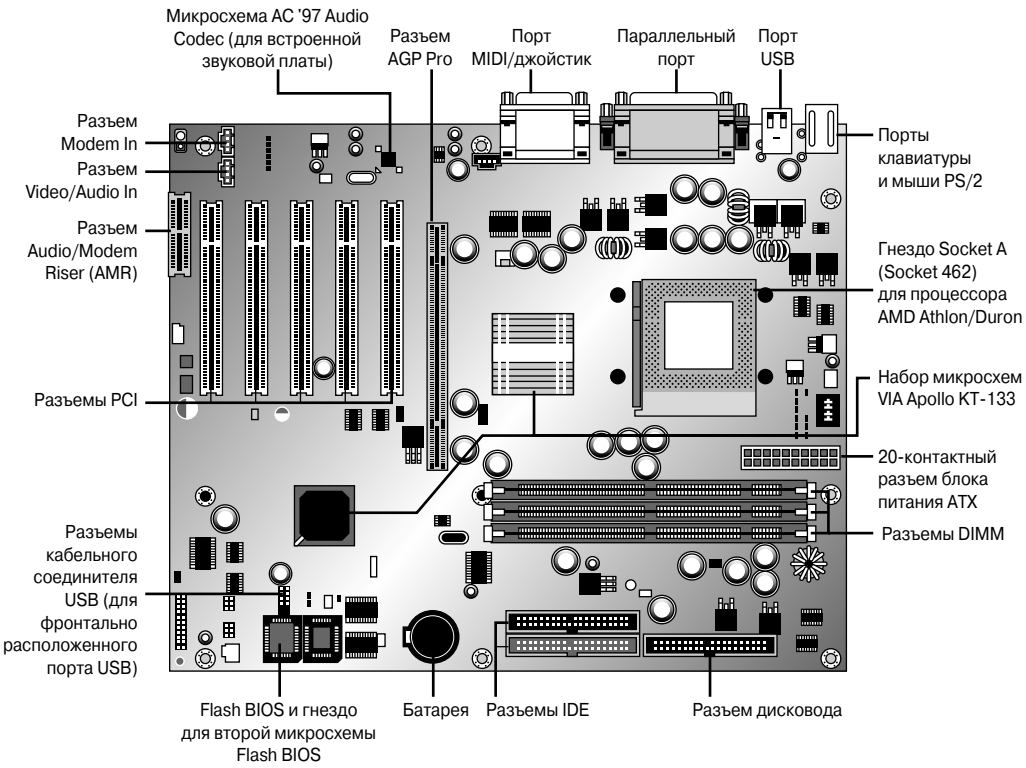


Рис. 4.20. Расположение компонентов типичной системной платы Socket A (AMD Athlon/Duron)

Южный мост обладает более низким быстродействием и всегда находится на отдельной микросхеме. Одна и та же микросхема южного моста может использоваться в различных наборах микросхем системной логики. (Разные типы схем северного моста, как правило, разрабатываются с учетом того, чтобы можно было использовать один и тот же компонент южного моста.) Благодаря модульной конструкции набора микросхем системной логики стало возможным снизить стоимость и расширить поле деятельности для изготовителей системных плат. Южный мост подключается к шине PCI (33 МГц) и содержит интерфейс шины ISA (8 МГц). Кроме того, обычно он содержит две схемы, реализующие интерфейс контроллера жесткого диска IDE и интерфейс USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина), а также схемы, реализующие функции памяти CMOS и часов. В старых конструкциях южный мост содержал также все компоненты, необходимые для шины ISA, включая контроллер прямого доступа к памяти и контроллер прерываний.

Микросхема Super I/O, которая является третьим компонентом системной платы, соединена с шиной ISA (8 МГц) и содержит все стандартные периферийные устройства, встроенные в системную плату. Например, большинство микросхем Super I/O поддерживает параллельный порт, два последовательных порта, контроллер гибких дисков, интерфейс “клавиатура/мышь”. К числу дополнительных компонентов могут быть отнесены CMOS RAM/Clock, контроллеры IDE и интерфейс игрового порта. Системы, содержащие порты IEEE-1394 и SCSI, используют для портов этого типа отдельные микросхемы.

В новых системных платах с микросхемами северного и южного мостов представлена микросхема Super-South Bridge, которая включает в себя функциональные возможности сразу двух микросхем — собственно южного моста и Super I/O.

Hub-архитектура

Новые наборы микросхем системной логики производства Intel используют архитектуру концентратора (hub-архитектуру), в которой бывший северный мост называется *концентратором контроллера памяти* (Memory Controller Hub — MCH), а южный — *концентратором контроллера ввода-вывода* (I/O Controller Hub — ICH). Системы с интегрированной графикой вместо стандартного MCH используют *концентратор контроллера графической памяти* (Graphics Memory Controller Hub — GMCH).

Вместо соединения этих контроллеров через шину PCI, как в стандартной архитектуре "северный/южный мост", взаимодействие между ними осуществляется через выделенный интерфейс концентратора, быстродействие которого вдвое выше, чем быстродействие PCI. Hub-архитектура обладает определенными преимуществами по сравнению с традиционной архитектурой "северный/южный мост".

- **Увеличенная пропускная способность.** Пропускная способность интерфейса AHA (Accelerated Hub Architecture), используемая в наборах микросхем 8*xx*, вдвое выше пропускной способности PCI. В наборах микросхем серий 3*xx* и 9*xx* используется еще более ускоренная архитектура DMI (Direct Media Interface), которая быстрее PCI в 7,5–14 раз.
- **Уменьшенная загрузка PCI.** Hub-интерфейс не зависит от PCI и не участвует в перераспределении полосы пропускания шины PCI или Super I/O. Это повышает эффективность остальных устройств, подсоединенных к шине PCI, при выполнении групповых операций.
- **Уменьшение монтажной схемы.** Несмотря на удвоенную по сравнению с PCI пропускную способность, hub-интерфейс имеет ширину, равную 8 разрядам, и требует для соединения с системной платой всего 15 сигналов. Шине PCI для выполнения подобной операции требуется не менее 64 сигналов, что приводит к повышению генерации электромагнитных помех, ухудшению сигнала, появлению "шума" и в конечном итоге — к увеличению себестоимости плат.

Конструкция hub-интерфейса предусматривает увеличение пропускной способности устройств PCI, что связано с отсутствием южного моста, передающего поток данных от микросхемы Super I/O и загружающего тем самым шину PCI. Таким образом, hub-архитектура позволяет увеличить пропускную способность устройств, непосредственно соединенных с южным мостом, к которым относятся новые быстродействующие интерфейсы ATA-100/133, Serial ATA 3 Гбит/с и USB 2.0.

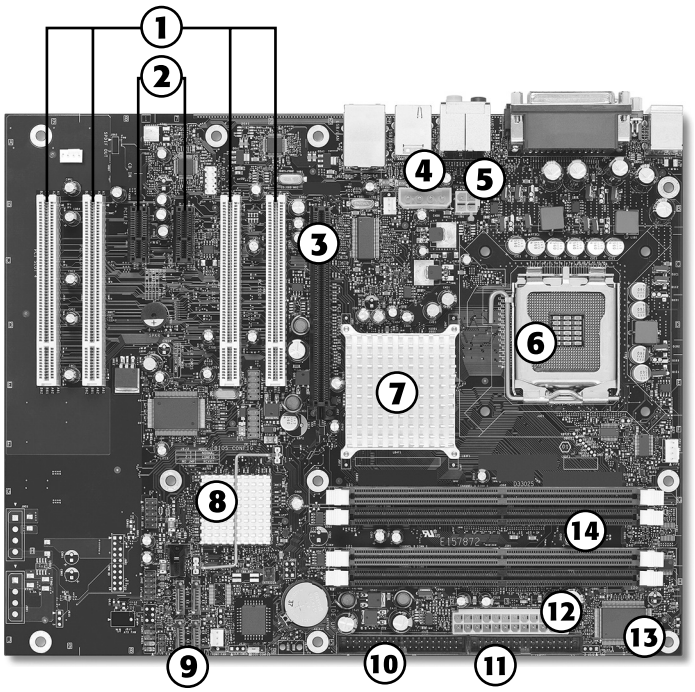
Существуют два основных варианта интерфейса концентратора.

- **AHA (Accelerated Hub Architecture).** Используется в серии набора микросхем 8*xx*. Это ускоренный в четыре раза (4x) 8-разрядный интерфейс, работающий на скорости 66 МГц с пропускной способностью 266 Мбит/с, что вдвое выше, чем у PCI.
- **DMI (Direct Media Interface).** Используется в наборах микросхем серий 9*xx* и 3*xx*. Это выделенное 4-полосное (шириной 4 бит) соединение PCI Express, позволяющее передавать по 1 Гбит/с по каждой из полос, что в 7,5–14 раз быстрее возможностей шины PCI.

Конструкция hub-интерфейса, ширина которого равна 4 или 8 бит, довольно экономична. Ширина интерфейса может показаться недостаточной, но такая конструкция полностью себя оправдывает. Меньшее число выводов говорит об упрощенной схеме маршрутизации платы, снижении количества помех и повышении устойчивости сигнала. Это также сокращает число выводов используемых микросхем, уменьшает их размеры и себестоимость. Таким образом, посредством очень узкой, но быстродействующей архитектуры интерфейс концентратора достигает высших показателей быстродействия, чем те, на которые была способна старая архитектура "северный/южный мост".

Кроме того, в ICH содержится новая шина Low-Pin-Count (LPC), представляющая собой 4-разрядную версию шины PCI, которая была разработана, в первую очередь, для поддержки микросхем системной платы ROM BIOS и Super I/O. Вместе с четырьмя сигналами функций данных, адресов и команд для функционирования шины требуется девять дополнительных сигналов, что составляет в общей сложности тринадцати сигналов. Это позволяет значительно уменьшить количество линий, соединяющих ROM BIOS с микросхемами Super I/O. Для сравнения: в ранних версиях наборов микросхем в качестве интерфейса между северным и южным мостами использовалась шина ISA, количество сигналов которой равно 98. Максимальная пропускная способность шины LPC достигает 16,67 Мбайт/с, что примерно соответствует параметрам ISA и чего более чем достаточно для поддержки таких устройств, как ROM BIOS и микросхемы Super I/O.

На рис. 4.21 представлена типичная системная плата производства Intel, основанная на hub-архитектуре.



1 — разъемы расширения PCI (4)
2 — разъемы расширения PCI Express x1 (2)
3 — разъем расширения PCI Express x16
4 — дополнительный разъем питания
5 — разъем ATX12V для подключения блока питания
6 — гнездо Socket 775 для процессора Pentium 4
7 — микросхема контроллера памяти (северный мост) Intel 82895XE и теплоотвод
8 — микросхема контроллера ввода-вывода Intel ICH6-R (82801FR) (с поддержкой SATA RAID) и теплоотвод
9 — разъемы SATA/SATA RAID (4)
10 — разъем ATA/IDE
11 — контроллер гибких дисков
12 — 24-контактный разъем для подключения блока питания ATX
13 — микросхема контроллера ввода-вывода
14 — разъемы DDR2 DIMM

Рис. 4.21. Разположение компонентов на типичной системной плате. Фотография любезно предоставлена компанией Intel

Высокоскоростные соединения между микросхемами северного и южного мостов

Intel — не единственная компания, которая стремится заменить медленное соединение по шине PCI между микросхемами северного и южного мостов более производительной альтернативой, не основанной на шине PCI. Ниже описываются подобные архитектуры, созданные несколькими компаниями.

- **VIA.** Интерфейс V-link обеспечивает взаимодействие микросхем северного и южного мостов со скоростью, равной быстродействию hub-архитектуры от Intel или превышающей его. В интерфейсе V-link применяется 8-разрядная шина данных, внедренная в нескольких версиях — V-link 4x, V-link 8x и Ultra V-link. Интерфейс V-link 4x передает данные со скоростью 266 Мбит/с (4×66 МГц), в два раза превышающей пропускную способность шины PCI и примерно равной быстродействию интерфейса AHA от Intel. В свою очередь, интерфейс V-link 8x передает данные с частотой 533 Мбайт/с (4×133 МГц), которая в два раза превышает аналогичные показатели AHA и HI 1.5. Интерфейс Ultra V-link передает данные со скоростью 1 Гбит/с, что в четыре раза выше скорости интерфейса AHA и равно быстродействию самой современной архитектуры от Intel — DMI.
- **SiS.** Интерфейс MuTIOL (также называемый *гиперпотоковым*) обеспечивает производительность, сопоставимую с интерфейсом V-link 4x; в архитектуре второго поколения MuTIOL 1G, используемой в современных наборах микросхем от SiS, производительность сравнима с Ultra V-link от SiS и DMI от Intel.
- **ATI (ныне — подразделение AMD).** В некоторых наборах микросхем серии IGP используется высокоскоростная шина A-Link. Этот интерфейс поддерживает передачу данных со скоростью 266 Мбайт/с, обладая производительностью, сравнимой с hub-архитектурой от Intel и первыми поколениями интерфейсов V-link и MuTIOL. В своих последних наборах микросхем ATI использует шину HyperTransport.
- **NVIDIA.** В наборах микросхем серии nForce внедрена шина HyperTransport, изначально разработанная компанией AMD.

Технические характеристики наборов микросхем от разных производителей представлены в табл. 4.9.

Таблица 4.9. Высокоскоростные соединения между микросхемами северного и южного мостов

Архитектура	Пропускная способность, Мбит/с	Производитель
HyperTransport 1GHz	3200	AMD/ATI, NVIDIA
HyperTransport 800MHz	4000	AMD/ATI, NVIDIA
A-Link	266	Older ATI
MuTIOL 1G	1066	SiS
MuTIOL	533	SiS
Ultra V-link	1066	VIA
8x V-link	533	VIA
4x V-link	266	VIA

Ниже подробно рассмотрены наиболее популярные наборы микросхем системной логики с момента появления процессора 486 до настоящего времени.

Первые наборы микросхем системной логики 386/486 компании Intel

Первый набор микросхем системной логики 82350 предназначался для процессоров 386DX и 486. Но он не имел успеха, так как шина EISA не получила широкого распространения, к тому же многие производители выпускали наборы микросхем для этих процессоров. Однако

ситуация на рынке постоянно менялась, Intel отказалась от поддержки шины EISA, и последующие наборы микросхем системной логики для процессора 486 были намного удачливее.

В табл. 4.10 перечислены наборы микросхем системной логики для процессора Intel 486.

Таблица 4.10. Наборы микросхем системной логики для системной платы Intel 486

Набор микросхем системной логики	420TX	420EX	420ZX
Кодовое название	Saturn	Aries	Saturn II
Дата появления	Ноябрь 1992 г.	Март 1994 г.	Март 1994 г.
Процессор	486 (5 В)	486 (5/3,3 В)	486 (5/3,3 В)
Тактовая частота шины, МГц	До 33	До 50	До 33
Поддержка SMP	Нет	Нет	Нет
Тип памяти	FPM	FPM	FPM
Контроль четности или ECC	Контроль четности	Контроль четности	Контроль четности
Максимальный объем памяти, Мбайт	128	128	160
Тип кэш-памяти второго уровня	Async	Async	Async
Поддержка PCI	2.0	2.0	2.1
Поддержка AGP	Нет	Нет	Нет

AGP — Accelerated Graphics Port (ускоренный графический порт).

FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).

PCI — Peripheral Component Interconnect (взаимодействие периферийных компонентов).

SMP — Symmetric Multiprocessing (симметричная многопроцессорная система).

В наборе микросхем 420 впервые была представлена архитектура "северный/южный мост", которая продолжает использоваться в некоторых моделях и по сей день.

Пятое поколение микросхем системной логики Pentium (P5)

Одновременно с процессором Pentium в марте 1993 года Intel представила свой первый набор микросхем системной логики 430LX (под кодовым названием Mercury) для Pentium. Именно в этот год Intel серьезно занялась проектированием наборов микросхем системной логики и приложила все усилия, чтобы стать лидером на рынке. И поскольку у других производителей на проектирование наборов микросхем системной логики уходило несколько месяцев, а то и год, компания Intel очень скоро добилась своей цели. В табл. 4.11 описаны наборы микросхем системной логики Intel для системных плат Pentium. Обратите внимание на то, что ни один из них не поддерживает порты AGP — эта поддержка была добавлена только в наборы микросхем, предназначенные для процессоров семейства Pentium II/Celeron.

Таблица 4.11. Наборы микросхем системной логики Intel для системных плат Pentium

Набор микросхем системной логики	430LX	430NX	430FX	430MX	430HX	430VX	430TX
Кодовое название	Mercury	Neptune	Triton	Mobile Triton	Triton II	Triton III	Нет
Дата появления	Март 1993 г.	Март 1994 г.	Январь 1995 г.	Октябрь 1995 г.	Февраль 1996 г.	Февраль 1996 г.	Февраль 1997 г.
Тактовая частота шины, МГц	66	66	66	66	66	66	66
Поддерживаемый процессор	P60/66	P75+	P75+	P75+	P75+	P75+	P75+
Поддержка SMP	Нет	Есть	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Тип памяти	FPM	FPM	FPM/EDO	FPM/EDO	FPM/EDO	FPM/EDO/ SDRAM	FPM/EDO/ SDRAM
Контроль четности или ECC	Контроль четности	Контроль четности	Нет	Нет	Оба	Нет	Нет
Максимальный объем памяти, Мбайт	192	512	128	128	512	128	256
Максимальный кэшируемый объем памяти, Мбайт	192	512	64	64	512	64	64

Окончание табл. 4.11

Набор микросхем системной логики	430LX	430NX	430FX	430MX	430HX	430VX	430TX
Тип кэш-памяти второго уровня	Async	Async	Async/ Pburst	Async/ Pburst	Async/ Pburst	Async/ Pburst	Async/ Pburst
Поддержка PCI	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1
Поддержка AGP	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Южный мост	SIO	SIO	PIIX	MPIIX	PIIX3	PIIX3	PIIX4

EDO — Extended Data Out (расширенный вывод данных).

FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).

PIIX — PCI ISA IDE Xelerator (ускоритель шин PCI, ISA и IDE).

SDRAM — Synchronous Dynamic RAM (синхронное динамическое ОЗУ).

SIO — System I/O (системный ввод-вывод).

SMP — Symmetric Multiprocessing (симметричная многопроцессорная система).

Примечание

Стандарт PCI 2.1 поддерживает параллельное выполнение операций на шине PCI.

В табл. 4.12 перечислены все микросхемы южного моста, составляющие вторую часть наборов микросхем системной логики пятого поколения процессоров на системных платах Intel.

Таблица 4.12. Микросхемы южного моста компании Intel

Название микросхемы	SIO	PIIX	PIIX3	PIIX4	PIIX4E	ICH0	ICH
Номер	82378IB/ ZB	82371FB	82371SB	82371AB	82371EB	82801AB	82801AA
Поддержка IDE	Нет	BMIDE	BMIDE	UDMA-33	UDMA-33	UDMA-33	UDMA-66
Поддержка USB	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
CMOS и часы	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть
Управление питанием	SMM	SMM	SMM	SMM	SMM/ ACPI	SMM/ ACPI	SMM/ ACPI

SIO — System I/O (системный ввод-вывод).

PIIX — PCI ISA IDE Xelerator (ускоритель шин PCI, ISA и IDE).

ICH — I/O Controller Hub (концентратор контроллера ввода-вывода).

BMIDE — Bus Master IDE (контроллер шины IDE).

UDMA — UltraDMA IDE (режим Ultra-DMA шины IDE).

SMM — System Management Mode (режим управления системой).

ACPI — Advanced Configuration and Power Interface (расширенный интерфейс конфигурирования и электропитания).

Наборы микросхем для процессоров Pentium, перечисленные в табл. 4.11 и 4.12, не выпускаются уже на протяжении нескольких лет.

Шестое поколение микросхем системной логики Pentium Pro и Pentium II/III (P6)

Поскольку Pentium Pro, Celeron и Pentium II/III — это, по сути, один и тот же процессор, имеющий лишь небольшие отличия в конструкциях кэш-памяти, один и тот же набор микросхем системной логики может использоваться как для гнезд типа Socket 8 (Pentium Pro) и Socket 370 (Celeron), так и для разъема типа Slot 1 (Celeron и Pentium II/III). Это утверждение было верным и для некоторых старых наборов микросхем класса P6.

Примечание

Шина PCI 2.1 поддерживает параллельное выполнение операций PCI.

В табл. 4.13 представлены наборы микросхем, используемые в системных платах для Pentium Pro.

Таблица 4.13. Наборы микросхем системной логики для процессоров Pentium Pro

Набор микросхем системной логики	450KX	450GX	440FX
Кодовое название	Orion Workstation	Orion Server	Natoma
Дата появления	Ноябрь 1995 г.	Ноябрь 1995 г.	Май 1996 г.
Тактовая частота шины, МГц	66	66	66
Поддержка SMP	Есть	Есть (4 процессора)	Есть
Тип памяти	FPM	FPM	FPM/EDO/BEDO
Контроль четности/ECC	Оба	Оба	Оба
Максимальный объем памяти, Гбайт	1	4	1
Тип кэш-памяти второго уровня	В процессоре	В процессоре	В процессоре
Максимальный объем кэшируемой памяти, Гбайт	1	4	1
Поддержка PCI	2.0	2.0	2.1
Поддержка AGP	Нет	Нет	Нет
Быстродействие AGP	---	---	---
Южный мост	Различные	Различные	PIIX3

AGP — Accelerated Graphics Port (ускоренный графический порт).
BEDO — Burst EDO (пакетная EDO-память).
EDO DRAM — Extended Data Out DRAM (динамическое ОЗУ с увеличенным временем доступности данных).
FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).
ICH — I/O Controller Hub (микросхема контроллера ввода-вывода).
Pburst — Pipeline burst (синхронная передача данных).
PCI — Peripheral Component Interconnect (шина взаимодействия периферийных компонентов).
PIIX — PCI ISA IDE Xelerator (ускоритель шин PCI, ISA и IDE).
SDRAM — Synchronous Dynamic RAM (синхронная динамическая память).
SIO — System I/O (системный ввод-вывод).
SMP — Symmetric Multiprocessing (симметричная многопроцессорная система).

В табл. 4.14 приведены параметры наборов микросхем серии 4xx, созданных на основе архитектуры "северный/южный мост" и используемых в системных платах Celeron и Pentium II/III. В табл. 4.15 приведены параметры наборов микросхем системной логики серии 8xx для процессоров P6/P7 (Pentium III/Celeron, Pentium 4 и Xeon), созданных на основе более современной hub-архитектуры.

Примечание

Кэш-память второго уровня процессоров Pentium Pro, Celeron и Pentium II/III находится в корпусе процессора. Следовательно, характеристики кэш-памяти для этих компьютеров зависят не от набора микросхем системной логики, а от процессора.

Многие наборы микросхем производства компании Intel состоят из двух компонентов: северного моста (MCH или GMCH в случае hub-архитектуры) и южного моста (ICH в случае hub-архитектуры). Очень часто одна и та же микросхема южного моста или ICH может использоваться с несколькими северными мостами (MCH или GMCH). В табл. 4.16 представлен список всех южных мостов наборов микросхем для процессоров класса P6, а также перечислены их основные характеристики. Микросхема ICH2 также используется в составе наборов микросхем компании Intel для процессоров седьмого поколения (Pentium 4/Celeron 4).

Таблица 4.14. Наборы микросхем системной логики для процессоров P6 на основе архитектуры "северный/южный мост"

Набор микросхем системной логики	440FX	440LX	440EX
Кодовое название	Natoma	Нет	Нет
Дата появления	Май 1996 г.	Август 1997 г.	Апрель 1998 г.
Номер микросхемы	82441FX, 82442FX	82443LX	82443EX
Тактовая частота шины, МГц	66	66	66
Поддерживаемые процессоры	Pentium II	Pentium II	Celeron
Поддержка SMP	Есть	Есть	Нет
Тип памяти	FPM/EDO/ BEDO	FPM/EDO/ SDRAM	FPM/EDO/ SDRAM
Контроль четности/ ECC	Оба	Оба	Никакого
Максимальный объем памяти	1 Гбайт	1 Гбайт EDO/ 512 Мбайт SDRAM	256 Мбайт
Количество банков памяти	4	4	2
Поддержка PCI	2.1	2.1	2.1
Поддержка AGP	Нет	AGP 1x	AGP 1x
Южный мост	82371SB (PIIX3)	82371AB (PIIX4)	82371EB (PIIX4E)

Таблица 4.15. Наборы микросхем системной логики для процессоров P6/P7 (Pentium III/Celeron, Pentium 4 и Xeon) на основе hub-архитектуры

Набор микросхем системной логики	810	810E	815	815E	815EP
Кодовое название	Whitney	Whitney	Solano	Solano	Solano
Дата появления	Апрель 1999 г.	Сентябрь 1998 г.	Июнь 2000 г.	Июнь 2000 г.	Ноябрь 2000 г.
Номер микросхемы	82810	82810E	82815	82815	82815P
Тактовая частота шины, МГц	66/100	66/100/133	66/100/133	66/100/133	66/100/133
Поддерживаемые процессоры	Celeron, Pentium II/III	Celeron, Pentium II/III	Celeron, Pentium II/II	Celeron, Pentium II/II	Celeron, Pentium II/II
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Тип памяти	EDO SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM
Скорость памяти	PC100	PC100	PC133	PC133	PC133
Контроль четности/ECC	Никакого	Никакого	Никакого	Никакого	Никакого
Максимальный объем памяти, Мбайт	512	512	512	512	512
Поддержка AGP	Direct AGP	Direct AGP	AGP 4x	AGP 4x	AGP 4x
Интегрированное видео	AGP $2x^2$	AGP $2x^2$	AGP $2x^3$	AGP $2x^3$	Нет
Южный мост	82801AA/AB (ICH/ICH0)	82801AA (ICH)	82801AA (ICH)	82801BA (ICH2)	82801BA (ICH2)

AGP — Accelerated Graphics Port (ускоренный графический порт).
BEDO — Burst EDO (пакетная EDO-память).
EDO DRAM — Extended Data Out DRAM (динамическое ОЗУ с увеличенным временем доступности данных).
FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).
ICH — I/O Controller Hub (концентратор контроллера ввода-вывода).
Pburst — Pipeline burst (синхронная передача данных).
PCI — Peripheral Component Interconnect (шина взаимодействия периферийных компонентов).
PIIX — PCI ISA IDE Xcelerator.
SDRAM — Synchronous Dynamic RAM (синхронная динамическая память).
SIO — System I/O (системный ввод-вывод).
SMP — Symmetric Multiprocessing (симметричная многопроцессорная система).

Наборы микросхем для поддержки процессоров класса P6 выпускались и другими компаниями, такими как ALi Corporation (ранее известна как Acer Laboratories), VIA Technologies и SiS. Компания ALi (Acer Labs, Inc.) выделила свое подразделение по производству наборов микросхем в 2003 году в одельную компанию ULi Electronics; затем в 2006 году ULi была поглощена компанией NVIDIA. Компания ALi производила широкий ассортимент наборов микросхем для процессоров классса P6. Большинство из них по своим функциям было аналогично предложениям Intel.

440BX	440GX	450NX	440ZX
Нет	Нет	Нет	Нет
Апрель 1998 г.	Июнь 1998 г.	Июнь 1998 г.	Ноябрь 1998 г.
82443BX	82443GX	82451NX, 82452NX, 42453NX, 82454NX	82443ZX
66/100	100	100	66/100
Celeron, Pentium II/III	Pentium II/III Xeon	Pentium II/III Xeon	Celeron, Pentium II/III
Есть	Есть	Есть, до 4 процессоров	Нет
FPM/EDO/ SDRAM	SDRAM	FPM/EDO	SDRAM
Оба	Оба	Оба	Никакого
1 Гбайт	2 Гбайт	8 Гбайт	256 Мбайт
4	4	4	2
2.1	2.1	2.1	2.1
AGP 2x	AGP 2x	Нет	AGP 2x
82371EB (PIIX4E)	82371EB (PIIX4E)	82371EB (PIIX4E)	82371EB (PIIX4E)

820	820E	840	815P	815EG	815G
Camino	Camino	Carmel	Solano	Solano	Solano
Ноябрь 1998 г.	Июнь 2000 г.	Октябрь 1999 г.	Март 2001 г.	Сентябрь 2001 г.	Сентябрь 2001 г.
82820	82820	82840	82815EP	82815G	82815G
66/100/133	66/100/133	66/100/133	66/100/133	66/100/133	66/100/133
Pentium II/III, Celeron	Pentium II/III, Celeron	Pentium II/III Xeon	Celeron, Pentium III	Celeron, Pentium III	Celeron, Pentium III
Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет
RDRAM	RDRAM (PC800)	RDRAM (PC800)	SDRAM (PC100/133)	SDRAM (PC66/100/133)	SDRAM (PC66/100/133)
PC800	Оба	Оба	Нет	Нет	Нет
Оба	1000	4000	512	512	512
1024	AGP 4x	AGP 4x	AGP 4x	Нет	Нет
AGP 4x	Нет	Нет	Нет	AGP 2x[2]	AGP 2x[3]
Нет	82801BA (ICH2)	82801AA (ICH)	82801AA/AB (ICH/ICH0)	82801BA (ICH2)	82801AA/AB (ICH/ICH0)
82801AA (ICH)					

Таблица 4.16. Микросхемы южного моста от компании Intel

Наименование микросхемы	SIO	PIIX	PIIX3	PIIX4	PIIX4E	ICH0	ICH	ICH2
Номер микросхемы	82378IB/ZB	82371FB	82371SB	82371AB	82371EB	82801AB	82801AA	82801BA
Поддержка IDE	Нет	BMIDE	BMIDE	UDMA-33	UDMA-33	UDMA-33	UDMA-66	UDMA-100
Поддержка USB	Нет	Нет	1C/2P	1C/2P	1C/2P	1C/2P	1C/2P	2C/4P
CMOS и часы	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Есть	
Поддержка ISA	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Поддержка LPC	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Управление питанием	SMM	SMM	SMM	SMM	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI

IDE — Integrated Drive Electronics (встроенный интерфейс накопителей).
SIO — System I/O (системный ввод-вывод).
PIIX — PCI ISA IDE (ATA) Xelerator (ускоритель шин PCI, ISA и IDE).
ICH — I/O Controller Hub (концентратор контроллера ввода-вывода).
ISA — Industry Standard Architecture bus (архитектура шины промышленного стандарта).
1C/2P — 1 контроллер/2 порта.
2C/4P — 2 контроллера/4 порта.
BMIDE — Bus Master IDE (контроллер шины IDE).
UDMA — Ultra-DMA IDE (режим Ultra-DMA шины IDE).
SMM — System Management Mode (режим управления системой).
USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).
ACPI — Advanced Configuration and Power Interface (расширенный интерфейс конфигурирования и электропитания).
LPC — Low Pin Count bus (шина с малым количеством проводников).

Таблица 4.17. Наборы микросхем Intel серии 8xx, представленные в 2000–2002 годах

Набор микросхем	850	850E	845	845E
Кодовое название	Tehama	Tehama-E	Brookdale	Brookdale-E
Дата появления	Ноябрь 2000 г.	Май 2002 г.	Сентябрь 2001 г. (SDRAM); январь 2002 г. (DDR)	Май 2002 г.
Номер микросхемы	82850	82850E	82845	82845E
Частота шины, МГц	400	400/533	400	400/533
Поддерживаемые процессоры	Pentium 4, Celeron	Pentium 4, Celeron	Pentium 4, Celeron	Pentium 4, Celeron
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	Двухканальная память RDRAM (PC800)	Двухканальная память RDRAM (PC800/1066)	PC133 SDRAM, DDR200/266 SDRAM	DDR200/266
Контроль четности/ECC	Оба	Оба	ECC	ECC
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	2	2 (PC800), 1,5 (PC1066)	2 (PC2100 DDR); 3 (PC133 SDRAM)	2
Банки памяти	2	2	2 (PC2100); 3 (PC133)	2
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	AGP 4x (1,5 В)	AGP 4x (1,5 В)	AGP 4x (1,5 В)	AGP 4x (1,5 В)
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	Нет
Южный мост	ICH2	ICH2	ICH2	ICH4

Седьмое и восьмое поколения микросхем системной логики для Pentium 4/D, Core 2, Core i

Поскольку процессоры Pentium 4 и Celeron для гнезд Socket 423 и Socket 478 представляли собой один и тот же процессор с различными объемами кэш-памяти и небольшими внутренними модификациями, один и тот же набор микросхем можно использовать с процессорами обоих типов. Процессор Pentium 4 для гнезда Socket 775 существенно отличается от своих предшественников; следовательно, основная часть семейства наборов микросхем 9*xx* поддерживает только процессоры Pentium 4 и Core 2 для гнезда Socket 775.

Характеристики наборов микросхем семейства 8*xx* Intel для процессоров Pentium 4 и Celeron 4 представлены в табл. 4.17 и 4.18. Эти наборы микросхем базируются на hub-архитектуре компании Intel, обеспечивающей скорость передачи данных 266 Мбайт/с между компонентами MCH/GMCH и ICH.

Процессоры Celeron D для настольных систем (наследники Celeron 4) были представлены после наборов микросхем, перечисленных в табл. 4.17, однако поддерживались наборами 845E, 845G, 845GE, 845PE и 845GV. Кроме того, они поддерживались наборами микросхем, перечисленными в табл. 4.18.

В табл. 4.19 перечислены микросхемы ICH, используемые в наборах микросхем Pentium 4/Celeron 4 компании Intel.

845GL	845G	850GE	845GV	845PE
Brookdale-GL	Brookdale-G	Brookdale-GE	Brookdale-GV	Brookdale-PE
Июль 2002 г.	Июль 2002 г.	Октябрь 2002 г.	Октябрь 2002 г.	Октябрь 2002 г.
82845GL	82845G	82845GE	82845GE	82845PE
400	400/533	400/533	400/533	400/533
Pentium 4, Celeron	Pentium4, Celeron	Pentium4, Celeron	Pentium4, Celeron	Pentium4, Celeron
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
PC133 SDRAM, DDR200/266 SDRAM	PC133 SDRAM, DDR200/266 SDRAM	DDR200/266 SDRAM	DDR200/266 SDRAM	DDR200/266 SDRAM
Нет	ECC	Нет	Нет	Нет
2	2	2	2	2
2	2	2	2	2
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Нет	4x (1,5 В)	4x (1,5 В)	Нет	4x (1,5 В)
Intel Extreme Graphics 200 МГц	Intel Extreme Graphics 200 МГц	Intel Extreme Graphics 266 МГц	Intel Extreme Graphics 200 МГц	Нет
ICH4	ICH4	ICH4	ICH4	ICH4

Таблица 4.18. Наборы микросхем Intel серии 8xx для Pentium 4/Celeron 4, представленные в 2003 году

Набор микросхем	848P	865P	865PE	865G	865GV	875
Кодовое название	Breeds Hill	Springdale-P	Springdale-PE	Springdale-G	Springdale-GV	Canterwood
Дата появления	Февраль 2004 г.	Май 2003 г.	Май 2003 г.	Май 2003 г.	Май 2003 г.	Апрель 2003 г.
Номер микросхемы	82848P	82865P	82865PE	82865G	82865GV	82875
Частота шины, МГц	800/533/400	533/400	800/533/400	800/533/400	800/533/400	800/533
Поддерживаемые процессоры	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	Двухканальная память DDR266/333/400	Двухканальная память DDR266/333	Двухканальная память DDR333/400	Двухканальная память DDR333/400	Двухканальная память DDR333/400	Двухканальная память DDR333/400
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	ECC
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	2	4	4	4	4	4
Банк памяти	2	2	2	2	2	2
Тип PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	AGP 8x	AGP 8x	AGP 8x	AGP 8x	Нет	AGP 8x
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	Intel Extreme Graphics 2	Intel Extreme Graphics 2	Нет
Поддержка Gigabit Ethernet (GbE)*	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Южный мост	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R

** Контроллер GbE подключен непосредственно к микросхеме MCH/GMCH, минуя шину PCI. За это отвечает специальная микросхема Gigabit Connection (Intel 82547E1).*

Таблица 4.19. Микросхемы I/O Controller Hub для наборов микросхем системной логики Pentium 4/Celeron 4

Наименование микросхемы	ICH0	ICH	ICH2	ICH4	ICH5	ICH5R
Номер микросхемы	82801AB	82801AA	82801BA	828201DB	828201EB	828201ER
Тип ATA	UDMA-33	UDMA-66	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100
Поддержка SATA	Нет	Нет	Нет	Нет	SATA-150	SATA-150
SATA RAID	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	RAID 0, RAID 1
Поддержка USB	1C/2P	1C/2P	2C/4P	3C/6P	4C/8P	4C/8P
USB 2.0	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
CMOS/системный таймер	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
Поддержка LPC	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Управление питанием	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 2.0	SMM/ACPI 2.0	SMM/ACPI 2.0
10/100 Ethernet	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да

ICH — I/O Controller Hub (микросхема контроллера ввода-вывода).
USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).
xC/xP — количество контроллеров/количество портов.
ISA — Industry-Standard Architecture (архитектура шины промышленного стандарта).
LPC — Low Pin Count (шина с малым количеством контактов).
SMM — System Management Mode (режим управления системой).
ACPI — Advanced Configuration and Power Interface (усовершенствованный интерфейс управления конфигурированием и энергопотреблением).

Таблица 4.20. Наборы микросхем семейства Intel 9xx для процессора Pentium 4

Набор микросхем	910GL	915P	915PL
Кодовое название	Grantsdale-GL	Grantsdale-P	Grantsdale-PL
Дата появления	Сентябрь 2004 г.	Июнь 2004 г.	Март 2005 г.
Номер микросхемы	828910GL	828915P	828915PL
Тактовая частота шины, МГц	533	800/533	800/533
Поддерживаемые процессоры	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D
Типы памяти	Двухканальная память DDR333/400	Двухканальная память DDR333/400, DDR2	DDR333/400
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем памяти, Гбайт	2	4	2
Поддержка PCI	PCI Express x1, PCI 2.3	PCI Express x1, x16, PCI 2.2	PCI Express x1, x16, PCI 2.3
Поддержка видео PCI Express x16	Нет	Да	Да
Интегрированное видео	Intel GMA 900	Нет	Нет
Южный мост (hub)	Семейство ICH6	Семейство ICH6	Семейство ICH6

1. Для поддержки памяти ECC необходимы микросхемы версий B-2 и выше.

Таблица 4.21. Наборы микросхем семейства Intel 9xx для процессоров Pentium D, Pentium Extreme Edition и Pentium 4

Набор микросхем	975X	955X
Кодовое название	Glenwood	Glenwood
Дата появления	Ноябрь 2005 г.	Апрель 2005 г.
Номер микросхемы	82975X	82955X
Тактовая частота шины, МГц	1066/800	1066/800
Поддерживаемые процессоры	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 with HT Tech (Socket 775)	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 with HT Tech (Socket 775)
Тип памяти	Двухканальная DDR2 667/533	Двухканальная DDR2 667/533
Контроль четности/ECC	ECC	ECC
Максимальный объем памяти, Гбайт	8	8
Поддержка PCI	PCI Express x1, x16, PCI 2.3	PCI Express x1, x16, PCI 2.3
Поддержка видео PCI Express x16	Да, два разъема	Да
Интегрированное видео	Нет	Нет
Южный мост (hub)	Семейство ICH7	Семейство ICH7

В середине 2004 года компания Intel представила новое семейство наборов микросхем 9xx для процессоров Pentium 4 и Celeron 4. Данные наборы с кодовыми названиями Grantsdale и Alderwood оптимизированы для использования совместно с процессором Pentium 4 Prescott, выпущенным в начале 2004 года. Это были первые наборы микросхем Intel, поддерживающие несколько новых технологий, в том числе память DDR2 и шину PCI Express для подключения видеоадаптеров и других высокоскоростных устройств ввода-вывода (таких, как сетевые адаптеры Gigabit Ethernet).

В 2005 году Intel представила свой первый двухъядерный процессор для настольных ПК (Pentium D), а также наиболее производительный одноядерный процессор Pentium Extreme Edition. Для поддержки данных процессоров, а также процессоров Pentium 4 с поддержкой технологии HT для гнезда Socket 775 были разработаны наборы микросхем 945, 955 и 975.

Поскольку развитие технологий предъявляет все более высокие требования к скорости передачи данных, семейство наборов микросхем 9*xx* базируется на улучшенной hub-архитектуре HI 1.5, которая использовалась в наборах микросхем семейства 8*xx*. Новая архитектура, известная как DMI (Direct Media Interface), обеспечивает скорость передачи данных до 1 Гбайт/с в каждом направлении. В табл. 4.20 перечислены наборы микросхем 9*xx* для процессоров Pentium 4, в табл. 4.21 — наборы микросхем 9xx для процессоров Pentium D, Core 2 и Pentium Extreme Edition (они также поддерживают процессоры Pentium 4), а в табл. 4.22 — микросхемы ввода-вывода ICH6 и ICH7, которые применяются в составе наборов микросхем 9xx.

915G	**915GV**	**915GL**	**925X**	**925XE**
Grantsdale-G	Grantsdale-GV	Grantsdale-GL	Alderwood	Alderwood-E
Июнь 2004 г.	Июнь 2004 г.	Март 2005 г.	Июнь 2004 г.	Ноябрь 2005 г.
828915G	828915GV	828915GL	82925X	82925XE
800/533	800/533	533	800/533	1066/800
Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D
Двухканальная память DDR333/400, DDR2	Двухканальная память DDR333/400, DDR2	Двухканальная память DDR333/400	DDR2	Двухканальная память DDR2 533/400
Нет	Нет	Нет	ECC[1]	Нет
4	4	4	4	4
PCI Express x1, x16, PCI 2.2	PCI Express x1, x16, PCI 2.2	PCI Express x1, x16, PCI 2.2	PCI Express x1, x16, PCI 2.2	PCI Express x1, x16, PCI 2.3
Да	Нет	Нет	Да	Да
Extreme Graphics 3	Extreme Graphics 3	Extreme Graphics 3	Нет	Нет
Семейство ICH6	Семейство ICH6	Семейство ICH6	Семейство ICH6	Семейство ICH6

Набор микросхем 915GL не поддерживает технологию HyperThreading. *GMA 900. Graphics Media Accelerator 900.*

945G	**945P**	**945PL**
Lakeport-G	Lakeport-P	Lakeport-PL
Май 2005 г.	Май 2005 г.	Март 2006 г.
82945G	82945P	82945PL
1066/800/533	1066/800/533	800/533
Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 with HT Tech (Socket 775)	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 with HT Tech (Socket 775)	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 with HT Tech (Socket 775)
Двухканальная DDR2 667/533/400l	Двухканальная DDR2 667/533/400	Двухканальная DDR2 533/400
---	---	---
4	4	4
PCI Express x1, x16, PCI 2.3	PCI Express x1, x16, PCI 2.3	PCI Express x1, x16, PCI 2.3
Да	Да	Да
Intel GMA 900	Нет	Нет
Семейство ICH7	Семейство ICH7	Семейство ICH7

Таблица 4.22. Микросхемы контроллера ввода-вывода для наборов микросхем семейства 9xx процессоров Pentium 4 от компании Intel

Название микросхемы	ICH6	ICH6R	ICH7	ICH7R	ICH8	ICH8R
Поддержка PATA*	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100	Нет	Нет
Поддержка SATA	1,5 Гбит/с, 4 устройства	1,5 Гбит/с, 4 устройства	3 Гбит/с, 4 устройства	3 Гбит/с, 4 устройства	3 Гбит/с, 4 устройства	3 Гбит/с, 6 устройства
SATA RAID	Нет	0, 1, 10	Нет	0, 1, 10, 5	Нет	0, 1, 10, 5
Порты USB 2.0	6	6	8	8	10	10
CMOS/часы	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поддержка PCI	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.1	PCI 2.3, PCIe 1.1
Количество линий PCI Express	4	4	4	6	6	6
Поддержка LPC	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Управление питанием	SMM/ACPI 1.0	SMM/ ACPI 1.0	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0
Ethernet	10/100	10/100	10/100	10/100	10/100/1000	10/100/1000
Аудио	HD Audio, AC '97	HD Audio, AC '97	HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio

** Один порт ATA поддерживает два накопителя ATA/IDE.*

ICH — I/O Controller Hub (контроллер ввода-вывода).

USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).

ATA — AT Attachment (IDE).

UDMA — Ultra-DMA ATA (режим Ultra-DMA шины IDE).

ISA — Industry-Standard Architecture bus (архитектура шины промышленного стандарта).

LPC — Low Pin Count (шина с малым количеством контактов).

SMM — System Management Mode (режим управления системой).

ACPI — Advanced Configuration and Power Interface (усовершенствованный интерфейс управления конфигурированием и энергопотреблением).

Matrix storage — технология RAID, которая позволяет создать два массива (0 и 1) при использовании всего двух накопителей.

Семейство Intel 915

Семейство наборов микросхем Intel 915, известное под кодовым названием Grantsdale, было представлено в 2004 году. К этому семейству относятся шесть наборов микросхем (910GL, 915PL, 915P, 915G, 915GV и 915GL), каждый из которых поддерживает новейшие процессоры Pentium 4 Prescott, выполненные по 0,09-микронной технологии. Данные наборы микросхем также поддерживают новое гнездо для установки процессоров LGA 775 (Socket T), описанное в главе 3. Эти наборы микросхем пришли на смену семейству наборов микросхем Intel 865 (Springdale).

Наборы микросхем 915P, 915G, 915GV, 915GL и 915PL поддерживают технологию HyperThreading, встроенную во все новые модели процессоров Pentium 4, а также частоту шины 800 МГц. Все три набора микросхем поддерживают двухканальную память DDR с частотой до 400 МГц, а также разъемы плат расширения PCI Express x1 и PCI 2.3. Наборы микросхем 915P, 915G и 915GV дополнительно поддерживают новый стандарт памяти DDR2 со скоростью до 533 МГц.

Наборы микросхем 915P и 915PL поддерживают разъем PCI Express x16 для установки высокоуровневых видеоадаптеров, а 915G, помимо этого, еще и оснащен интегрированным видеоадаптером Intel Graphics Media Accelerator 900 (ранее известным как Extreme Graphics 3). Наборы микросхем 915GV, 915GL и 910GL оснащены интегрированным видеоадаптером Intel Graphics Media Accelerator 900, но не поддерживают разъем PCI Express x16. Видеоадаптер Intel Graphics Media Accelerator 900 поддерживает часть функций DirectX 9, но не поддерживает вершинные шейдеры, в отличие от полностью DirectX-совместимых графических процессоров производства ATI и NVIDIA.

Набор микросхем 910GL — наиболее дешевый член семейства, который не поддерживает память DDR2, частоту шины 800 МГц, технологию HyperThreading, а также видеоадаптеры PCI Express x16. Он предназначен для использования в дешевых компьютерных системах на базе процессоров Intel Celeron и нового процессора Celeron D.

Все микросхемы MCH/GMCH из наборов семейства 915 используются с новыми микросхемами южного моста — ICH6 (см. табл. 4.22).

Семейство Intel 925X

Набор микросхем Intel 925X, до официального представления известный под кодовым названием Alderwood, выпущен в 2004 году. Он пришел на смену набору микросхем 875P (Canterwood). В отличие от наборов микросхем семейства 915, которые все еще поддерживают память DDR, набор 925X поддерживает только память DDR2. Набор микросхем 925X также поддерживает память ECC, в результате чего появляется возможность создания быстрой платформы для запуска критических приложений. Для дальнейшего повышения быстродействия также используется контроллер памяти улучшенной архитектуры.

Набор микросхем 925X поддерживает разъемы расширения PCI Express x1 и PCI Express x16 (видео), а также PCI 2.3. В качестве контроллера ввода-вывода используется семейство ICH6, заменившее собой южный мост (см. табл. 4.22).

В улучшенную версию этого набора микросхем — 925XE — добавлена поддержка процессорной шины 1066 МГц, однако она не поддерживает процессор Pentium 4 Extreme Edition и память с коррекцией ошибок ECC.

Семейство Intel 945 Express

Семейство наборов микросхем Intel 945 Express (кодовое название — Lakeport) выпущено в 2005 году и включает в себя наборы микросхем 945G, 945P и 945PL. Подобно 955X и 975X, это первые наборы микросхем от компании Intel, которые поддерживают новые двухъядерные процессоры Pentium D; при этом они также поддерживают процессоры Pentium 4 с реализацией технологии HT для гнезда Socket 775.

Наборы микросхем 945G и 945P нацелены на сегмент рынка высокопроизводительных ПК. Они поддерживают частоту шины до 1066 МГц и до 4 Гбайт двухканальной памяти DDR2 с частотой до 667 МГц (две пары модулей). Оба набора поддерживают видеоадаптеры PCI Express x16, однако набор микросхем 945G также содержит интегрированное графическое ядро Intel Graphics Media Accelerator 950.

Набор микросхем 945PL нацелен на так называемый сегмент массовых ПК; он поддерживает только два модуля памяти (одну пару в двухканальном режиме) с частотой до 533 МГц и объемом до 2 Гбайт. Также он поддерживает видеоадаптеры PCI Express x16.

Все члены семейства 945 содержат микросхему контроллера ввода-вывода ICH7 (см. табл. 4.22). Ниже перечислены отличия южных мостов ICH7 от южных мостов ICH6:

- поддержка жестких дисков Serial ATA 300 Мбайт/с;
- поддержка SATA RAID 5 и Matrix RAID (только микросхемой ICH7R);
- поддержка двух дополнительных портов PCI Express x1 (только микросхемой ICH7R).

Функции наборов микросхем 945G и 915G сравниваются на рис. 4.22.

Наборы микросхем Intel 955X и 975X

Семейство наборов микросхем Intel Glenwood было представлено в 2005 году и включало в себя наборы микросхем 955X и 975X. Как и семейство 945, это первые наборы микросхем Intel с поддержкой двухъядерных процессоров Pentium D, однако они также поддерживают очень производительный одноядерный процессор Pentium Extreme Edition и существующие процессоры Pentium 4 с технологией HT для гнезда Socket 775. Компания Intel относит данные наборы микросхем к сегменту производительных ПК и рабочих станций начального уровня.

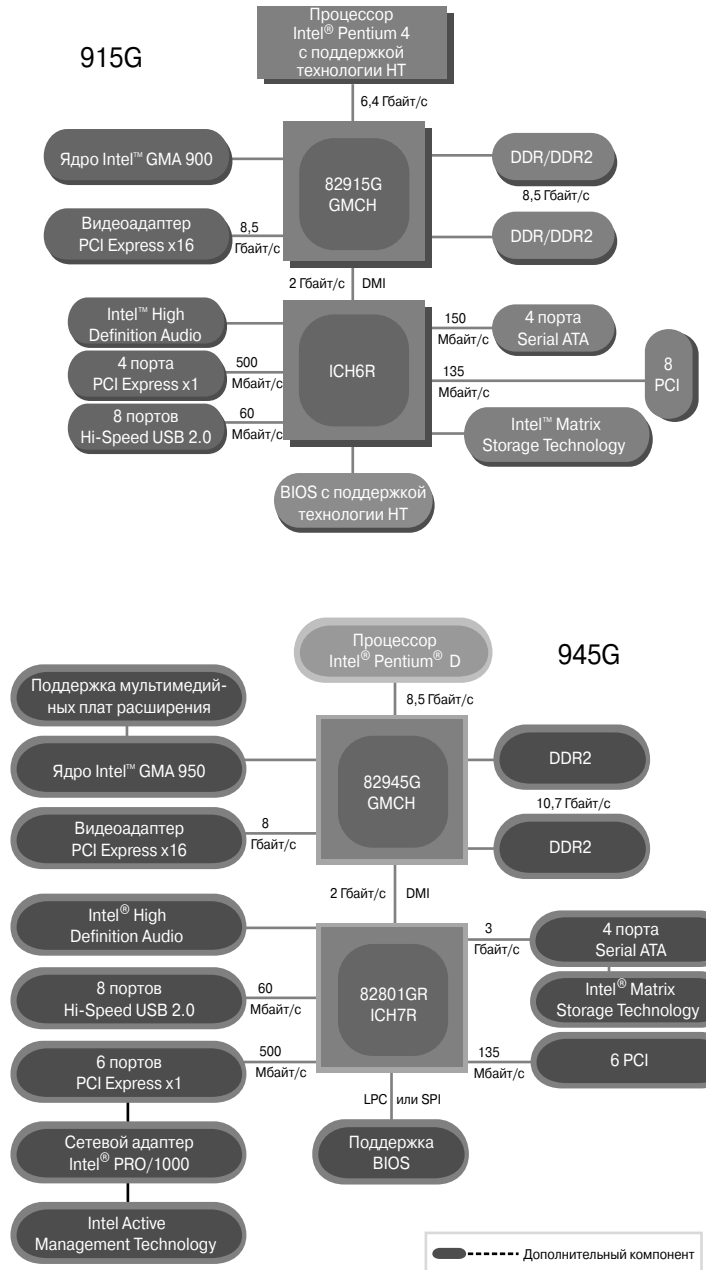


Рис. 4.22. Набор микросхем 915G (сверху) — это первый набор микросхем Intel с поддержкой PCI Express x16 и интегрированной графики. Набор микросхем 945G (снизу) обладает схожими характеристиками, но поддерживает более быстрое интегрированное ядро, более быстрые жесткие диски SATA, а также большее количество портов PCI Express x1

Хотя числовые обозначения данных наборов микросхем отличаются, их функции практически идентичны. Оба набора поддерживают частоты шины 800 и 1066 МГц, а также до четы-

рех модулей памяти DDR2 667/533 (по две пары модулей в двухканальном режиме) с максимальным объемом 8 Гбайт. Оба набора микросхем поддерживают память ECC (это обязательное требование для рабочих станций) и используют микросхему ICH7 в качестве контроллера ввода-вывода (см. табл. 4.22).

Наборы 955X и 975X отличаются только поддержкой видео. Набор микросхем 955X поддерживает один адаптер PCI Express x16, в то время как набор 975X — установку двух видеоадаптеров в режиме CrossFire.

Наборы микросхем Intel 96x

Семейство наборов микросхем Intel 96x было представлено в июне 2006 года и предназначено для поддержки процессоров Core 2 (включая двух- и четырехъядерные версии). В этом семействе было выпущено несколько моделей, и каждая из них отличается своими функциональными возможностями. Модели Q963 и Q965 являются базовыми; в них интегрирована видеосистема GMA 3000 (при этом модель Q965 поддерживает и разъем PCI Express x16, допускающий модернизацию графической системы) и поддержка быстродействующей памяти DDR2 с частотой 800 МГц. В модели P965 удалено интегрированное видео; она предназначена для тех, кто хочет использовать исключительно карты расширения PCI Express x16. И наконец, в модель G965 включены все функции всех остальных наборов микросхем семейства, при этом интегрирована улучшенная видеосистема GMA X3000 и внедрена поддержка разъема PCI Express x16. В табл. 4.23 перечислены основные характеристики наборов микросхем этого семейства.

Таблица 4.23. Наборы микросхем Intel 96x для процессоров Core 2

Характеристика	Q963	Q965	P965	G965
Кодовое название	Broadwater	Broadwater	Broadwater	Broadwater
Дата появления	Июнь 2006 г.	Июнь 2006 г.	Июнь 2006 г.	Июнь 2006 г.
Номер микросхемы	82Q963 GMCH	82Q965 GMCH	82P965 MCH	82Q965 GMCH
Поддерживаемые процессоры	Core 2, Pentium 4, Pentium D	Core 2, Pentium 4, Pentium D	Core 2, Pentium 4, Pentium D	Core 2, Pentium 4, Pentium D
Тактовая частота процессора, МГц	1066/800/533	1066/800/533	1066/800/533	1066/800/533
Максимальный объем памяти, Гбайт	8	8	8	8
Тип памяти	Двухканальная DDR2	Двухканальная DDR2	Двухканальная DDR2	Двухканальная DDR2
Тактовая частота памяти, МГц	667/533	800/667/533	800/667/533	800/667/533
Интегрированная графика	GMA 3000	GMA 3000	Нет	GMA X3000
Графический интерфейс	Нет	PCI Express x16	PCI Express x16	PCI Express x16
Контроллер ввода-вывода	ICH8	ICH8	ICH8	ICH8

Наборы микросхем 3x и 4x

Впервые представленное в июне 2007 года семейство наборов микросхем системной логики 3x (кодовое название — Bearlake) предназначено для поддержки двух- и четырехъядерных процессоров Core 2 с 0,065-микронным ядром Conroe и 0,045-микронным ядром Penryn. Наборы микросхем 4x были представлены в марте 2008 года; основные нововведения касались поддержки памяти DDR3, производительных PCIe 2.x, а также улучшенной интегрированной графики.

Одни наборы микросхем этих семейств содержат интегрированную графику, другие поддерживают технологию Clear Video, улучшающую воспроизведение видео и поддерживающую интерфейс HDMI (High Definition Media Interface).

Существует множество версий наборов микросхем семейств 3x и 4x, в том числе модели с интегрированным видео, поддержкой высоких частот шины и памяти, а также больших объемов памяти и разъемов для нее. В табл. 4.24-4.25 приведены характеристики наборов микросхем семейств 3x и 4x.

Таблица 4.24. Наборы микросхем Intel 3x

Набор микросхем	P31	G31	Q33
Кодовое название	Bearlake	Bearlake	Bearlake
Дата появления	Август 2007	Август 2007	Июнь 2007
Поддерживаемые процессоры	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core
Частота FSB, МГц	800/1066	800/1066/1333	800/1066/1333
Максимальный объем памяти, Гбайт	4	4	8
Режим памяти	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный
Тип и частота памяти	DDR2 667/800	DDR2 667/800	DDR2 667/800
Интегрированная графика	Нет	GMA 3100	GMA 3100
Внешняя графика	1 PCIe x16, 1 PCIe x4	1 PCIe x16	1 PCIe x16
Контроллер ввода-вывода	ICH7	ICH7	ICH9

Таблица 4.25. Наборы микросхем Intel 4x

Набор микросхем	G41	Q43	B43	G43
Кодовое название	Eaglelake	Eaglelake	Eaglelake	Eaglelake
Дата анонса	Сентябрь 2008	Сентябрь 2008	Деаабрь 2008	Июнь 2008
Поддерживаемые процессоры	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core
Частота FSB, МГц	800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333
Максимальный объем памяти, Гбайт	8	16	16	16
Режим памяти	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный
Тип и частота памяти	DDR3 800/1066, DDR2 667/800	DDR3 800/1066, DDR2 667/800	DDR3 800/1066/1333, DDR2 667/800/1066	DDR3 800/1066, DDR2 667/800
Интегрированная графика	GMA X4500	GMA X4500	GMA X4500	GMA X4500
Внешняя графика	1 PCIe x16	1 PCIe x16 2.0	1 PCIe x16 2.0	1 PCIe x16 2.0
Контроллер ввода-вывода	ICH7	ICH10	ICH10	ICH10

Таблица 4.26. Спецификации микросхем ICH (южных мостов) для наборов микросхем Intel 3x/4x/5x

Характеристики	ICH7	ICH7R	ICH8
Поддержка PATA*	UDMA-100	UDMA-100	No
Поддержка SATA	3 Гбит/с, 4 накопителя	3 Гбит/с, 4 накопителя	3 Гбит/с, 4 накопителя
SATA RAID	Нет	0, 1, 10, 5	Нет
Порты USB 2.0	8	8	10
CMOS/часы	Да	Да	Да
Поддержка PCI	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.0a	PCI 2.3, PCIe 1.1
Количество линий PCI Express	4	6	6
Поддержка LPC	Да	Да	Да
Управление питанием	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0
Ethernet	10/100	10/100	10/100/1000
Аудио	HD Audio	HD Audio	HD Audio

Наборы микрохем 3x и 4x представляют собой решения из двух компонентов, поэтому должны использоваться с соответствующей микросхемой ICH (I/O Controller Hub). Микросхема ICH содержит интерфейсы для портов SATA (опционально с поддержкой RAID), разъемов PCIe “не для видеоадаптеров”, портов USB, а также интегрированные контроллеры HD Audio и LAN. Основные сведения о микросхемах ICH для наборов микросхем семейств 3x и 4x представлены в табл. 4.26.

G33	Q35	G35	P35	X38
Bearlake	Bearlake	Bearlake	Bearlake	Bearlake
Июнь 2007	Июнь 2007	Август 2007	Июнь 2007	Сентябрь 2007
Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad/Extreme
800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333
8	8	8	8	8
Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный
DDR2 667/800	DDR2 667/800	DDR2 667/800	DDR3 800/1066/1333, DDR2 667/800/1066	DDR3 800/1066/1333, DDR2 667/800/1066
GMA 3100, Clear Video Technology	GMA 3100	GMA X3500, Clear Video Technology	No	No
1 PCIe x16	1 PCIe x16	1 PCIe x16	1 PCIe x16, 1 PCIe x4	2 PCIe x16 2.0
ICH9	ICH9	ICH8	ICH9	ICH9

P43	Q45	G45	P45	X48
Eaglelake	Eaglelake	Eaglelake	Eaglelake	Bearlake
Июнь 2008	Сентябрь 2008	Июнь 2008	Июнь 2008	Март 2008
Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad, Pentium Dual-Core	Core 2 Duo/Quad/Extreme, Pentium Dual-Core
800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333	800/1066/1333	1066/1333/1600
16	16	16	16	8
Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный	Двухканальный
DDR3 800/1066, DDR2 667/800	DDR3 800/1066, DDR2 667/800	DDR3 800/1066, DDR2 667/800	DDR3 800/1066/1333, DDR2 667/800/1066	DDR3 1066/1333/1600, DDR2 533/667/800/1066
Нет	GMA X4500	GMA X4500HD	Нет	Нет
1 PCIe x16 2.0	1 PCIe x16 2.0	1 PCIe x16 2.0	1 PCIe x16 2.0, 2 PCIe x8 2.0	2 PCIe x16 2.0
ICH10	ICH10	ICH10	ICH10	ICH9

ICH8R	ICH9	ICH9R	ICH10	ICH10R
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
3 Гбит/с, 6 накопителей	3 Гбит/с, 6 накопителей	3 Гбит/с, 6 накопителей	3 Гбит/с, 6 накопителей	3 Гбит/с, 6 накопителей
0, 1, 10, 5	Нет	0, 1, 10, 5	Нет	0, 1, 10, 5
10	12	12	12	12
Да	Да	Да	Да	Да
PCI 2.3, PCIe 1.1	PCI 2.3, PCIe 1.1	PCI 2.3, PCIe 1.1	PCI 2.3, PCIe 1.1	PCI 2.3, PCIe 1.1
6	6	6	6	6
Да	Да	Да	Да	Да
SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0b	SMM/ACPI 3.0b	SMM/ACPI 3.0b	SMM/ACPI 3.0b
10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000	10/100/1000
HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio

Наборы микросхем Intel 5x

Семейство наборов микросхем Intel 5x разработано для обеспечения поддержки процессоров Core i Series. Архитектура этих процессоров и наборов микросхем кардинально отличается от предыдущих разработок Intel и представляет новый уровень системной интеграции. На самом деле семейство 5x состоит из двух значительно отличающихся подсерий, примером первой из которых является набор X58 IOH (I/O Hub), представленный в ноябре 2008 года, а второй — P55 PCH (Platform Controller Hub), представленный в сентябре 2009 года.

Возможно, наибольшее различие между наборами микросхем семейства 5x и их предшественниками состоит в отсутствии контроллера памяти, который теперь является компонентом процессоров Core i Series. Размещение контроллера памяти в процессоре означает, что модули памяти напрямую взаимодействуют с процессором, не обращаясь к серверному мосту, что означает наличие выделенного канала для взаимодействия процессора и памяти. Хотя идея звучит прекрасно (и таковой, собственно, является), она не нова. Компания AMD впервые представила такой подход в процессорах Athlon 64 еще в 2003 году.

После интеграции контроллера памяти в процессор у северного моста остается лишь одна функция — обеспечение интерфейса для взаимодействия с разъемами для видеоадаптеров PCIe. Поскольку северный мост больше не содержит контроллер памяти, компания Intel изменила название микросхемы с MCH (Memory Controller Hub) на IOH (I/O Hub) для наборов микросхем 5x, поддерживающих процессоры LGA1366. На рис. 4.23 представлена блок-схема системы с процессором Core i Series в исполнении LGA1366 и системной платой на базе набора микросхем X58 Express. На блок-схеме также проиллюстрировано использование традиционной микросхемы ICH (I/O Controller Hub), обеспечивающей взаимодействие с SATA, USB и другими компонентами системы.

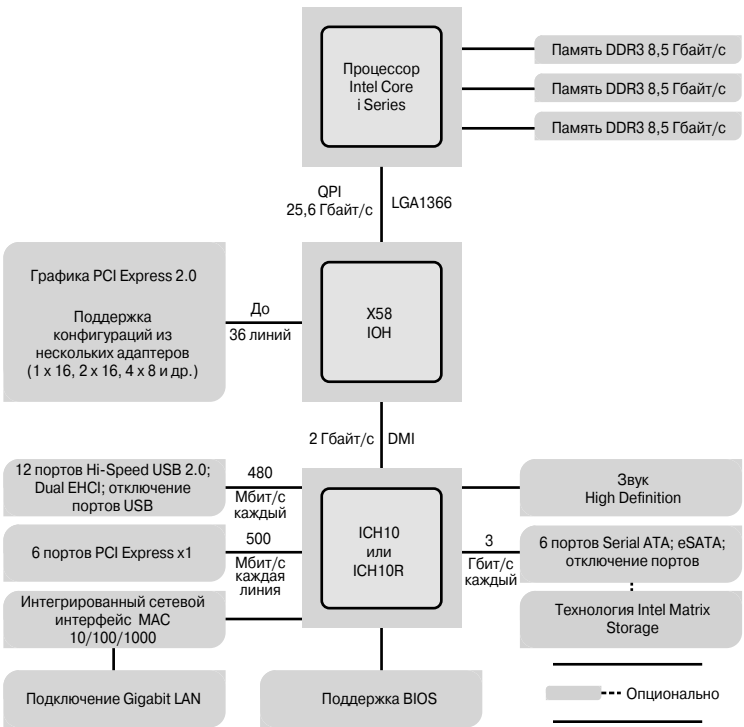


Рис. 4.23. Блок-схема системы с процессором Core i Series в исполнении LGA1366 и системной платой на базе набора микросхем X58 Express

В настоящее время единственным набором семейства 5x с поддержкой процессоров LGA1366 является набор микросхем X58 Express, основные характеристики которого приведены в табл. 4.27.

В случае систем с процессорами Core i Series в исполнении LGA1156 компания Intel еще больше развила данный подход, интегрировав в процессор не только контроллер памяти, но и видеоинтерфейс PCI Express. Фактически это означает, что Intel интегрировала в процессор

все функции северного моста, оставив для системной платы только микросхему южного моста. Новая микросхема выполняет те же функции, что и предыдущие решения, которые Intel называла ICH (I/O Controller Hub), однако для того чтобы подчеркнуть отличия от предыдущих решений, компания решила использовать для микросхемы название PCH (Platform Controller Hub).

Таблица 4.27. Набор микросхем Intel 5x для процессоров в исполнении Socket 1366

Набор микросхем	X58 Express
Кодовое название	Tylersburg
Дата анонса	Ноябрь 2008
Шифр компонента	82X58 (IOH)
Поддержка процессоров	Core i Series с гнездом LGA1366
Шина процессора (FSB)	6,4GTps QPI (25,6 Гбайт/с)
Интегрированная графика	Нет
Внешняя графика	2 PCIe 2.0 x16
Контроллер ввода-вывода	ICH10

На рис. 4.24 представлена блок-схема системы с процессором Core i Series в исполнении LGA11566 и системной платой на базе набора микросхем P55. На блок-схеме показано, что функциональность северного моста перенесена в процессор, из-за чего набор микросхем состоит из одной микросхемы южного моста (теперь этот компонент называется PCH).

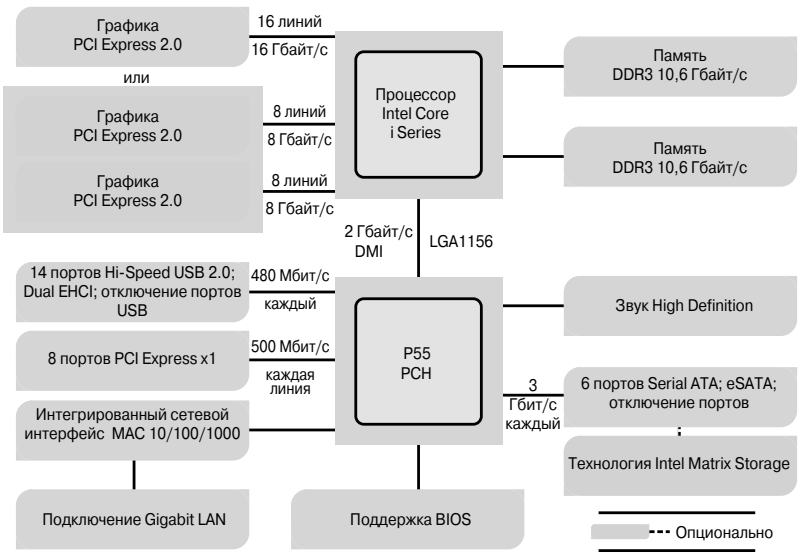


Рис. 4.24. Блок-схема системы с процессором Core i Series в исполнении LGA11566 и системной платой на базе набора микросхем P55

Встроив интерфейс внешнего видео непосредственно в процессор, компания Intel также разработала и процессоры с интегрированным графическим ядром. Некоторые из наборов микросхем семейства 5x (такие как H55, H57 и Q57) поддерживают интерфейс FDI (Flexible Display Interface), требующий наличия процессора Core i Series с интегрированным видеоадаптером. Благодаря использованию FDI видеосигналы передаются от интгерировнного в процессор видеоадаптера к микросхеме PCH, которая после этого реализует физический итерфейс для экрана (например, DisplayPort, HDMI, DVI и/или VGA). Характеристики наборов микросхем 5x для процессоров Core i Series в исполнении LGA1156 представлены в табл. 4.28.

Таблица 4.28. Наборы микросхем Intel 5x для процессоров Core i Series в исполнении Socket LGA1156

Набор микросхем	H55	P55	H57	Q57	P57
Кодовое название	Ibex Peak	Ibex Peak	Ibex Peak	Ibex Peak	Ibex Peak
Дата появления	Декабрь 2009	Сентябрь 2009	Декабрь 2009	Декабрь 2009	Декабрь 2009
Номер микросхемы	BD82H55 (PCH)	BD82P55 (PCH)	BD82H57 (PCH)	BD82Q57 (PCH)	BD82P57 (PCH)
Поддерживаемые процессоры	Core i для гнезда LGA1156	Core i для гнезда LGA1156	Core i для гнезда LGA1156	Core i для гнезда LGA1156	Core i для гнезда LGA1156
Шина процессора (FSB)	2.5 GTps DMI (2 Гбайт/с)	2.5 GTps DMI (2 Гбайт/с)	2.5 GTps DMI (2 Гбайт/с)	2.5 GTps DMI (2 Гбайт/с)	2.5 GTps DMI (2 Гбайт/с)
Интерфейс FDI	Да	Нет	Да	Да	Нет
Количество линий PCI Express	6 PCIe 2.0	8 PCIe 2.0	8 PCIe 2.0	8 PCIe 2.0	8 PCIe 2.0
Поддержка SATA	3,0 Гбит/с, 6 накопителей	3,0 Гбит/с, 6 накопителей	3,0 Гбит/с, 6 накопителей	3,0 Гбит/с, 6 накопителей	3,0 Гбит/с, 6 накопителей
Порты USB 2.0	12	14	14	14	14

Наборы микросхем системной логики сторонних производителей для процессоров Intel

Компании SiS, Uli (ныне NVIDIA), ATI и VIA производят наборы микросхем системной логики для процессоров Intel Pentium 4/D и Core 2.

Хотя наборы микросхем системной логики компании Intel занимают лидирующее положение на рынке, многие из наборов сторонних производителей поддерживают уникальные функции, заслуживающие особого внимания.

Наборы микросхем системной логики SiS

Компания SiS разработала несколько наборов микросхем для Pentium 4, включая интегрированные наборы, наборы для поддержки внешних видеоадаптеров или памяти стандарта RDRAM. В табл. 4.29–4.32 (Pentium 4) и в табл. 4.31 и 4.32 (Pentium D) приводятся подробные характеристики наборов микросхем SiS. В отличие от наборов микросхем, созданных для процессоров Pentium II/III/Celeron, в моделях для Pentium 4/D применяются высокоскоростные аналоги микросхемы южного моста (микросхемы Media I/O в моделях SiS96x) вместо реализации функций северного и южного мостов в одной микросхеме. Микросхемы северного и южного мостов для Pentium 4 соединены с помощью 16-разрядной шины MuTIOL (Multi-Threaded I/O Link), а не медленной шины PCI, как в более старых наборах микросхем.

Таблица 4.29. Микросхемы северного моста SiS для процессоров Pentium 4 (Socket 478) с частотой процессорной шины до 533 МГц

Набор микросхем	SiS650	SiS651	SiS645	SiS645DX
Частота шины, МГц	400	400/533	400	400/533
Поддержка HyperThreading	Нет	Да[1]	Нет	Да[1]
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC133, DDR266	PC100/133, DDR200/ 266/333	PC133, DDR200/ 266	PC133, DDR266/333
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	3	3	3	3
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	4x	4x	4x	4x
Интегрированная видеосистема	Да	Да	Нет	Нет
Южный мост	SiS961	SiS962	SiS961	SiS961
Быстродействие MuTIOL, Мбайт/с	533	533	533	533

1. Только модель B.

В табл. 4.30 перечислены микросхемы северного моста для процессоров Pentium 4, работающих на шине от 800 МГц.

Таблица 4.30. Микросхемы северного моста SiS для процессоров Pentium 4 (Socket 478) с частотой шины 800 МГц и больше

Набор микросхем	SiS648FX	SiS655FX	SiS655TX	SiS656	SiSR659	SiS661FX
Частота шины, МГц	800/400/533	800/400/533	800/400/533	800/400/533	800/400/533	800/400/533
Поддержка HyperThreading	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Тип ОЗУ	DDR400/333	Двухканальная DDR400/333	Двухканальная DDR400/333	Двухканальная DDR400/333, DDR-II	Четырехканальная RDRAM PC1200	DDR400/222/266
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	ECC	ECC	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	3	3	4	4	4	3
Тип PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Частота шины PCI, МГц/ разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Разъем видео	AGP 8x	AGP 8x	AGP 8x	PCI Express 16x	AGP 8x	AGP 8x
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Sis Mirage Graphics 32/64 Мбайт
Южный мост	SiS963L	SiS964/964L	SiS964/964L	SiS965/965L	SiS964/964L	SiS964/964L
Быстродействие MuTIOL, Гбайт/с	1	1	1	1	1	1

В табл 4.31 приведены наборы микросхем северного моста SiS, поддерживающие двухъядерный процессор Pentium D, а также процессоры Pentium 4 для гнезда Socket 775.

SiS648	SiS655	SiS R658	SiS 661GX
400/533	400/533	400/533	400/533
Да[1]	Да[1]	Да[1]	Да
Нет	Нет	Нет	Нет
DDR200/ 266/333	DDR266/ 333, двухканальная память	1066/800 RDRAM	DDR400/333/266
Нет	Нет	Нет	Нет
3	4	4	3
2.2/2.3[2]	2.2/2.3[2]	2.2/2.3[2]	2.2/2.3[2]
33/32	33/32	33/32	33/32
8x	8x	8x	8x
Нет	Нет	Нет	Mirage (DirectX 7.0; 64 Мбайт)
SiS963	SiS963	SiS963	SiS963, Sis964
1000	1000	1000	1000

2. PCI 2.2 — при использовании SiS963, PCI 2.3 — при использовании SiS964.

Таблица 4.31. Микросхемы северного моста компании SiS для процессоров Pentium D и Pentium 4 (Socket 775)

Набор микросхем	SiS649	SiS649FX	SiS656	SiS656FX	SiS661FX
Частота шины, МГц	800/533/ 400	1066	800/533/ 400	1066/800/533/400	800/400/533
Поддержка HyperThreading	Да	Да	Да	Да	Да
SMP (двухпроцессорная конфигурация)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Тип памяти	Одноканальная DDR2 533/400, DDR400/222/266	Одноканальная DDR2 667, DDR 400	Двухканальная DDR2 667/533/400	Двухканальная DDR2 667/533/400	Одноканальная DDR 400/222/266
Поддержка четности/ECC	Нет	Нет	ECC	ECC	Нет
Максимальный объем памяти, Гбайт	2	2	4	4	3
Поддержка PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Частота шины PCI, МГц /разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип видеоадаптера	PCI Express x16	PCI Express x16	PCI Express x16	PCI Express x16	AGP 8x
Интегрированный видеоадаптер	Нет	Нет	Нет	Нет	SiS Mirage Graphics 64MB
Южный мост (South Bridge)	SiS965, 966 series	SiS965, 966 series	SiS965, 966 series	SiS965, 966 series	SiS964/964L
Быстродействие MuTIOL, Гбайт/с	1	1	1	1	1

В табл. 4.32 приведены характеристики южных мостов SiS Media I/O, которые упоминаются в табл. 4.29–4.31.

Наборы микросхем системной логики ULi для Pentium 4

Компания ULi (ранее известная как ALi Corporation и Acer Laboratories, а позднее купленная компанией NVIDIA) разработала несколько наборов микросхем для процессоров Pentium 4/Celeron 4. В табл. 4.33 и 4.34 приводятся подробные характеристики этих моделей наборов микросхем.

В табл. 4.34 приведены сведения о микросхемах южного моста, которые используются в наборах микросхем компании ULi Electronics для процессоров Pentium 4; эти же южные мосты используются и в наборах микросхем ULi для процессоров Athlon XP и Athlon 64.

Таблица 4.32. Микросхемы SiS Media I/O (южный мост) для процессоров Intel и AMD

Микросхема южного моста	USB	Порты USB	ATA	Количество портов SATA	Поддерживаемые уровни RAID
SiS961	1.1	6	33/66/100	---	---
SiS961B	1.1	6	33/66/100/133	---	---
SiS962	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	---
SiS962L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	---
SiS963	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	---
SiS963L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	---
SiS964	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, 0+1, JBOD
SiS964L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	---	---
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4	0, 1, 0+1, JBOD
SiS965L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD
SiS966	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4[1]	0, 0+1, 1, JBOD
SiS966L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD

1. Два порта поддерживают режим AHCI.

HDA — High-Definition Audio (звук высокой четкости). *JBOD — Just a Bunch Of Disks (группа жестких дисков).*

Таблица 4.33. Наборы микросхем ALi для Pentium 4

Набор микросхем	ALADDiN-P4	M1681	M1683	M1685
Микросхема северного моста	M1671	M1681	M1683	M1683
Частота шины, МГц	400	400/533[1]	800/533/400	800/533/400
Поддержка технологии HyperThreading	Нет	Да	Да	Да
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC100/133, DDR200/266/333	PC100/133, DDR200/266/333/400	PC133, DDR266/333/400	DDR266/333/400, DDR2 400/53/667
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	3	3	4	3,5
Тип PCI	2.2	2.3	2.3	2.3
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32
Разъем видео	AGP 4x	AGP 8x	AGP 8x	PCI Express 16x
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	Нет
Южный мост	M1535	M1563	M1563	M1563
Шина HyperTransport	Нет	400 Мбайт/с	400 Мбайт/с	800 Мбайт/с

1. Также поддерживаются процессоры с технологией HyperThreading.

Таблица 4.34. Микросхемы южного моста ALi для процессоров Pentium 4, Athlon XP и Athlon 64

Микросхема южного моста	USB	Порты USB	ATA	SATA	SATA RAID	Аудиосистема	Программный модем	10/100 Ethernet	Super I/O	PCI Express
M1535D	1.1	4	33/66	---	---	Стерео AC'97	Да	Нет	Да	Нет
M1535D+	1.1	6	33/66/100/133	---	---	Шестиканальная AC'97	Да	Нет	Да	Нет
M1563[1]	2.0	6	66/100/133	---	---	Шестиканальная AC'97, SPDIF	Да	Да	Да	Нет
M1567[2]	2.0	8	66/100/133	150	---	7.1-канальная HDA	Да	Да	Да	Да
M1573[2]	2.0	8	66/100/133	150	---	7.1-канальная HDA	Да	Да	Да	Да
M1575[2]	2.0	8	66/100/133	300	0, 1, 0+1, 5, JBOD	7.1-канальная HDA	Да	Да	Да	Да

1. Интегрированные интерфейсы Memory Stick и SD (Secure Digital), поддержка AMD Athlon 64/Opteron/Mobile Athlon 64.

2. Поддержка процессоров Pentium 4 и AMD Athlon 64, а также северных мостов от сторонних компаний, например ATI Radeon Xpress 200.

Аудиосистема	10/100 Ethernet	Gigabit Ethernet	HomePNA 1.0/2.0	IEEE-1394	PCI Express x1	Тактовая частота шины MuTIOL, МГц
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Да	Нет	266
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Да	Нет	533
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	533
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	1000
AC'97, многоканальная, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	1000
AC'97, многоканальная, стандарт 7.1	Да	Да	Да	Нет	Да	1000
AC'97, многоканальная, стандарт 7.1	Да	Нет	Да	Нет	Да	1000
AC'97, многоканальная, стандарт 7.1 HDA	Да	Да	Да	Нет	Да	1000
AC'97, многоканальная, стандарт 7.1 HDA	Да	Нет	Да	Нет	Да	1000

Наборы микросхем системной логики ATI

Наборы микросхем компании ATI для процессоров Pentium 4 (основанные на архитектуре "северный/южный мост") поддерживают интегрированную графическую систему Radeon VE, аппаратное воспроизведение DVD и одновременную работу двух мониторов. Микросхемы северного и южного мостов взаимодействуют посредством эффективного соединения A-Link.

Микросхемы северного моста Radeon IGP для процессоров Pentium 4 включали семейство ATI A4, состоящее из микросхем IGP 330 и IGP 340.

Radeon 9x00 IGP — это уже второе семейство наборов микросхем ATI для процессоров Pentium 4. Северный мост 9x00 IGP предлагает графическое ядро уровня Radeon 9200 с аппаратной поддержкой DirectX 8.1 и нескольких мониторов. Южный мост IXP 300 поддерживает Serial ATA и USB 2.0, а также шестиканальный звук. К семейству Radeon 9x00 IGP относятся микросхемы Radeon 9100 IGP, Radeon 9100 Pro IGP и Radeon 9000 Pro IGP

К линейке наборов микросхем ATI для процессоров Pentium 4 относятся RC410 (с интегрированным видеоадаптером Radeon X300 3D) и RS400 (с интегрированным видеоадаптером Radeon X300 3D и поддержкой видеоадаптеров PCI Express x16). Оба набора продаются под маркой Radeon Xpress 200. Хотя в прошлом компания ATI выпускала и микросхемы южного моста, северный мост Radeon Xpress 200 можно использовать в паре с такими микросхемами, как ATI IXP 450 или ULi M157x. К южным мостам ATI относятся такие микросхемы, как IXP 150, IXP 200, IXP 250, IXP 300, IXP 400 и IXP 450.

В табл. 4.35 представлены характеристики микросхем северного моста, а в табл. 4.36 — микросхем южного моста, используемых в наборах микросхем ATI для процессоров Pentium 4. Микросхемы Radeon IGP 330 и Radeon IGP 340 не нашли широкого применения в настольных компьютерах, и сейчас их производство прекращено.

Таблица 4.35. Микросхемы Radeon IGP (северный мост) для Pentium 4

Набор микросхем	Radeon IGP 330	Radeon IGP 340	Radeon 9100/Pro[1] IGP	Radeon 9000 Pro IGP	Radeon Xpress 200 (RS 400)	Radeon XPress 200 (RC 410)
Частота шины, МГц	400	400/533	400/533/800	400/533/800	400/533/800	400/533/800
Поддержка технологии HyperThreading	Нет	Нет	Да	Да	Да	Да
Типы ОЗУ	DDR200/266	DDR200/266/333	DDR333/400, двухканальная память	DDR333/400	DDR333/400, DDR2 400/533/667	DDR333/400, DDR2 400/533/667
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	1	1	4	4	4	4
Тип PCI	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	4x	4x	8x	8x	Нет	Нет
PCI Express x16	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Интегрированная видеосистема	Radeon VE[2]	Radeon VE[2]	Radeon 9200[3,4]	Radeon 9200[3,4]	Radeon X300	Radeon X300
Скорость соединения NB/SB, Мбайт/с	266	266	266	266	800	800
Тип соединения NB/SB	A-Link	A-Link	A-Link	A-Link	HyperTransport	HyperTransport

1. Версия PRO обеспечивает более высокое быстродействие в режиме AGP 8x, повышенное быстродействие памяти, а также улучшенную совместимость с памятью DDR400.

2. Фактически это ядро ATI Radeon 7000 с поддержкой двух мониторов.

3. Только два графических конвейера; дискретный графический процессор Radeon 9200 содержит четыре конвейера.

4. Поддержка технологии ATI SurroundView, позволяющей подключить третий монитор при установке адаптера ATI в разъем AGP. Некоторые системные платы не поддерживают данную технологию.

Таблица 4.36. Микросхемы южного моста ATI для Pentium 4

Микросхема южного моста	USB	Количество портов USB	ATA	Аудиосистема	10/100 Ethernet	Соединение NB/SB
IXP 150	2.0	6	ATA100	AC'97, 2.3; 6-канальная	3Com	A-Link
IXP 200/250[1]	2.0	6	ATA100	AC'97, 2.3; 6-канальная	3Com	A-Link
IXP 300	2.0	8	ATA133, 2 SATA	AC'97, 2.3; 6-канальная	3Com	A-Link
IXP 400 (SB400)	2.0	8	ATA133, 4 SATA	AC'97, 2.3; 6-канальная	3Com	A-Link
IXP 450	2.0	8	ATA133, 2 SATA	AC'97, 2.3; 8-канальная	Realtek 8101L	HyperTransport 800 МГц

1. Микросхема IXP 250 идентична IXP 200 и поддерживает технологии WOL (Wake On LAN), DMI (Desktop Management Interface), MBA (Manage Boot Agent) и ASF (Alert Standards Forum).

Наборы микросхем системной логики VIA

Хотя компания VIA производит разнообразные модели наборов микросхем для процессоров Core 2 и Pentium 4, она первоначально не имела лицензии Intel на процессорный интерфейс. Это замедлило применение наборов микросхем VIA производителями системных плат до момента заключения договоренности между компаниями Intel и VIA в апреле 2003 г. После достижения договоренности между VIA и Intel наборы микросхем от VIA используются многими производителями материнских плат.

В табл. 4.37 и 4.38 представлены характеристики наборов микросхем VIA для Pentium 4, включая наборы микросхем с интегрированной видеосистемой ProSavage.

Таблица 4.37. Наборы микросхем VIA для Pentium 4 с частотой шины до 533 МГц

Набор микросхем	P4X266	P4X266A	P4X266E	P4M266	P4X400 (P4X333)	P4X400A	P4X533
Северный мост	VT8753	VT8753A	VT8753E	VT8751	VT8754	VT8754CE	P4X533
Частота шины, МГц	400	400	400/533	400	400/533	400/533	400/533
Поддержка технологии HyperThreading	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC100/133, DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266/ 333	DDR266/ 333/400	DDR200/ 266/ 333
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет	ECC	ECC	ECC
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	4	4	4	4	16	16	16
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]
Тип AGP	4x	4x	4x	4x	8x	8x	8x
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	S3 Graphics ProSavage8 3D	Нет	Нет	Нет
Южный мост	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A, VT8235	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8235	VT8235	VT8237
Быстродействие V-link, Мбайт/с	266	266	266	266	533	533	533

1. Поддержка 64-разрядной шины PCI, работающей с частотой 66 МГц при использовании дополнительной микросхемы VPX-64 (VT8101).

В табл. 4.39 представлены характеристики микросхем южного моста, применяемых в наборах микросхем системной логики VIA для процессоров Pentium 4. Стоит отметить, что аналогичные микросхемы используются в наборах микросхем VIA для процессоров Athlon. Во всех наборах микросхем VIA внедрен высокоскоростной интерфейс V-link между микросхе-

мами северного и южного мостов, которые подключены к микросхеме VT1211 LPC или ее аналогу — микросхеме Super I/O. При этом обеспечивается поддержка последовательных, инфракрасных и параллельных портов, а также дисковода для гибких дисков.

Таблица 4.38. Наборы микросхем VIA для Pentium 4 с частотой шины 800 МГц

Набор микросхем	PT800	PM800	PM800 Pro	PT880	PT880 Ultra	PT894	PT894 Pro
Северный мост	PT800	PM800	PM800 Pro	PT880	PT880 Ultra	PT894	PT894 Pro
Частота шины, МГц	400/533/800	400/533/800	400/533/800	400/533/800	533/800/1066	400/533/800/ 1066	400/533/800/ 1066
Поддержка технологии HyperThreading	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	DDR266/ 333/400	DDR266/ 333/400	DDR266/333/ 400; DDR2 533/400	DDR266/333/ 400, двухканальная память	DDR266/333/ 400, DDR2 400/533, двухканальная память	DDR266/333/ 400, DDR2 400/533, двухканальная память	DDR266/333/ 400, DDR2 400/533, двухканальная память
Контроль четности/ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	16	16	16	16	16	16	16
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]	33/32[1]
Тип AGP	8x	8x	8x	8x	8x	Нет	Нет
PCI Express	Нет	Нет	Нет	Нет	x4	x16	x16, x4
Интегрированная видеосистема	Нет	S3 UniChrome Pro[2]	S3 UniChrome Pro[2]	Нет	Нет	Нет	Нет
Южный мост	VT8237	VT8237	VT8237	VT8237	VT8237R	VT8237R	VT8237R
Быстродействие V-link, Мбайт/с	533	533	1066	1066	1066	1066	1066

1. Поддержка шины PCI 66 МГц/64 бит при использовании дополнительной микросхемы VPX-64 (VT8101).

2. Ядро The UniChrome Pro поддерживает подключение двух мониторов, микросхему RAMDAC 350 МГц, улучшенные средства воспроизведения DVD и DirectX 7/8/9.

Таблица 4.39. Микросхемы южного моста VIA для Pentium 4

Микросхема южного моста	USB	Количество портов USB	ATA	Поддержка SATA	Поддержка RAID SATA	PCI Express	Аудиосистема	10/100 Ethernet	HomePNA	Быстродействие V-link, Мбайт/с
VT8233	1.1	6	33/66/100	Нет	---	Нет	AC'97, 6-канальная[1]	Да	Да	266
VT8233A	1.1	6	33/66/100/ 133	Нет	---	Нет	AC'97, 6-канальная[1]	Да	Нет	266
VT8233C	1.1	6	33/66/100/ 133	Нет	---	Нет	AC'97, 6-канальная[1]	Да[2]	Нет	266
VT8235	2.0	6	33/66/100	Нет	---	Нет	AC'97, многоканальная, стандарт 5.1[1]	Да	Нет	533
VT8237R[5,6]	2.0	8	33/66/100	SATA-150	0,1[7]		AC'97, многоканальная, стандарт 5.1[1,4]	Да	Нет	1066
VT8251	2.0	8	33/66/100	SATA-300[7]	0,1, 0+1, 5	x2 или 2 X1	AC'97, многоканальная, стандарт 7.1	Да	Нет	1066

1. Аудиосистема представлена интегрированной в системную плату отдельной микросхемой аудиодекодера; также поддерживается программный модем MC'97.
2. Порт 3Com 10/100 Ethernet.
3. 4 порта SATA с дополнительным интерфейсом SATALite.
4. Поддержка 8-канального (7.1) звука при использовании дополнительного контроллера VIA Envy 24PT с интерфейсом PCI.
5. Возможно использование с микросхемами северного моста, поддерживающими скорость передачи данных 533 Мбайт/с. При использовании интерфейса SATALite возможна поддержка RAID 0+1.
6. Изначально данная микросхема называлась VT8237.
7. Поддержка RAID 0+1 при наличии SATALite.
8. Поддержка технологии NCQ (Native Command Queuing).

Наборы микросхем системной логики для процессоров Athlon

Первый процессор AMD Athlon устанавливался в разъем Slot A; последующие версии процессоров производства компании AMD (такие, как Atyhlon XP, Duron и частично Semprom) предназначены для гнезда Socket A. Несмотря на общее сходство с Pentium III и Celeron, процессорам AMD необходимы собственные наборы микросхем. Вначале единственным поставщиком микросхем для процессоров Athlon была сама компания AMD, но в последнее время компании VIA Technology, ULi Electronics, SiS и NVIDIA представили большое количество наборов микросхем, обладающих разнообразными возможностями. Об этих наборах и пойдет речь в следующих разделах.

Наборы микросхем системной логики AMD

Компания AMD разработала два набора микросхем системной логики для процессоров Athlon и Duron: AMD-750 и AMD-760/MP/MPX. Их основные свойства приведены в табл. 4.40, а более подробно эти наборы описаны в следующих разделах.

Таблица 4.40. Наборы микросхем для процессоров AMD Athlon/Duron на основе архитектуры северного/южного моста

Набор микросхем	AMD-750	AMD-760
Кодовое название	Irongate	Нет
Дата появления	Август 1999 г.	Октябрь 2000 г.
Номер микросхемы	AMD-751	AMD-761
Тактовая частота шины, МГц	200	200/266
Оптимальный процессор	Athlon/Duron	Athlon/Duron
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Да
Тип памяти	SDRAM	DDR SDRAM
Тактовая частота памяти	PC100	PC1600/PC2100
Контроль четности/ECC	Оба	Оба
Максимальный объем памяти	768 Мбайт	2 Гбайт буферизированной и 4 Гбайт регистровой
Поддержка PCI	2.2	2.2
Поддержка AGP	AGP 2x	AGP 4x
Южный мост	AMD-756	AMD-766
Поддержка ATA/IDE	ATA-66	ATA-100
Поддержка USB	1C/4P	1C/4P
CMOS/часы	Да	Да
Поддержка ISA	Да	Нет
Поддержка LPC	Нет	Нет
Управление питанием	SMM/ACPI	SMM/ACPI

AGP — Accelerated Graphics Port (ускоренный графический порт).
LPC — Low Pin Contact (шина с уменьшенным количеством контактов).
ATA — Advanced Technology Attachment (IDE) (интерфейс передовой технологии).
PCI — Peripheral Component Interconnect (шина взаимодействия периферийных компонентов).
DDR-SDRAM — Double Data Rate SDRAM (SDRAM с удвоенной скоростью).
SDRAM — Synchronous Dynamic RAM (синхронная динамическая память).
ECC — Error Corection Code (код коррекции ошибок).
SMP — Symmetric Multiprocessing (симметрическая многопроцессорная система).
ISA — Industry Standard Architecture (архитектура промышленного стандарта).
USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).

Наборы микросхем системной логики VIA для AMD

Компания VIA Technologies, Inc. является крупнейшим поставщиком процессоров и наборов микросхем после Intel и AMD. Она была основана в 1987 году в городе Тайбей (Тайвань) и сегодня является ведущей конструкторской компанией на острове, которая занимается разработкой интегральных схем. VIA Technologies не имеет собственных производственных мощностей, т.е. производство микросхем передано компаниям, имеющим технологические участки изготовления интегральных микросхем. В 1999 году компания VIA приобрела у National Semiconductor отдел по разработке процессоров Cyrix, а у компании IDT — отдел процессоров Centaur, став таким образом поставщиком не только микросхем, но и процессоров. В целях интегрирования графических функций в различные наборы микросхем VIA Technologies создала совместное предприятие с компанией SonicBLUE (бывшей S3). Эта компания получила название S3 Graphics, Ltd.

Компания VIA Technologies создает наборы микросхем системной логики для процессоров Intel, AMD и Cyrix (VIA). В табл. 4.41 приведены основные параметры наборов микросхем для процессоров Athlon/Duron, использующих традиционную архитектуру "северный/южный мост".

Таблица 4.41. Наборы микросхем процессоров VIA Athlon/Duron (архитектура "северный/южный мост")

Набор микросхем	Apollo KX133	Apollo KT133	Apollo KT133A	Apollo KLE133	ProSavage KM133
Дата появления	Август 1999 г.	Июнь 2000 г.	Декабрь 2000 г.	Март 2001 г.	Сентябрь 2000 г.
Северный мост	VT8371	VT8363	VT8363A	VT8361	VT8365
Поддерживаемый процессор	Athlon	Athlon/Duron	Athlon/Duron	Athlon/Duron	Athlon/Duron
Интерфейс процессора	Slot A	Socket A (462)	Socket A (462)	Socket A (462)	Socket A (462)
Тактовая частота процессора, МГц	200	200	200/266	200/266	200/266
AGP	4x	4x	4x	Нет	4x
Интегрированное видео	Нет	Нет	Нет	Да	S3 Savage 4
Спецификация PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Тип памяти	SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM
Частота памяти, МГц	PC 133	PC 133	PC 100/133	PC 100/133	PC 100/133
Максимальный объем памяти, Гбайт	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Южный мост	VT82C686A	VT82C686A	VT82C686B	VT82C686B	VT8231
ATA/IDE	ATA-66	ATA-66	ATA-100	ATA-100	ATA-100
Порт USB	1C4P	1C4P	1C4P	1C4P	1C4P
Управление питанием	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI
Super I/O	Да	Да	Да	Да	Да
CMOS/часы	Да	Да	Да	Да	Да
Количество контактов	552	552	552	552	552

Таблица 4.42. Наборы микросхем VIA с шиной V-link для процессоров Duron/Athlon XP

Набор микросхем	Apollo KT266	Apollo KT266A	Apollo KT333	ProSavage KM266
Северный мост	VT8366	VT8633A	VT8753E	VT8375
Частота шины, МГц	200/266	200/266	200/266/333	200/266
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC100/133, DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266/333	PC100/133, DDR200/266
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	4	4	4	4
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	4x	4x	4x	4x
Интегрированная видеосистема	Нет	Нет	Нет	S3 Graphics ProSavage8 3D
Южный мост	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A, VT8235	VT8233, VT8233C, VT8233A
Быстродействие V-link, Мбайт/с	266	266	266	266
Количество контактов	552	552	552	552

Не так давно компания VIA разработала новую архитектуру V-Link, представляющую собой быстродействующее выделенное соединение между микросхемами северного и южного мостов. Архитектура V-Link подобна hub-архитектуре Intel, а также технологиям HyperTransport (используемой в наборах микросхем Ali, NVIDIA и ATI) и A-Link (ATI). Технология V-Link также применяется в наборах микросхем VIA, предназначенных для Pentium 4. В табл. 4.42 представлены характеристики наборов микросхем, поддерживающих архитектуру V-link и технологию V-MAP (VIA Modular Architecture Platform). Наравне с наборами микросхем VIA для Pentium 4 компоненты V-MAP имеют контактные выводы, совместимые с микросхемами северного и южного мостов с шиной V-link. Это позволяет поставщикам системных плат, основываясь на единой архитектуре, расширять функциональные возможности выпускаемых моделей плат. Информация о южных мостах VIA для процессов Athlon представлена в табл. 4.43.

Таблица 4.43. Микросхемы южного моста VIA для процессоров Athlon/Duron/Athlon XP

Микросхема южного моста	USB	Количество портов USB	ATA	Аудиосистема	10/100 Ethernet	HomePNA	Быстродействие V-link, Мбайт/с (поддержка SATA RAID, количество контактов)
VT8233	1.1	6	33/66/100	AC'97, 6-канальная[1]	Да	Да	266 (376)
VT8233A	1.1	6	33/66/100/133	AC'97, 6-канальная[1]	Да	Нет	266 (376)
VT8233C	1.1	6	33/66/100/133	AC'97, 6-канальная[1]	Да[2]	Нет	266 (376)
VT8235CE	2.0	6	33/66/100	AC'97, 6-канальная[1]	Да	Нет	533 (539)
VT8237[4]	2.0	6	33/66/100/133; Serial ATA; дополнительно SATA RAID	AC'97, 6-канальная[1,3]	Да	Нет	533 (0, 1, JBOD[5], 539)

1. Аудиосистема представлена интегрированной в системную плату отдельной микросхемой аудиодекодера; также поддерживается программный модем MC'97.
2. Порт 3Com 10/100 Ethernet.
3. Поддержка четырех портов SATA при использовании дополнительного интерфейса SATALite. Допускается использование с микросхемами северного моста, поддерживающими соединение Ultra V-Link (1066 Мбайт/с).
4. Поддержка 8-канального (7.1) звука при использовании дополнительного контроллера VIA Envy 24PT с интерфейсом PCI.5. Поддержка RAID 0+1 при использовании интерфейса SATALite.
5. Может также использоваться с северным мостом, поддерживающим шину Ultra V-Link со скоростью 1066 Мбайт/с (VT8237).

Apollo KT400	UniChrome KM400	Apollo KT400A	VIA KT600	KT880
VT8377	KM400	VT8377A	KT600	KT600
200/266/333	200/266/333	200/266/333	266/333/400	266/333/400
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
DDR200/266/333	DDR200/266/333	DDR200/266/ 333/400	DDR200/266/333/400	DDR200/266/333/400, двухканальная память
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
4	4	4	4	8
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
8x	8x	8x	8x	8x
Нет	S3 Graphicss UniChrome	Нет	Нет	Нет
VT8235	VT8235CE, VT8237	VT8235CE, VT8237	VT8237	VT8237
533	533	533	533	533
664	552	664	664	806

Наборы микросхем системной логики SiS для процессоров AMD

Компанией SiS создан целый ряд наборов микросхем для процессоров Athlon, Duron и Athlon XP (табл. 4.44 и 4.45).

Таблица 4.44. Наборы микросхем SiS для процессоров Athlon/Duron/Athlon XP

Набор микросхем	SiS730S	SiS740	SiS733	SiS735	SiS745
Частота шины, МГц	200/266	266	200/266/333	200/266	266
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC133 SDRAM	PC133, DDR266	PC133	PC133, DDR266	DDR266/ 333
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	1,5	1,5	1,5	1,5	3
Технология HyperStreaming	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	4x	Нет	4x	4x	4x
Интегрированная видеосистема	Да[1]	Да[2]	Нет	Нет	Нет
Южный мост	Нет[3]	SiS96x	Нет[3]	Нет[3]	Нет[3]
Быстродействие MuTIOL, Мбайт/с	Нет	533	Нет	Нет	Нет
Поддержка ATA	ATA-100	В зависимости от набора микросхем[4]	ATA-100	ATA-100	ATA-100
Тип USB/количество портов	1.1/4	В зависимости от набора микросхем[4]	1.1/6	1.1/6	1.1/6
Аудиосистема	Аудио с волновой таблицей	В зависимости от набора микросхем[4]	AC'97 с выходом S/PDIF	AC'97 с выходом S/PDIF	AC'97
Порт 10/100 Ethernet	Да	В зависимости от набора микросхем[4]	Нет	Да	Нет
Порт IEEE-1394a	Нет	В зависимости от набора микросхем[4]	Нет	Нет	Да

1. Видеоакселератор 2D/3D с аппаратным воспроизведением DVD и дополнительной микросхемой SiS301 Video Bridge для поддержки TV-выхода и второго монитора.

2. Поддержка трехмерных функций, совместимых с DirectX 7.0, включая два конвейера пиксельной визуализации и четыре модуля текстурирования.

Таблица 4.45. Микросхемы южного моста MuTIOL для процессоров Athlon XP

Микросхема южного моста	USB	Количество портов USB	ATA	Количество портов SATA	Поддерживаемые уровни RAID
SiS961	1.1	6	33/66/100	---	—
SiS961B	1.1	6	33/66/100/133	---	—
SiS962	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	—
SiS962L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	—
SiS963	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	—
SiS963L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	---	---
SiS964	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD
SiS964L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	---	---
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4	0, 1, 0+1, JBOD
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4	0, 1, JBOD

JBOD — Just a Bunch of Disks (группа жестких дисков). При использовании данного режима группа из нескольких дисков воспринимается как один большой логический диск.

В микросхемах южного моста семейства SiS96x используется высокоскоростная шина MuTIOL, обеспечивающая взаимодействие с микросхемами северного моста. Базовая версия MuTIOL (в микросхемах SiS961/962) представляет собой 16-разрядное соединение с тактовой частотой 266 МГц и скоростью передачи данных 533 Мбайт/с, что в два раза превышает аналогичный показатель hub-архитектуры Intel, используемой в наборах микросхем семейства Intel 800.

Микросхемы южного моста семейства SiS963 и совместимые с ними модели северных мостов соединены с помощью второго поколения шины MuTIOL, получившей название MuTIOL 1G. Это 16-разрядное соединение с тактовой частотой 533 МГц и скоростью передачи данных более чем 1 Гбайт/с.

SiS746	SiS746FX	SiS741GX	SiS748	SiS741
266	266/333	4266/333	266/333/400	266/333/400
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
DDR266/333	DDR266/333/400	DDR266/333	DDR266/333/400	DDR266/333/400
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
3	3	3	3	3
Нет	Да	Да	Да	Да
2.2	2.2	2.3	2.2	2.3
33/32	33/32	33/32	33/32	33/32
8x	8x	8x	8x	8x
Нет	Нет	SiS Mirage Graphics	Нет	SiS Mirage Graphics
SiS963	SiS963	SiS964	SiS963	SiS964
1000	1000[5]	1000[5]	1000[5]	1000[5]
В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]
В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]
В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]
В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]
В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]	В зависимости от набора микросхем[4]

3. Одна микросхема (объединяющая в себе функции микросхем северного и южного мостов).

4. Зависит от модели микросхемы южного моста MuTIOL.

5. В наборе микросхем применяется технология HyperStreaming и улучшенная версия интерфейса MuTIOL.

Аудиосистема	10/100 Ethernet	Gigabit Ethernet	HomePNA 1.0/2.0	IEEE-1394	PCI Express x16	Тактовая частота шины MuTIOL, МГц
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Да	Нет	266
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	266
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Да	Нет	533
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	533
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	1000
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Да	Нет	Нет	1000
AC'97, стандарт 7.1	Да	Да	Да	Нет	Да	1000
AC'97, стандарт 7.1	Да	Нет	Да	Нет	Да	1000

При подключении к микросхемам северного моста SiS746FX, SiS741GX, SiS748 и SiS741, а также к более новым моделям микросхемы SiS963/964 используют следующее поколение шины MuTIOL — HyperStreaming, в которой для повышения производительности используются описанные ниже технологии.

- **Технология единого потока с низким временем ожидания.** В зависимости от нагрузки на шину достигается повышение производительности от 5 до 43%.

- **Технология множественных потоков с конвейеризацией пакетов данных и их параллельного выполнения.** Использование параллельных конвейеров данных и одновременной обработки разрозненных пакетов данных. Например, при копировании файлов существует прямая зависимость между повышением производительности и размером копируемых файлов.
- **Технология выделенного потока данных с приоритетными каналами.** Улучшение качества воспроизведения интернет-музыки, видео и приложений для IP-телефонии и видеоконференций.
- **Технология интеллектуального контроля потоков.** Анализ характеристик различных интерфейсов и общая оптимизация работы системы.

Наборы микросхем системной логики NVIDIA nForce для процессоров AMD

Компания NVIDIA, известный производитель популярных графических наборов микросхем GeForce, также разработала модели наборов микросхем системной логики для процессоров AMD Athlon/Duron/Athlon XP, получившие названия nForce и nForce2.

В табл. 4.46 представлен обзор микросхем северного моста для моделей nForce и nForce2, а в табл. 4.47 приведены характеристики микросхем южного моста. Семейство nForce является потомком специальной модели набора микросхем для игровой системы Xbox компании Microsoft.

Микросхемы северного моста с интегрированной графической системой получили название IGP (Integrated Graphics Processor), в то время как микросхемы, поддерживающие слот AGP, именуются SPP (System Platform Processor). Всем микросхемам южного моста дано название MCP (Media and Communications Processor). Микросхемы IGP/SPP и MCP взаимодействуют посредством шины HyperTransport с пропускной способностью 800 Мбайт/с.

Таблица 4.46. Микросхемы IGP/SPP (северный мост) в наборах микросхем nForce/nForce2

Набор микросхем	nForce 420	nForce 415	NForce2 IGP	nForce2 SPP
Частота шины, МГц	200/266	266	200/266/333	200/266/333
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Нет	Нет	Нет
Типы ОЗУ	PC100/133, DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266/333/400[1]	DDR200/266/ 333/400[1]
Контроль четности/ECC	Нет	Нет	Нет	Нет
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	4	4	3	3
Двухканальная память	Да[2]	Да[2]	Да	Да
Тип PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32	33/32	33/32	33/32
Тип AGP	4x	4x	8x	8x
Интегрированная видеосистема	GeForce2 MX	Нет	GeForce4 MX	Нет
Быстродействие HyperTransport, Мбайт/с	400	400	800	800
Микросхемы южного моста	nForce MCP, MCP-D	nForce MCP, MCP-D	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP

1. Для поддержки DDR400 требуется отдельная плата AGP.

Таблица 4.47. Микросхемы nForce/nForce2 MCP (южный мост)

Микросхема южного моста	USB	Количество портов USB	ATA	Поддержка SATA	Поддержка ATA/SATA RAID
nForce MCP	1.1	6	33/66/100	Нет	Нет
NForce MCP-D[1]	1.1	6	33/66/100	Нет	Нет
nForce2 MCP	1.1/2.0	6	33/66/100/133	Нет	Нет
nForce2 MCP-T[1]	1.1/2.0	6	33/66/100/133	Нет	Нет
nForce2 Gigabit MCP	1.1/2.0	8	33/66/100/133	Да	Да
nForce2 RAID MCP	1.1/2.0	8	33/66/100/133	Да	Да

1. Также известна как NVIDIA SoundStorm.

Сочетание производительных контроллеров памяти, удачной архитектуры, высокоскоростного соединения HyperTransport и аппаратной обработки аудиоданных с помощью микросхем MCP-D и MCP-T выводит второе поколение nForce2 на первое место среди всех наборов микросхем для процессоров Athlon XP.

На рис. 4.25 показана архитектура микросхем nForce2 IGP и MCP, обеспечивающая широкие возможности модернизации. Если вместо IGP применяется микросхема северного моста SPP, то интегрированная видеосистема отсутствует. В свою очередь, наличие микросхемы MCP-T вместо южного моста MCP означает поддержку интерфейса IEEE-1394a, Dolby Digital 5.1 и двух сетевых портов.

Наборы микросхем системной логики ATI Radeon IGP

Наборы микросхем ATI для процессоров Athlon включают в себя интегрированную графическую систему Radeon VE, поддержку аппаратного воспроизведения DVD и одновременной работы с двумя мониторами, что реализовано на базе оптимизированных микросхем северного и южного мостов. Эти микросхемы взаимодействуют посредством высокоскоростного соединения A-Link; кроме того, поддерживаются соединения с микросхемами сторонних разработчиков по шине PCI. Во многих системах на основе набора микросхем Radeon IGP изначально применялись микросхемы южного моста таких производителей, как ALi (ныне — ULi) и VIA. Микросхема северного моста для процессоров Athlon получила название Radeon IGP 320. Для реализации системной платы на основе компонентов компании ATI вместе с Radeon IGP 320 используются микросхемы южного моста IXP 200 или IXP 250, поддерживающие шесть портов USB 2.0 и интерфейс ATA-33/66/100. Хотя мобильная версия данного набора микросхем — Radeon 320M IGP — все еще выпускается, производство Radeon 320 IGP прекращено. В табл. 4.48 представлены основные характеристики Radeon IGP 320, а в табл. 4.49 — функции микросхем IXP 200 и IXP 250.

nForce2 400	nForce2 Ultra 400	NForce2 Ultra 400R	NForce2 Ultra 400 Gb
200/266/333/400	200/266/333/400	200/266/333/400	200/266/333/400
Нет	Нет	Нет	Нет
DDR200/266/ 333/400[1]	DDR200/266/ 333/400[1]	DDR200/266/ 333/400[1]	DDR200/266/ 333/400[1]
Нет	Нет	Нет	Нет
3	3	3	3
Да	Да	Да	Да
2.2	2.2	2.2	2.2
33/32	33/32	33/32	33/32
8x	8x	8x	8x
Нет	Нет	Нет	Нет
800	800	800	800
nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce2 RAID MCP	nForce2 Gigabit MCP

2. Для активизации данного режима необходимо использовать два идентичных модуля памяти.

Аудиосистема	10/100 Ethernet	Gigabit Ethernet	IEEE-1394	Аппаратный брандмауэр	Северный мост
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Нет	Нет	nForce IGP, SPP
AC'97, стандарт 5.1	Да	Нет	Нет	Нет	nForce IGP, SPP, 400, Ultra 400
AC'97, 6-канальная, интерфейс SPDIF	Да	Нет	Нет	Нет	nForce IGP, SPP, 400, Ultra 400
Микросхема NVIDIA Audio Processing Unit, поддержка Dolby Digital 5.1, DirectX 8	Да (NVIDIA и 3Com)	Нет	Да	Нет	nForce IGP, SPP, 400, Ultra 400
AC'97, 6-канальная, интерфейс S/PDIF	Да	Да	Нет	Да	nForce2 Ultra 400Gb
AC'97, 6-канальная, интерфейс S/PDIF	Да	Нет	Нет	Нет	nForce2 Ultra 400R

2. Поддерживается также интерфейс HomePNA.

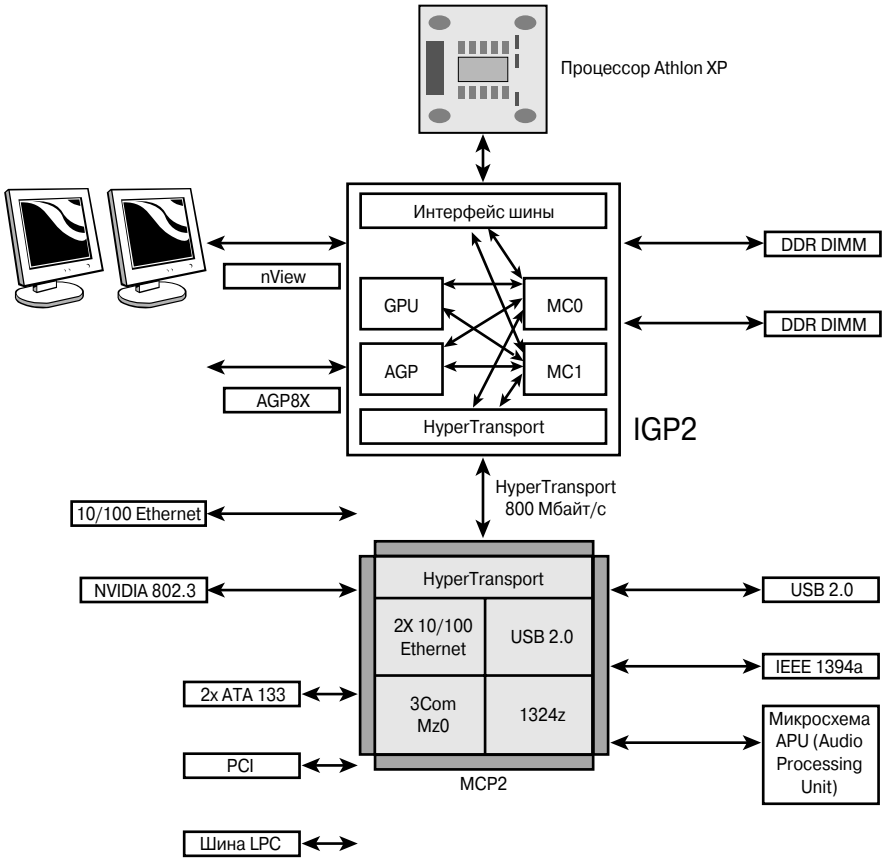


Рис. 4.25. Архитектура набора микросхем NVIDIA nForce2 IGP/MCP2

Таблица 4.48. Микросхема Radeon IGP (северный мост) для процессоров Athlon

Микросхема северного моста	Radeon IGP 320	Микросхема северного моста	Radeon IGP 320
Частота шины, МГц	200/266	Тип PCI	2.2
Поддержка SMP (два процессора)	Нет	Частота шины PCI, МГц/разрядность	33/32
Типы ОЗУ	DDR200/266	Тип AGP	4x
Контроль четности/ECC	Нет	Интегрированная видеосистема	Radeon VE[1]
Максимальный объем ОЗУ, Гбайт	1	Быстродействие A-Link, Мбайт/с	266

1. Ядро ATI Radeon 700 с поддержкой двухмониторных конфигураций.

Таблица 4.49. Микросхемы южного моста ATI для процессоров Athlon

Микросхема южного моста	IXP 200/250[1]
Поддержка USB	6 портов USB 2.0
Поддержка ATA	ATA-100
Аудиосистема	AC'97, S/PDIF
Порт Ethernet	3Com 10/100
Микросхема Super I/O	Да
Высокоскоростная шина	A-Link

1. Функции IXP 250 отличаются от IXP 200 поддержкой технологий WOL (Wake On LAN), DMI (Desktop Management Interface), MBA (Manage Boot Agent) и ASF (Alert Standards Forum).

Наборы микросхем системной логики для процессора Athlon 64

Для процессора Athlon 64 было разработано новое поколение наборов микросхем, обеспечивающее поддержку 64-разрядной архитектуры и интеграцию контроллера памяти непосредственно в процессор (традиционно он размещался в микросхеме северного моста или ее эквиваленте). Как следствие, некоторые производители не используют термин "северный мост", когда речь идет о компоненте, обеспечивающем взаимодействие процессора и видеоадаптера AGP.

Наборы микросхем для процессоров Athlon 64 разрабатывают такие компании, как AMD, VIA Technologies, NVIDIA, ATI, SiS и ULi Electronics (бывшая ALi Corporation).

Набор микросхем AMD-8000 (8151)

Это первый набор микросхем AMD, разработанный для процессоров Athlon 64 и Opteron. Его архитектура несколько отличается от классической архитектуры "северный/южный мост" и hub-архитектуры, характерных для процессоров Pentium II/III/4/Celeron и AMD Athlon/Athlon XP/Duron.

Набор микросхем AMD-8000 часто называют AMD-8151, поскольку микросхема AMD-8151 обеспечивает взаимосвязь между процессором Athlon 64 или Opteron и разъемом AGP. В других наборах микросхем данную функцию выполняет северный мост или концентратор MCH. Название микросхемы северного моста или MCH часто используется как общее название набора микросхем. Однако AMD называет микросхему AMD-8151 *графическим туннелем AGP* (AGP Graphics Tunnel), поскольку ее единственная задача — обеспечение высокоскоростного соединения с разъемом AGP материнской платы. К другим компонентам набора микросхем AMD-8000 относятся микросхемы AMD-8111 HyperTransport I/O hub (контроллер ввода-вывода) и AMD-8131 PCI-X Tunnel (тунель интерфейса PCI-X).

В связи с задержками в разработке микросхемы AMD-8151 AGP Graphics Tunnel многие производители в конце 2003 года использовали микросхему AMD-8111 HyperTransport I/O hub или ее комбинацию с микросхемой AMD-8131 PCI-X Tunnel для получения комбинации разъемов PCI и PCI-X на серверных системных платах. Современные системы уже оснащаются микросхемой AMD-8151, позволяющей использовать видеоадаптер AGP, однако в любом случае набор микросхем AMD-8000 нашел основное применение в серверах и рабочих станциях, но не в настольных ПК.

Микросхема графического туннеля AGP AMD-8151 реализует следующие основные функции:

- поддержка видеоадаптеров AGP 2.0/3.0 (AGP 1x–8x);
- соединение HyperTransport с процессором, ширина шины которого составляет 16 бит в обоих направлениях;
- соединение HyperTransport с другими компонентами, ширина шины которого составляет 8 бит в обоих направлениях.

Микросхема AMD-8111 HyperTransport I/O hub реализует следующие основные функции:

- PCI 2.2-совместимая шина PCI (32-разрядная; 33 МГц), допускающая подключение до восьми устройств;
- шестиканальный звук AC'97 2.2;
- шесть портов USB 1.1/2.0 (три контроллера);
- два контроллера ATA/IDE, поддерживающие режимы работы до ATA-133;
- часы реального времени RTC;
- шина LPC;
- интегрированный сетевой адаптер 10/100 Ethernet;

- соединение HyperTransport с другими компонентами с шириной шины 8 бит в обоих направлениях.

Микросхема туннеля AMD-8131 HyperTransport PCI-X реализует следующие основные функции:

- два моста PCI-X (A и B), поддерживающие по пять устройств PCI в режиме управления шиной;
- шина PCI-X с рабочей частотой 133 МГц;
- PCI 2.2-совместимая шина PCI с рабочими частотами 33 и 66 МГц;
- независимые режимы работы и передача данных для каждого моста;
- соединение HyperTransport с другими компонентами с шириной шины 8 бит в обоих направлениях.

На рис. 4.26 представлена архитектура набора микросхем AMD-8151 для процессора Athlon 64.

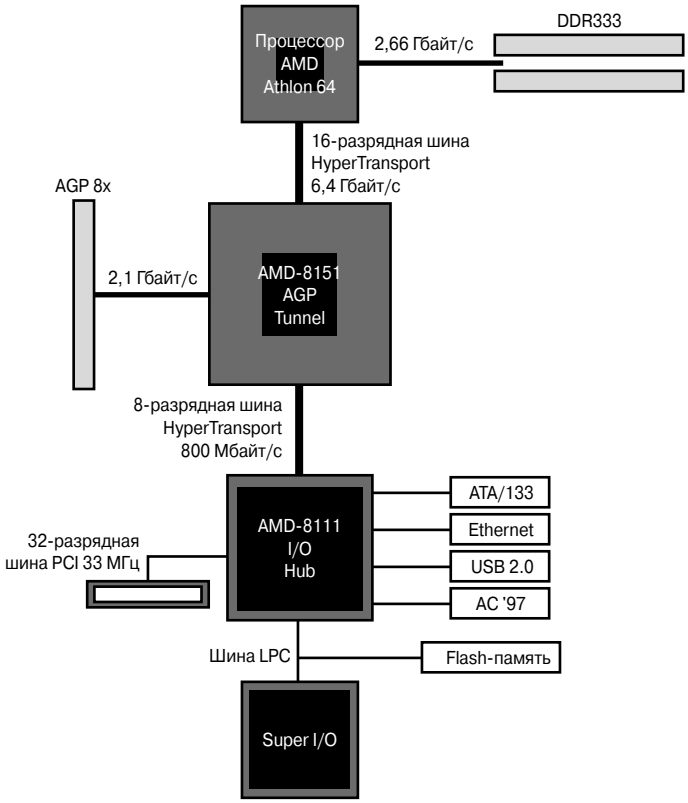


Рис. 4.26. Блок-схема набора микросхем AMD 8151 для процессора Athlon 64

Чипсеты ATI (AMD)

Один из вполне ожидаемых результатов приобретения компанией AMD компании ATI в 2006 году — выпуск наборов микросхем AMD/ATI для процессоров AMD. Были выпущены наборы микросхем для процессоров Athlon 64, Sempron и Phenom. Основные сведения о данных наборах микросхем представлены в табл. 4.50, а в табл. 4.51 приведена информация о соответствующих южных мостах.

Наборы микросхем VIA для процессора Athlon 64

Компания VIA Technologies на протяжении длительного времени была одним из ведущих разработчиков наборов микросхем для процессоров производства AMD; такая ситуация сохранилась и с наборами микросхем для процессоров Athlon 64 и Opteron. В настоящее время компания VIA предлагает следующие наборы микросхем для данных процессоров: K8T800 Pro, K8T800, K8M800, K8T890 и K8M890.

Все эти наборы микросхем описаны в следующих разделах.

Наборы микросхем K8T800, K8T800 Pro и K8M800

Первым набором микросхем VIA для процессоров Athlon 64 и Opteron был K8T800 (изначально известный как K8T400). Он несколько отличается от аналогичных решений компаний AMD и ALi, поскольку предполагает использование разработанной компанией VIA шины 8x V-link (533 Мбайт/с) между северным и южным мостами вместо HyperTransport (она, конечно же, используется для соединения с процессором). Набор микросхем K8T800 предполагает использование южного моста VT8237.

Набор микросхем K8M800 базируется на наборе K8T800 и, кроме того, включает в себя интегрированное графическое ядро S3 UniChrome Pro. Это 128-разрядное графическое ядро 2D/3D, содержащее два пиксельных конвейера и поддерживающее аппаратное ускорение воспроизведения видео MPEG-2 и MPEG-4, а также вывод изображения на жидкокристаллические и ЭЛТ-мониторы, телевизоры и дисплеи HDTV с разрешением до 1080 пикселей.

Наборы микросхем K8T890, K8M890 и K8T900

Это первые наборы микросхем VIA для процессоров Athlon 64/Opteron, поддерживающих новую шину PCI Express x16 для подключения графических адаптеров. При этом поддерживается соединение HyperTransport (16 бит/1 ГГц) между процессором и северным мостом, а также соединение Ultra V-Link (1 Гбайт/с) между северным и южным мостами. Северные мосты поддерживают двадцать линий интерфейса PCI Express, оставляя четыре линии для плат с интерфейсом PCI Express x1.

В данных наборах микросхем также задействован новый южный мост VT8251, который при использовании некоторых дополнительных компонентов поддерживает следующие функции:

- четыре контроллера Serial ATA, поддерживающих SATA RAID 0, 1 и 0+1;
- поддержка нового стандарта High-Definition Audio компании Intel (HDA; кодовое название — Azalia); HDA поддерживает Dolby Digital IIfx-совместимый 7.1-канальный объемный звук с дискретизацией 24 бит/192 кГц;
- два разъема PCI Express x1; общее количество разъемов может достигать шести (четыре соединены с северным мостом, два — с южным).

В связи с задержками в производстве этого южного моста в некоторых системах на базе K8T890 и K8M890 используется южный мост VT8237R, а не VT8251. Чтобы определить, какой именно южный мост установлен на системной плате, ознакомьтесь с соответствующей документацией.

Набор микросхем K8M800 базируется на наборе K8T800 и содержит интегрированное графическое ядро S3 Graphics DeltaChrome. Это графическое ядро 2D/3D поддерживает функции DirectX 9.

Набор микросхем K8T900 базируется на наборе K8T890, однако поддерживает режим PCI Express 2 x8, что позволяет установить два видеоадаптера PCI Express.

Наборы микросхем NVIDIA для процессора Athlon 64

Компания NVIDIA предлагает больше четырнадцати наборов микросхем для поддержки процессоров Athlon 64, Sempron и Opteron.

Таблица 4.50. Наборы микросхем AMD/ATI для процессоров Phenom, Athlon 64 и Sempron

Характеристики	480X, CrossFire Xpress 1600	570X, 550X, CrossFire Xpress 3100	580X, CrossFire Xpress 3200	690V	690G
Кодовое название	RD480	RD570	RD580	RS690C	RS690
Дата появления	Октябрь 2006	Июнь 2007	Октябрь 2006	Февраль 2007	Февраль 2007
Поддерживаемые процессоры	Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron
Шина процессора (FSB)	1GTps (2 Гбайт/с)	1GTps (2 Гбайт/с)	1GTps (2 Гбайт/с)	1GTps (2 Гбайт/с)	1GTps (2 Гбайт/с)
Поддержка CrossFire, режим	Да, x8+x8	Да, x16+x8	Да, x16+x16	Нет	Нет
Интегрированный видеоадатер	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Южный мост	SB600,ULi-M1575	SB600	SB600	SB600	SB600

Таблица 4.51. Микросхемы южных мостов для наборов микросхем AMD/ATI

Характеристики	SB600	SB700	SB700S	SB750	SB810	SB850
Дата появления	2006	2007	2008	2008	2010	2010
Порты SATA	4 накопителя, 3 Гбит/с	6 накопителей, 3 Гбит/с	6 накопителей, 3 Гбит/с	6 накопителей, 3 Гбит/с	6 накопителей, 3 Гбит/с	6 накопителей, 3 Гбит/с
Порты USB	10 USB 2.0	12 USB 2.0	12 USB 2.0	12 USB 2.0	14 USB 2.0	14 USB 2.0
		2 USB 1.1	2 USB 1.1	2 USB 1.1	2 USB 1.1	2 USB 1.1
Аудио	HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio	HD Audio
Поддержка PATA	2 накопителя, 133 Мбайт/с	2 накопителя, 133 Мбайт/с	2 накопителя, 133 Мбайт/с	2 накопителя, 133 Мбайт/с	2 накопителя, 133 Мбайт/с	2 накопителя, 133 Мбайт/с
Интегрированный Ethernet-адаптер	Нет	Нет	Нет	Нет	Gigabit	Gigabit
RAID support	RAID 0, 1, 0+1	RAID 0, 1, 0+1	RAID 0, 1, 0+1	RAID 0, 1, 0+1, 5	RAID 0, 1, 10, 5	RAID 0, 1, 0, 10, 5

Компания NVIDIA называет свои наборы *мультимедийными и коммуникационными процессорами* (MCP — Media and Communications Processor), поскольку одна микросхема выполняет функции и северного, и южного моста. Подробно наборы микросхем компании NVIDIA описаны в следующих разделах.

Наборы микросхем nForce3 150 и nForce3 Pro 150

Одним из первых представленных наборов микросхем для процессора Athlon 64 является NVIDIA nForce3 150 MCP. Этот набор микросхем не базируется на классической двухкомпонентной архитектуре, характерной для большинства наборов микросхем для Athlon 64, и отличается функциональной ограниченностью. Это указывает не только на то, что данный набор долго находился в разработке, но и на то, что он предназначен для малобюджетного сегмента рынка.

Набор микросхем nForce3 Pro 150 поддерживает подобные функции, но предназначен для использования совместно с процессорами Opteron и графическими процессорами NVIDIA Quadro для рабочих станций.

Наборы микросхем nForce3 250, nForce3 250Gb, nForce3 250 Ultra и nForce3 250 Pro

К семейству nForce3 250 MCP относятся четыре набора микросхем, которые поддерживают намного больше функций, чем nForce3 150 и nForce3 150 Pro.

740	740G	770	780G	790GX	790X	790FX	785G	800 series
RX740	RS740	RX780	RS780	RS780D	RD780	RD790	RS880	RS880D
2008	2008	2008	2008	2008	2008	Ноябрь 2007	2009	Январь 2010
Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron	Phenom, Athlon 64, Sempron
1GTps (2 Гбайт/с)	1GTps (2 Гбайт/с)	2,6GTps (5,2 Гбайт/с)	2,6GTps (5,2 Гбайт/с)	2,6GTps (5,2 Гбайт/с)	2,6GTps (5,2 Гбайт/с)	2,6GTps (5,2 Гбайт/с)	4GTps (8 Гбайт/с)	4GTps (8 Гбайт/с)
Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да, x8+x8	Да, CrossFire X (дойной x16 или четыре адаптера x8)	Да, x8+x8	Да, x8+x8
Нет	Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет
SB600, SB700, SB750	SB600, SB700, SB750	SB700, SB750	SB750	SB600, SB700, SB750	SB600, SB750	SB710, SB750SB810, SB850	SB710, SB810	SB750, SB850

Модель 250Gb поддерживает все функции модели 250, а также сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet с интегрированным аппаратным брандмауэром. Модель 250 Pro поддерживает все функции модели 250Gb и процессор Opteron и оптимизирована для совместного использования с графическими процессорами NVIDIA Quadro.

Модель 250 Ultra поддерживает все функции модели 250, а также сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet с интегрированным аппаратным брандмауэром и соединение Advanced HyperTransport (16 бит/1 ГГц) между процессором и MCP в обоих направлениях.

Семейства nForce4 и nForce Professional

Семейство наборов микросхем nForce4 компании NVIDIA объединяет в себе поддержку PCI Express и очень удачный однокомпонентный дизайн набора микросхем nForce3. К семейству nForce4 относятся четыре модели: nForce4, nForce Ultra, nForce4 SLI и nForce4 SLI x16.

Базовая модель nForce4 обладает следующими характеристиками:

- шина HyperTransport 16 бит/800 МГц, обеспечивающая двунаправленное взаимодействие между процессором и микросхемой MCP;
- поддержка видеоадаптеров PCI Express x16;
- два независимых адаптера ATA-133 ATA/IDE с поддержкой RAID уровней 0, 1 и 0+1;
- SATA и SATA RAID 0, 1, а также 0+1;
- десять портов USB 1.1/2.0;
- сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet с интегрированным аппаратным брандмауэром;
- шестиканальный звук AC'97 2.1 с 20-битовым выводом и поддержкой SPDIF.

Модель nForce4 Ultra также поддерживает накопители SATA 3 Гбит/с (SATA II) и средство защиты сетевых соединений ActiveArmor.

Модель nForce4 SLI поддерживает конфигурирование режимов PCI Express — допускается установка одного адаптера в режиме x16 или двух адаптеров NVIDIA в режиме x8. Возможности nForce4 Ultra дополняются загрузкой с дисковых массивов RAID 5.

Модель nForce4 SLI x16 разрешает установку одного или двух видеоадаптеров NVIDIA в полноскоростном режиме PCI Express x16, так как поддерживает до 38 линий PCI Express. По другим характеристикам данный набор микросхем полностью аналогичен nForce4 SLI.

Наборы микросхем nForce4 Professional для процессоров Opteron базируются на nForce4, однако имеют некоторые отличия.

- nForce Professional 2050 поддерживает одну линию PCI Express x16 и четыре линии PCI Express x1, сетевой адаптер Gigabit Ethernet, а также четыре порта SATA с пропускной спо-

собностью 3 Гбит/с и поддержкой RAID 0,1 и 0+1. Однако он не поддерживает накопители PATA, 32-разрядную шину PCI, звук и шину LPC для установки наследуемых устройств.

- nForce Professional 2200 поддерживает 20 линий PCI Express с гибким конфигурированием, сетевой адаптер Gigabit Ethernet, а также четыре порта SATA с пропускной способностью 3 Гбит/с и поддержкой RAID 0,1 и 0+1. В то же время он поддерживает 32-разрядную шину PCI, 10 портов USB 2.0, шину LPC, звук AC'97 2.3 и четыре накопителя PATA. Набор микросхем 2200 предназначен для применения в рабочих станциях; оба набора микросхем поддерживают несколько процессоров Opteron.

Наборы микросхем nForce 410 nForce 430

Это первые наборы микросхем NVIDIA с интегрированным видео для процессоров AMD Sempron — малобюджетного решения на базе ядра Athlon 64. Наборы микросхем nForce 410 и nForce 430 в качестве графического ядра используют GeForce 6100; кроме того, nForce 430 поддерживает графическое ядро GeForce 6150.

В табл. 4.52 перечислены основные характеристики наборов микросхем nForce 4xx с интегрированным графическим ядром.

Наборы микросхем SiS для процессора Athlon 64

Компания SiS предлагает восемь наборов микросхем для 64-разрядных процессоров AMD. Из них такие наборы, как 755, 755FX и 756, предполагают наличие дискретной графики, а наборы микросхем 760, 760GX, 761, 761GX и 761GL являются интегрированными.

Эти наборы микросхем подробно рассматриваются далее.

Наборы микросхем SiS755 и SiS755FX

Первым набором микросхем SiS для процессоров Athlon 64, Opteron и Athlon 64 FX является SiS755. Он состоит из двух микросхем и предполагает использование южного моста SiS964.

Северный мост SiS755FX по контактам совместим с северным мостом SiS755; однако в данном случае предпочтительнее использовать южный мост SiS965, который представляет собой микросхему с 588 контактами, в отличие от южного моста SiS964, содержащего всего 505 контактов. По сравнению с набором 755/964 набор 755FX/965 характеризуется следующими улучшениями:

- соединение HyperTransport (16 бит/1 ГГц) между процессором и северным мостом с использованием технологии HyperStreaming;
- поддержка двух разъемов PCI Express x1;
- четыре порта Serial ATA с поддержкой SATA RAID 0, 1, 0+1 и JBOD (объединение дисков);
- сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet.

Таблица 4.52. Наборы микросхем nforce 4xx с интегрированным графическим ядром для процессоров AMD Sempron

Модель MCP	Модель графического ядра	Поддержка видео	Разъемы PCI Express x1	Поддержка ATA/Serial ATA	RAID	Поддержка USB (количество портов)	Звук
410	GeForce 6100	PCI Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3Gbps (2)	0,1	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97
430	GeForce 6100	PCI Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3 Гбит/с (4)	0,1, 0+1, 5	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97
430	GeForce 6100	PCI Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3 Гбит/с (4)	0,1, 0+1, 5	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97

1. Также поддерживает средство безопасности сетевых подключений ActiveArmor.

Набор микросхем SiS756

Набор микросхем SiS756 разрабатывался специально для использования совместно с высокопроизводительным процессором Athlon 64 FX. Это первый набор микросхем SiS, который поддерживает графический интерфейс PCI Express x16. В наборе SiS756 чаще всего используется южный мост SiS965.

Шина PCI Express x16 пришла на смену шине AGP 8x, которую поддерживали предыдущие наборы микросхем SiS.

Блок-схема набора микросхем SiS756 с южным мостом SiS965 представлена на рис. 4.27.

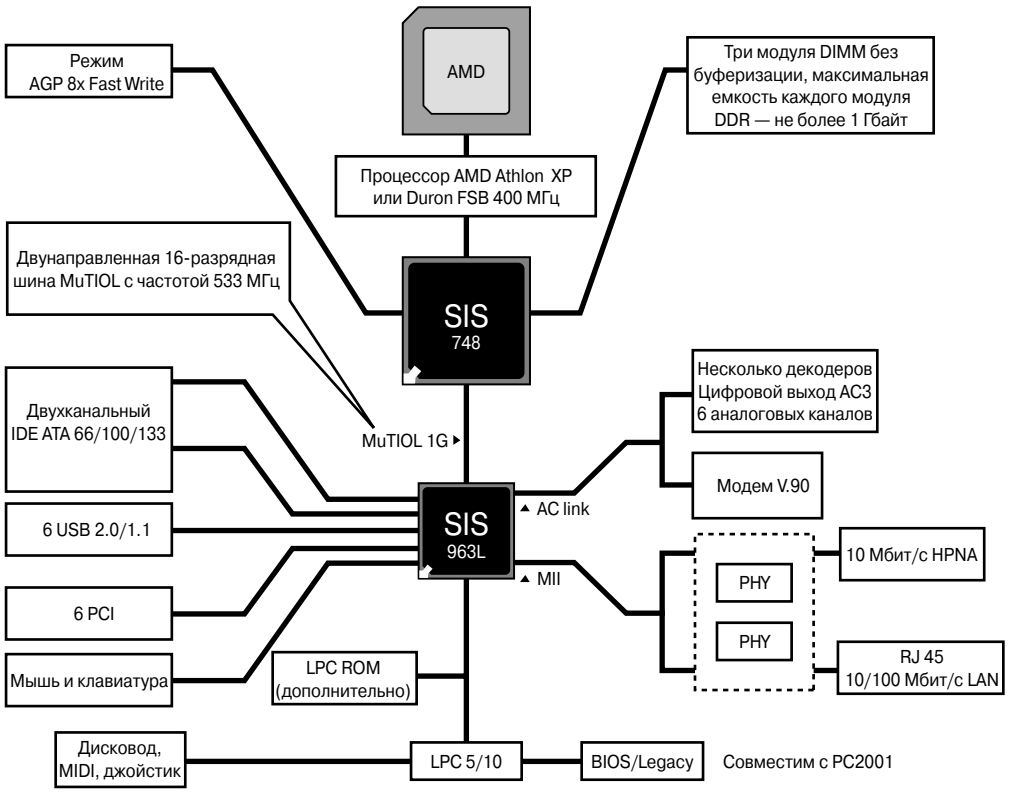


Рис. 4.27. Как и в большинстве наборов микросхем для процессоров Athlon 64, северный мост SiS756 используется только для взаимодействия с дискретными графическими решениями (в данном случае с интерфейсом PCI Express), в то время как за выполнение других функций отвечает южный мост

LAN	Поддержка DirectX 9.0 Shader Model 3	TV-кодер	Вывод TDM S/DVI	Частота графического ядра, МГц	Масштабирование видео	Воспроизведение 1080i/p MPEG-2, WMA
10/100 Ethernet	Да	Нет	Нет	425	2x2 (стандартное качество)	Нет
10/100/1000 Ethernet[1]	Да	Нет	Нет	425	2x2 (стандартное качество)	Нет
10/100/1000 Ethernet[1]	Да	Да	Да	475	5x4 (высокое качество)	Да

HDA — High-Definition Audio (кодовое название — Azalia); звуковой стандарт с поддержкой звука с CD-качеством (192 кГц, 32 бит в многоканальном режиме), стандарта Dolby Pro Logic IIx (объемный звук 7.1) и нескольких кодеков одновременно.

Наборы микросхем SiS760 и Sis760GX

Первым набором микросхем SiS с интегрированной графикой для процессоров Athlon 64 и Opteron является SiS760. Все остальные его функции полностью идентичны функциям набора микросхем SiS755. Кроме того, оба набора микросхем предполагают использование южного моста SiS964.

Интегрированное графическое ядро SiS Mirage 2 (Ultra256) набора микросхем поддерживает следующие функции:

- DirectX 8.1-совместимое ядро 3D;
- двухканальный 256-разрядный интерфейс ядра 3D;
- 128-разрядное графическое ядро 2D;
- необязательная поддержка TV-выхода и второго жидкокристаллического или ЭЛТ-монитора;
- разделяемая память объемом до 128 Мбайт.

Набор микросхем SiS760GX предполагает использование 128-разрядного графического ядра Mirage 1.

Вместе с набором микросхем SiS760GX используется южный мост SiS966, который поддерживает следующие функции:

- четыре разъема PCI Express x1;
- SATA, SATA RAID 0, 1 и 0+1;
- десять портов USB 1.1/2.0;
- звуковая система AC'97 2.3 с поддержкой спецификации 7.1-канального звука High Definition Audio, разработанной Intel;
- сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet.

Наборы микросхем SiS761GL и SiS761GX

Интегрированные наборы микросхем SiS761GL и SiS761GX основаны на наборе SiS760 и поддерживают все процессоры Athlon 64, Opteron и Sempron (в том числе и 32-разрядные версии). Оба набора предполагают использование в качестве южного моста микросхемы SiS966.

Северный мост SiS761GX поддерживает следующие функции:

- соединение HyperTransport (16 бит/800 МГц) между процессором и северным мостом с использованием технологии HyperStreaming;
- поддержка видеоадаптеров PCI Express x16;
- соединение MuTIOL 1G между процессором и северным и южным мостами с использованием технологии HyperStreaming;
- интегрированное графическое ядро Mirage (поддержка DirectX 7.0) с объемом выделенной памяти до 128 Мбайт.

Отличия набора микросхем SiS761GL таковы:

- шина HyperTransport 16 бит/800 МГц;
- не поддерживается разъем PCI Express x16;
- интегрированное графическое ядро Mirage 1 (поддержка DirectX 7.0) с объемом выделенной памяти до 128 Мбайт.

При использовании южного моста SiS966 оба набора микросхем также поддерживают следующие функции:

- четыре разъема PCI Express x1;
- SATA, SATA RAID 0, 1 и 0+1;

- десять портов USB 1.1/2.0;
- шестиканальная звуковая система AC'97 2.3 с поддержкой спецификации High Definition Audio;
- сетевой адаптер 10/100/1000 Ethernet.

Примечание

Стандарт HDA (кодовое название — Azalia) обеспечивает поддержку Dolby Pro Logic IIx-совместимого 7.1-канального звука с CE-качеством (192 кГц, 32 бит в многоканальном режиме).

Микросхемы Super I/O

Третья основная микросхема в большинстве системных плат называется Super I/O. Обычно она реализует функции устройств, которые прежде размещались на отдельных платах расширения.

Большинство микросхем Super I/O содержат как минимум следующие компоненты:

- контроллер гибких дисков;
- двойные контроллеры последовательного порта;
- контроллер параллельного порта.

Контроллеры гибких дисков в большинстве микросхем Super I/O обслуживают два дисковода, но некоторые из них могут обслуживать только один. В более старых системах часто требовались отдельные платы для контроллера гибких дисков.

Двойной последовательный порт — другое устройство, которое прежде располагалось на одной или нескольких платах. В большинстве лучших микросхем Super I/O предусмотрена буферизация потока данных через последовательный порт. Схема, реализующая буферизацию, называется UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter — универсальный асинхронный приемник-передатчик). Для каждого порта предусматривается своя схема UART. В большинстве случаев она подобна быстродействующей автономной схеме UART NS16550A, разработанной компанией National Semiconductor. Поскольку Super I/O выполняет функции двух этих микросхем, можно сказать, что, по существу, эти порты встроены в системную плату.

Практически все микросхемы Super I/O также содержат быстродействующий многорежимный параллельный порт. Лучшие параллельные порты могут работать в трех режимах: стандартном (двунаправленном), EPP (Enhanced Parallel Port — расширенный параллельный порт) и ECP (Enhanced Capabilities Port — порт с расширенными возможностями). Режим ECP — самый быстрый и наиболее производительный, но если выбрать его, то порт будет использовать 8-разрядный канал прямого доступа к памяти шины ISA (обычно канал 3 прямого доступа к памяти). Если на этом канале не установлено какое-нибудь другое устройство (например, звуковая плата), то параллельный порт в режиме ECP должен работать идеально. Некоторые более новые принтеры и сканеры, подключаемые к компьютеру через параллельный порт, используют режим ECP, разработанный компанией Hewlett-Packard.

Микросхема Super I/O может содержать также другие компоненты. Например, в настоящее время в системной плате Intel VC820 (формфактора ATX) в качестве Super I/O используется микросхема LPC47V102 компании Standard Microsystems Corp. В этой микросхеме установлено следующее:

- интерфейс дисковода гибких дисков;
- два быстродействующих последовательных порта;
- один многорежимный (ECP/EPP) параллельный порт;
- контроллер клавиатуры типа 8042 и мыши.

Эта микросхема является образцом современного контроллера Super I/O, в который интегрирована поддержка клавиатуры и мыши; более старые микросхемы Super I/O их не поддерживали.

В последние годы микросхема Super I/O заметно сдала свои позиции. Это произошло прежде всего потому, что компания Intel реализовала функции Super I/O типа IDE непосредственно в таких компонентах набора микросхем системной логики, как южный мост и контроллер ввода-вывода, что позволило подсоединять соответствующие устройства к шине PCI или высокоскоростному интерфейсу IHA, а не к ISA. Один из недостатков Super I/O — подсоединение к системе с помощью интерфейса шины ISA, что ограничивает ее быстродействие и эффективность возможностями этой шины, работающей на частоте 8 МГц. Подключив устройства IDE к шине PCI, можно повысить быстродействие дисководов IDE, поскольку, работая на тактовой частоте шины PCI (33 МГц), они способны передавать данные с более высокой скоростью.

Более современные микросхемы Super I/O подключаются к системе с помощью шины LPC, разработанной компанией Intel в качестве низкоскоростного (примерно до 6,67 Мбайт/с) соединения, использующего не более 13 сигналов. Несмотря на то что по сравнению с ISA скорость шины LPC гораздо ниже, она более эффективна.

Поскольку высокоскоростные устройства, такие как IDE/ATA, теперь взаимодействуют с южным мостом, шиной PCI или hub-архитектурой, все, что подключено к микросхеме Super I/O, не нуждается в большей пропускной способности.

Разработчики наборов микросхем стремятся объединить максимальное количество функциональных возможностей в одной микросхеме. Поэтому, поскольку интерфейсы USB и IEEE-1394 пришли на смену стандартным параллельному и последовательному портам, а также контроллеру для дисководов на гибких дисках, микросхема Super I/O будет все реже встречаться в системных платах. В целях экономии свободного пространства на системной плате и уменьшения числа используемых в ней компонентов функции микросхем южного моста и Super I/O реализуются на базе лишь одного компонента (часто именуемого микросхемой Super South Bridge). Более того, в некоторых наборах от SiS и NVIDIA в одну микросхему объединены все три компонента: северный и южный мосты и Super I/O.

Распределение CMOS-памяти

В оригинальных системах AT микросхема Motorola 146818 использовалась в качестве микросхемы RTC и RAM типа Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS). Она содержала простой цифровой датчик времени и 64 байт памяти. Часы использовали 14 байт RAM, остальные 50 байт неиспользуемой памяти разработчикам IBM AT предлагалось использовать для хранения конфигурационных данных системы.

В современных компьютерных системах микросхема компании Motorola не используется, а выполняемые ею функции переложены на набор микросхем системной платы (южный мост) или на микросхему Super I/O. Кроме того, могут быть использованы специальная батарея и модуль NVRAM, созданные компаниями Dallas и Benchmarq.

Разъемы системной платы

В современных системных платах имеется множество различных разъемов. На рис. 4.28 показано расположение разъемов типичной материнской платы. Некоторые из них, в частности разъем питания, параллельные и последовательные порты, разъемы клавиатуры и мыши, описываются в других главах.

Одна из серьезнейших проблем, с которыми приходится сталкиваться при сборке или модернизации компьютерной системы, — это подключение элементов передней панели. Очень часто разъемы на системной плате не соответствуют разъемам корпуса. К сожалению, на протяжении многих лет не существовало никаких стандартов, касающихся данных вопросов. И только в октябре 2000 года компания Intel опубликовала руководство “Front Panel I/O Connectivity Design Guide”. Самую свежую версию этого руководства, а также спецификации различных формфакторов можно найти на сайте `www.formfactors.org`.

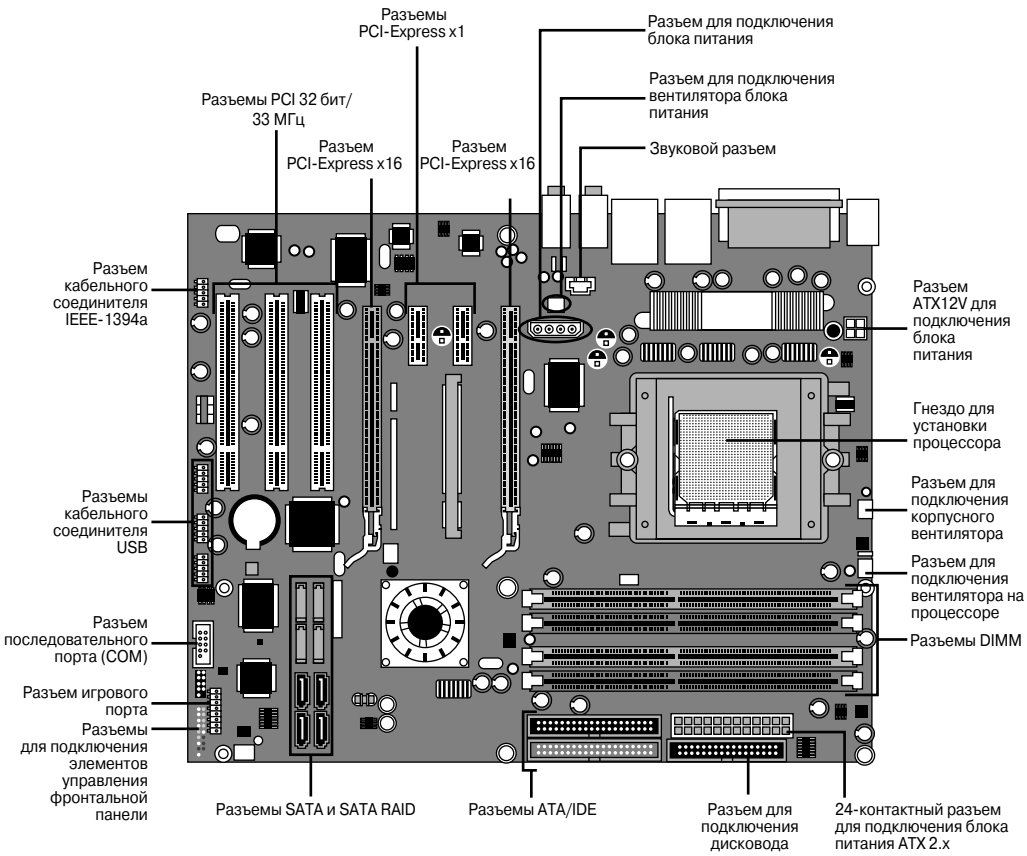


Рис. 4.28. Расположение разъемов на типичной системной плате

До публикации этого стандарта не существовало никаких общепринятых правил (а значит, бал правила анархия). Несмотря на то что большинство корпусов оснащалось множеством небольших разъемов, каждый из которых соответствовал отдельной функции, некоторые крупные поставщики систем (такие, как Dell, Gateway, MicronPC (сейчас называется MPC) и др.) использовали разъемы, расположенные в два ряда, что позволяло собирать компьютеры намного быстрее. После разработки компанией Intel соответствующего стандарта ситуация значительно упростилась, так как многие производители компьютеров использовали системные платы от Intel.

Согласно стандарту, для подключения переключателей и индикаторов передней панели предполагается использование следующих штырьковых разъемов: 10-контактного передней панели, 10-контактного USB, 10-контактного IEEE 1394 (FireWire/i.LINK), 10-контактного для подключения звуковых устройств и 6-контактного для подключения инфракрасного порта. На рис. 4.29 приведена схема расположения контактов разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели.

Расположение контактов разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели приведено в табл. 4.53.

Некоторые корпуса предполагают использование одного 10-контактного разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели, однако чаще всего каждой функции соответствует отдельный 2-контактный разъем. В данном случае разъемы подключаются так, как показано на рис. 4.30.

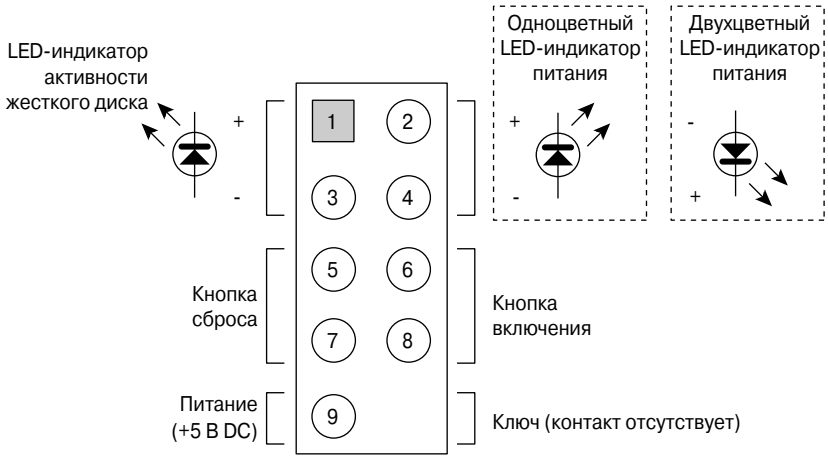


Рис. 4.29. Схема расположения контактов разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели

Таблица 4.53. Схема расположения контактов разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели

Сигнал	Описание	Контакт	Контакт	Сигнал	Описание
Индикатор активности жесткого диска			**Индикатор питания/режима ожидания/сообщения**		
HD_LED+	Положительный сигнал жесткого диска	1	2	PWR_LED GRN+	Одноцветный LED-индикатор
HD_LED	Отрицательный сигнал	3	4	PWR_LED_YEL+	Двухцветный LED-индикатор
Кнопка перезагрузки			**Кнопка включения питания**		
GND	Общий	5	6	FP_PWR	Включение питания
FP_RESET	Кнопка сброса	7	8	GND	Общий
Питание			**Не подключено**		
+5 В	Питание	9	10	---	Не подключен

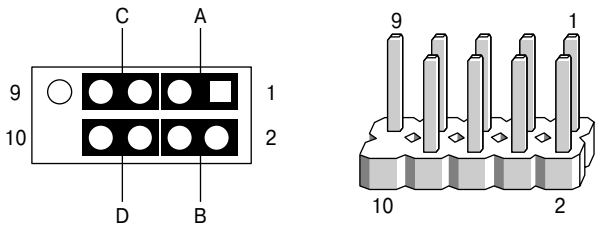


Рис. 4.30. Стандартная схема подключения переключателей и индикаторов передней панели при использовании двухконтактных разъемов

Подключение переключателей и индикаторов передней панели при использовании двухконтактных разъемов описано в табл. 4.54.

Таблица 4.54. Схема расположения контактов разъема для подключения переключателей и индикаторов передней панели при использовании нескольких разъемов

Разъем	Контакты	Описание
A	1 и 3	Индикатор активности жесткого диска
B	2 и 4	Индикатор питания
C	5 и 7	Кнопка сброса
D	6 и 8	Кнопка включения

Корпуса могут оснащаться одно- или двухцветным индикатором LED, соответствующим функции Power LED. Двухцветный индикатор позволяет получить больше сведений о состоянии питания и службы сообщений. Возможные состояния одно- и двухцветных индикаторов описаны в табл. 4.55.

Таблица 4.55. Возможные состояния индикаторов Power LED

Тип LED-индикатора	Состояние LED-индикатора	Описание	Состояние ACPI
Одноцветный	Погашен	Компьютер выключен или переведен в режим ожидания	S1, S3, S5
	Постоянно горит зеленым	Компьютер работает	S0
	Мигает зеленым	Компьютер работает; получено сообщение	S0
Двухцветный	Погашен	Компьютер выключен или переведен в режим ожидания	S5
	Постоянно горит зеленым	Компьютер работает	S0
	Мигает зеленым	Компьютер работает; получено сообщение	S0
	Постоянно горит желтым	Компьютер находится в ''спящем'' режиме	S1, S3
	Мигает желтым	Компьютер находится в ''спящем'' режиме; получено сообщение	S1, S3

Производители многих системных плат не следуют рекомендациям по подключению переключателей и индикаторов передней панели и используют собственные схемы размещения контактов. Соответствующий пример приведен на рис. 4.31.

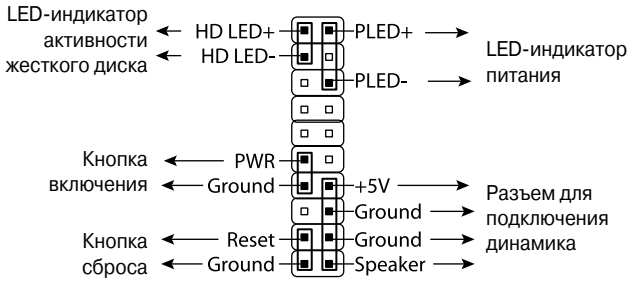


Рис. 4.31. Альтернативная схема расположения контактов для подключения переключателей и индикаторов передней панели

Некоторые старые модели системных плат Intel, а также платы от других производителей часто оснащались разъемом, в котором контакты располагались в один ряд (рис. 4.32).

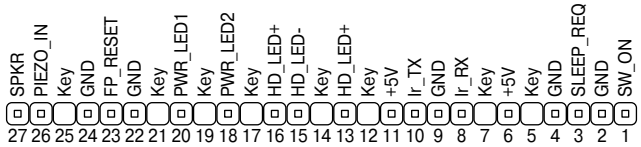


Рис. 4.32. Альтернативная схема расположения контактов для подключения переключателей и индикаторов передней панели

В табл. 4.56 представлены сведения о расположении контактов для подключения переключателей и индикаторов передней панели на некоторых системных платах.

Для согласования разъемов корпуса и системной платы, возможно, придется разобрать разъемы и изменить положение контактов в них. Например, у меня есть корпус, в котором используется 3-контактный разъем Power LED, а на системной плате ему соответствует 2-контактный разъем. Поэтому мне не оставалось ничего иного, как изменить положение кон-

тактов в разъеме корпуса. К счастью, это довольно простая задача: контакты очень легко фиксируются в разъеме с помощью защелки.

Таблица 4.56. Альтернативная схема расположения контактов для подключения переключателей и индикаторов передней панели в один ряд

Разъем	Контакты	Имя сигнала
Speaker (динамик)	27	SPKR
	26	PIEZO_IN
	25	Key (контакт отсутствует)
	24	GND
Reset (сброс)	23	FP_RESET
	22	GND
None (нет)	21	Key (контакт отсутствует)
Sleep/Power LED (индикатор питания/режима ожидания)	20	PWR_LED1 (зеленый)
	19	Key (контакт отсутствует)
	18	PWR_LED2 (желтый)
None (нет)	17	Key (контакт отсутствует)
Hard Drive LED (индикатор жесткого диска)	16	HD_LED+
	15	HD_LED–
	14	Key (контакт отсутствует)
	13	HD_LED+
None (нет)	12	Key (контакт отсутствует)
IrDA (инфракрасный порт)	11	+5 В
	10	Ir_TX
	9	GND
	8	Ir_RX
	7	Контакт отсутствует
	6	+5 В
None (нет)	5	Контакт отсутствует
Sleep/Resume (режим ожидания/продолжение работы)	4	GND
	3	SLEEP_REQ
Power On (кнопка питания)	2	GND
	1	SW_ON

Многие системные платы оснащены разъемами для подключения портов USB на передней панели корпуса. Согласно стандарту, в данном случае предполагается использование 10-контактного штырькового разъема. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения двух портов USB представлена на рис. 4.33 и описана в табл. 4.57.



Рис. 4.33. Схема размещения контактов стандартного разъема для подключения двух портов USB

Многие корпуса оснащены несколькими внутренними разъемами для подключения портов USB. Соответствующие разъемы показаны на рис. 4.34.

Таблица 4.57. Схема расположения контактов стандартного разъема USB

Описание	Имя сигнала	Контакт	Контакт	Имя сигнала	Описание
+ 5 В (порт 0)	USB0_PWR	1	2	USB1_PWR	+ 5 В (порт 1)
Данные "–" (порт 0)	USB_D0-	3	4	USB_D1-	Данные "–" (порт 1)
Данные "+" (порт 0)	USB_D0+	5	6	USB_D1+	Данные "+" (порт 1)
Земля (порт 0)	GND	7	8	GND	Земля (порт 1)
Контакт отсутствует	Key	9	10	NC/Shield	Не подключен/экран

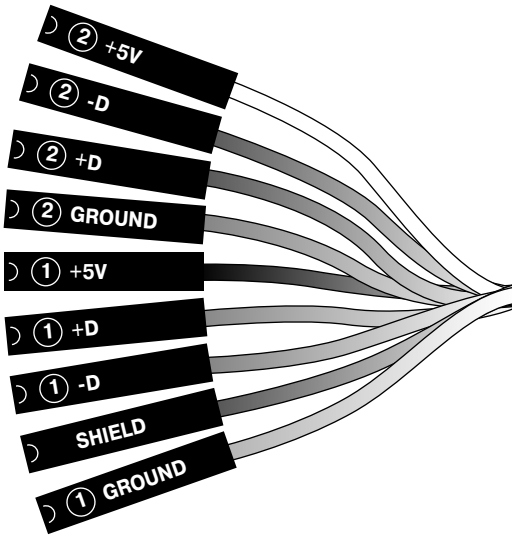


Рис. 4.34. Отдельные разъемы для подключения портов USB на передней панели

Используя подобные раздельные разъемы, следует обязательно подключать их к соответствующим контактам. Иногда кабели USB оснащены 5-контактным разъемом; в данном случае очень важно правильно подключить разъем. Соответствующие сведения наверняка представлены в документации к системной плате и корпусу.

Предупреждение

Если корпус оснащен только отдельными разъемами, их необходимо подключать к соответствующим контактам; в противном случае это может привести к короткому замыканию, что повредит системную плату и/или устройство, подключенное к порту USB. Некоторые высококачественные модели системных плат оснащены специальными предохранителями, которые позволяют предотвратить возникновение подобных ситуаций.

Некоторые модели материнских плат оснащены разъемами IEEE 1394 (FireWire/i.LINK); порты FireWire также можно добавить с помощью плат расширения. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения порта IEEE 1394 представлена на рис. 4.35 и описана в табл. 4.58.

Таблица 4.58. Схема расположения контактов стандартного разъема IEEE 1394 (FireWire/i.LINK)

Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал
TPA+	1	2	TPA–
Общий	3	4	Общий
TPB+	5	6	TPB–
+12 В	7	8	+12 В
Ключ (контакт отсутствует)	9	10	Общий

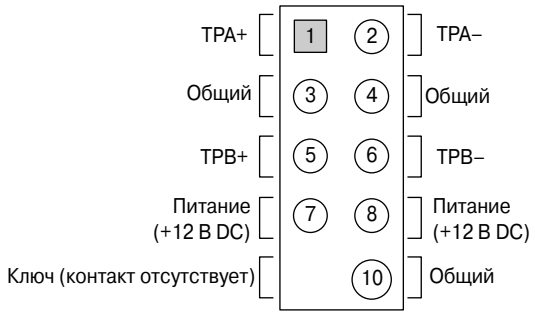


Рис. 4.35. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения порта IEEE 1394 (FireWire/i.LINK)

Обратите внимание на то, что физические размеры и схема размещения контактов разъема FireWire совпадают с таковыми для разъема USB. Это очень неудобно, так как кабель USB можно случайно подключить к разъему FireWire, и наоборот, и любая из этих ситуаций приведет к короткому замыканию.

Предупреждение

Ни в коем случае не подключайте кабель USB к разъему FireWire, а кабель FireWire — к разъему USB. Это вызовет короткое замыкание и приведет к повреждению системной платы при подключении периферийных устройств. Некоторые качественные модели системных плат оснащены специальными предохранителями, которые позволяют предотвратить возникновение подобных ситуаций.

Системные платы, оснащенные звуковой подсистемой, также содержат разъемы для подключения звуковых входов и выходов на передней панели. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения звуковых входов и выходов на передней панели представлена на рис. 4.36 и описана в табл. 4.59.

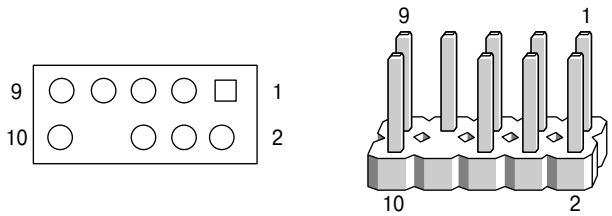


Рис. 4.36. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения звуковых входов и выходов на передней панели

Таблица 4.59. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения звуковых входов и выходов на передней панели

Описание	Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал	Описание
Микрофонный вход	AUD_MIC	1	2	AUD_GND	Общий
Питание микрофона	AUD_MIC_BIAS	3	4	AUD_VCC	+5 В (после фильтра)
Правый канал	AUD_FPOUT_R	5	6	AUD_RET_R	Правый канал
Общий или управление усилением сигнала на наушники	GND/HP_ON	7	8	KEY	Контакт отсутствует
Левый канал	AUD_FPOUT_L	9	10	AUD_RET_L	Левый канал

Некоторые модели системных плат имеют разъем для подключения инфракрасного порта, обеспечивающего взаимодействие с такими устройствами, как сотовые телефоны, КПК, пор-

тативные компьютеры, принтеры и другие устройства с интерфейсом IrDA. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения инфракрасного порта показана рис. 4.37 и описана в табл. 4.60.

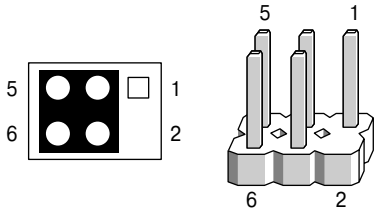


Рис. 4.37. Схема расположения контактов стандартного разъема для подключения инфракрасного порта

Таблица 4.60. Назначение выводов разъема инфракрасного порта

Описание	Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал	Описание
Нет подключения	NC	1	2	KEY	Контакт отсутствует
Питание порта	+5V	3	4	GND	Общий
Последовательный вывод IrDA	IR_TX	5	6	IR_RX	Последовательный ввод IrDA

В табл. 4.61–4.69 приведены назначения выводов всех остальных разъемов материнской платы.

Таблица 4.61. Назначение выводов батарейки

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Общий	3	Ключ
2	Не используется	4	+4–6 В

Таблица 4.62. Назначение выводов разъемов светодиодного индикатора (LED) и блокировки клавиатуры (Keylock)

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Питание LED (+5 В)	4	Клавиатура блокирована
2	Ключ	5	Общий
3	Общий		

Таблица 4.63. Назначение выводов разъема громкоговорителя

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Общий	3	Громкоговоритель на системной плате
2	Ключ	4	Внешний громкоговоритель

Таблица 4.64. Назначение выводов разъема открытия корпуса

Контакт	Сигнал
1	Общий
2	CHS_SEC

Таблица 4.65. Назначение выводов разъема Wake On LAN

Контакт	Сигнал
1	+5 В
2	Общий
3	WOL

Таблица 4.66. Назначение выводов активизации по входящему звонку

Контакт	Сигнал
1	Общий
2	RINGA

Таблица 4.67. Назначение выводов разъема аудиовхода CD-ROM

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	CD-IN (левый канал)	3	Общий
2	Общий	4	CD-IN (правый канал)

Таблица 4.68. Назначение выводов телефонного разъема

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Аудиовыход	3	Общий
2	Общий	4	Аудиовход

Таблица 4.69. Назначение выводов линейного входа

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Вход (левый канал)	3	Общий
2	Общий	4	Вход (правый канал)

Примечание

В некоторых системных платах есть вмонтированный пьезодинамик. Для того чтобы включить его, необходимо замкнуть перемычкой разъемы 3 и 4. Без использования перемычки будет задействован традиционный динамик.

Многие современные системные платы содержат три-четыре разъема для подключения вентилятора охлаждения процессора, заднего и переднего корпусных вентиляторов, а также вентилятора блока питания или модуля стабилизатора напряжения (табл. 4.70). Как правило, это 3-контактный разъем; третий контакт используется для подачи сигнала тахометра, необходимого для контроля частоты вращения вентилятора. Если системная плата поддерживает функцию контроля частоты вращения вентилятора, она воспроизводит звуковой сигнал в том случае, когда вентилятор вращается слишком медленно или остановился.

Таблица 4.70. Назначение выводов разъема питания вентилятора процессора

Контакт	Сигнал
1	Общий
2	+12 В
3	Тахометр

Предупреждение

Не устанавливайте перемычку на этот разъем! Если закоротить контакт +12 В на землю, можно серьезно повредить материнскую плату.

Типы, назначение и функционирование шин

Основой системной платы являются различные шины, служащие для передачи сигналов компонентам системы. *Шина* представляет собой общий канал связи, используемый в компьютере и позволяющий соединить два и более системных компонента.

Существует определенная иерархия шин ПК, которая выражается в том, что каждая более медленная шина соединена с более быстрой. Современные компьютерные системы включают в себя три, четыре или более шины. Каждое системное устройство соединено с какой-либо шиной, причем определенные устройства (чаще всего это наборы микросхем) служат мостом между шинами.

- **Шина процессора.** Эта высокоскоростная шина является ядром набора микросхем и системной платы. Она используется в основном процессором для передачи данных между кэш-памятью или основной памятью и северным мостом набора микросхем. В системах на базе процессоров Pentium эта шина работает на частоте 66, 100, 133, 200, 266, 400, 533, 800 или 1066 МГц и имеет ширину 64 разряда (8 байт).
- **Шина AGP.** Эта 32-разрядная шина работает на частоте 66 (AGP 1x), 133 (AGP 2x), 266 (AGP 4x) или 533 МГц (AGP 8x), обеспечивает пропускную способность до 2133 Мбайт/с и предназначается для подключения видеоадаптера. Она соединена с северным мостом или контроллером памяти (MCH) набора микросхем системной логики.
- **Шина PCI Express.** Третье поколение шины PCI. Шина PCI Expres — это шина с дифференциальными сигналами, которые может передавать северный или южный мост. Быстродействие PCI Express выражается в количестве линий. Каждая двунаправленная линия обеспечивает скорость передачи данных 2,5 или 5 Гбит/с в обоих направлениях (эффективное значение — 250 или 500 Мбайт/с). Разъем с поддержкой одной линии обозначается как PCI Express x1. Видеоадаптеры PCI Express обычно устанавливаются в разъем x16, который обеспечивает скорость передачи данных 4 или 8 Гбайт/с в каждом направлении.
- **Шина PCI.** Эта 32-разрядная шина работает на частоте 33 МГц; используется, начиная с систем на базе процессоров 486. В настоящее время существует реализация этой шины с частотой 66 МГц. Она находится под управлением контроллера PCI — компонента северного моста или контроллера MCH набора микросхем системной логики. На системной плате устанавливаются разъемы, обычно четыре или более, в которые можно подключать сетевые адаптеры, SCSI- и видеоадаптеры, а также другое оборудование, поддерживающее этот интерфейс. Шины PCI-X и PCI Express представляют собой более производительные реализации шины PCI; материнские платы и системы, поддерживающие эту шину, появились на рынке в середине 2004 года.
- **Шина ISA.** Эта 16-разрядная шина, работающая на частоте 8 МГц, впервые стала использоваться в системах AT в 1984 году (в первоначальном варианте IBM PC она была 8-разрядной и работала на частоте 5 МГц). Данная шина имела широкое распространение, но была исключена из спецификации PC99. Реализуется с помощью южного моста. Чаще всего к ней подключается микросхема Super I/O.

Некоторые современные системные платы содержат специальный разъем, получивший название *Audio Modem Riser* (*AMR*) или *Communications and Networking Riser* (*CNR*). Подобные специализированные разъемы предназначены для плат расширения, обеспечивающих выполнение сетевых и коммуникационных функций. Следует заметить, что эти разъемы не являются универсальным интерфейсом шины, поэтому лишь немногие из специализированных плат AMR или CNR присутствуют на потребительском рынке. Как правило, такие платы прилагаются к какой-либо определенной системной плате. Их конструкция позволяет легко создавать как стандартные, так и расширенные системные платы, не резервируя на них место для установки дополнительных микросхем. Большинство системных плат, обеспечивающих стандартные сетевые функции и функции работы с модемом, созданы на основе шины PCI, так как разъемы AMR/CNR имеют узкоспециализированное назначение. Разъемы AMR и CNR показаны на рис. 4.38.

В современных системных платах имеются также скрытые шины, для которых не предусмотрено никаких гнезд или разъемов. Имеются в виду шины, предназначенные для соединения компонентов наборов микросхем, например hub-интерфейса и шины LPC. Hub-интерфейс представляет собой четырехтактную (4x) 8-разрядную шину с рабочей частотой 66 МГц, которая используется для обмена данными между компонентами MCH и ICH набора микросхем (hub-архитектура). Пропускная способность hub-интерфейса достигает 266 Мбайт/с, что позволяет использовать его для соединения компонентов набора микросхем в недорогих конст-

рукциях. Некоторые современные наборы микросхем для рабочих станций и серверов, а также последняя серия 9xx от Intel для настольных компьютеров используют более быстродействующие версии этого hub-интерфейса. Сторонние производители наборов микросхем системной логики также реализуют свои конструкции высокоскоростных шин, соединяющих отдельные компоненты набора между собой.

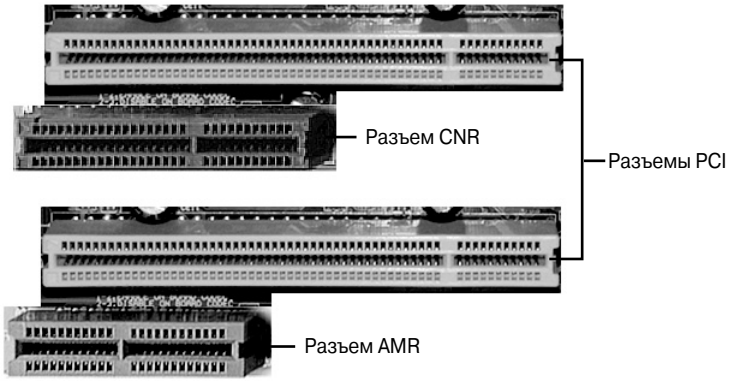


Рис. 4.38. Разъемы AMR и CNR в сравнении с разъемами PCI. При использовании разъема AMR соответствующий ему разъем PCI недоступен

Для подобных целей предназначена и шина LPC, которая представляет собой 4-разрядную шину с максимальной пропускной способностью 16,67 Мбайт/с и применяется в качестве более экономичного по сравнению с шиной ISA варианта. Обычно шина LPC используется для соединения Super I/O или компонентов ROM BIOS системной платы с основным набором микросхем. Шина LPC имеет примерно равную рабочую частоту, но использует значительно меньше контактов. Она позволяет полностью отказаться от использования шины ISA в системных платах.

Набор микросхем системной логики можно сравнить с дирижером, который руководит оркестром системных компонентов системы, позволяя каждому из них подключиться к собственной шине. В табл. 4.71 приведены разрядность, частота и скорость передачи данных практически всех типов шин ПК.

Таблица 4.71. Скорость передачи данных и другие параметры шин

Тип шины	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Цикл данных/такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с
8-разрядная ISA (PC/XT)	8	4,7	1/3	2,39
8-разрядная ISA (AT)	8	8,33	S	4,17
LPC	4	33	1/3	16,67
16-разрядная ISA (AT-Bus)	16	8,33	S	8,33
Интерфейс DD гибких дисков	1	0,25	1	0,03125
Интерфейс HD гибких дисков	1	0,5	1	0,0625
Интерфейс ED гибких дисков	1	1	1	0,125
EISA Bus	32	8,33	1	33
VL-Bus	32	33	1	133
MCA-16	16	5	1	10
MCA-32	32	5	1	20
MCA-16 Streaming	16	10	1	20
MCA-32 Streaming	32	10	1	40
MCA-64 Streaming	64	10	1	80
MCA-64 Streaming	64	20	1	160
PC-Card (PCMCIA)	16	10	1	20

Продолжение табл. 4.71

Тип шины	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Цикл данных/такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с
CardBus	32	33	1	133
PCI	32	33	1	133
PCI 66 МГц	32	66	1	266
64-разрядная PCI	64	33	1	266
64-разрядная PCI 66 МГц	64	66	1	533
PCI-X 66	64	66	1	533
PCI-X 133	64	133	1	1066
PCI-X 266	64	266	1	2133
PCI-X 533	64	533	1	4266
PCI Express 1.x	1	2500	0,8	250
PCI Express 1.x	16	2500	0,8	4000
PCI Express 1.x	32	2500	0,8	8000
PCI Express 2.x	1	5000	0,8	500
PCI Express 2.x	16	5000	0,8	8000
PCI Express 2.x	32	5000	0,8	16000
8-разрядный Hub-интерфейс Intel	8	66	4	266
16-разрядный Hub-интерфейс Intel	8	66	4	533
AMD HyperTransport 2x2	2	200	2	100
AMD HyperTransport 4x2	4	200	2	200
AMD HyperTransport 8x2	8	200	2	400
AMD HyperTransport 16x2	16	200	2	800
AMD HyperTransport 32x2	32	200	2	1600
AMD HyperTransport 2x4	2	400	2	200
AMD HyperTransport 4x4	4	400	2	400
AMD HyperTransport 8x4	8	400	2	800
AMD HyperTransport 16x4	16	400	2	1600
AMD HyperTransport 32x4	32	400	2	3200
AMD HyperTransport 2x8	2	800	2	400
AMD HyperTransport 4x8	4	800	2	800
AMD HyperTransport 8x8	8	800	2	1600
AMD HyperTransport 16x8	16	800	2	3200
AMD HyperTransport 32x8	32	800	2	6400
ATI A-Link	16	66	2	266
VIA V-link 4x	8	66	4	266
VIA V-link 8x	8	66	8	533
SiS MuTIOL	16	133	2	533
SiS MuTIOL 1G	16	266	2	1066
AGP	32	66	1	266
AGP 2x	32	66	2	533
AGP 4x	32	66	4	1066
AGP 8x	32	66	8	2133
RS-232 Serial	1	0,1152	1/10	0,01152
RS-232 Serial HS	1	0,2304	1/10	0,02304
IEEE-1284 Parallel	8	8,33	1/6	1,38
IEEE-1284 EPP/ECP	8	8,33	1/3	2,77
USB 1.1/2.0 low speed	1	1,5	1	0,1875
USB 1.1/2.0 full speed	1	12	1	1,5
USB 2.0 full speed	1	480	1	60
IEEE-1394a S100	1	100	1	12,5
IEEE-1394a S200	1	200	1	25
IEEE-1394a S400	1	400	1	50
IEEE-1394b S800	1	800	1	100
IEEE-1394b S1600	1	1600	1	200

Продолжение табл. 4.71

Тип шины	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Цикл данных/такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с
ATA PIO-4	16	8,33	1	16,67
ATA-UDMA/33	16	8,33	2	33
ATA-UDMA/66	16	16,67	2	66
ATA-UDMA/100	16	25	2	100
ATA-UDMA/133	16	33	1	133
SATA-150	1	1500	1	150
SATA-300	1	3000	1	300
SATA-600	1	6000	1	600
SCSI	8	5	1	5
SCSI Wide	16	5	1	10
SCSI Fast	8	10	1	10
SCSI Fast/Wide	16	10	1	20
SCSI Ultra	8	20	1	20
SCSI Ultra/Wide	16	20	1	40
SCSI Ultra2	8	40	1	40
SCSI Ultra/Wide2	16	40	1	80
SCSI Ultra3 (Ultra160)	16	40	2	160
SCSI Ultra4 (Ultra320)	16	80	2	320
FPM DRAM	64	22	1	177
EDO DRAM	64	33	1	266
PC66 SDRAM	64	66	1	533
PC100 SDRAM	64	100	1	800
PC133 SDRAM	64	133	1	1066
PC1600 DDR DIMM (DDR200)	64	100	2	1600
PC2100 DDR DIMM (DDR266)	64	133	2	2133
PC2700 DDR DIMM (DDR333)	64	167	2	2666
PC3200 DDR DIMM (DDR400)	64	200	2	3200
PC3500 DDR (DDR433)	64	216	2	3466
PC3700 DDR (DDR466)	64	233	2	3733
PC2-3200 DDR2 (DDR2-400)	64	200	2	3200
PC2-4300 DDR2 (DDR2-533)	64	267	2	4266
PC2-5400 DDR2 (DDR2-667)	64	333	2	53330
PC2-6400 DDR2 (DDR2-800)	64	400	2	6400
RIMM1200 RDRAM (PC600)	16	300	2	1200
RIMM1400 RDRAM (PC700)	16	350	2	1400
RIMM1600 RDRAM (PC800)	16	400	2	1600
RIMM2100 RDRAM (PC1066)	16	533	2	2133
RIMM2400 RDRAM (PC1200)	16	600	2	2400
RIMM3200 RDRAM (PC800)	32	400	2	3200
RIMM4200 RDRAM (PC1066)	32	533	2	4266
RIMM4800 RDRAM (PC1200)	32	600	2	4800
486 CPU FSB 33 МГц	32	33	1	133
Шина FSB процессора Pentium I/II/III, 66 МГц	64	66	1	53
Шина FSB процессора Pentium I/II/III, 100 МГц	64	100	1	800
Шина FSB процессора Pentium I/II/III, 133 МГц	64	133	1	1066
Шина FSB процессора Athlon, 200 МГц	64	100	2	1600
Шина FSB процессора Athlon, 266 МГц	64	133	2	2133
Шина FSB процессора Athlon, 333 МГц	64	167	2	2666
Шина FSB процессора Athlon, 400 МГц	64	200	2	3200
Шина FSB процессора Athlon, 533 МГц	64	267	2	4266
Шина FSB процессора Pentium 4, 400 МГц	64	100	4	3200
Шина FSB процессора Pentium 4, 533 МГц	64	133	4	4266
Шина FSB процессора Pentium 4, 800 МГц	64	200	4	6400

Окончание табл. 4.71

Тип шины	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Цикл данных/такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с
Шина FSB процессора Pentium 4, 1066 МГц	64	267	4	8533
Шина FSB процессора Itanium, 266 МГц	64	133	2	2133
Шина FSB процессора Itanium 2, 400 МГц	128	100	4	6400

Шины ISA, EISA, VL-Bus и MCA в современных конструкциях системных плат не используются.

ISA — Industry Standard Architecture (архитектура промышленного стандарта), известная также как 8-разрядная PC/XT или 16-разрядная AT-Bus.

LPC — шина Low Pin Count (шина с малым количеством контактов).

DD Floppy — Double-Density (360/720 Кбайт) Floppy (гибкий диск с удвоенной плотностью записи).

HD Floppy — High-Density (1,2/1,44 Мбайт) Floppy (гибкий диск с высокой плотностью записи).

ED Floppy — Extra-high Density (2,88 Мбайт) Floppy (гибкий диск со сверхвысокой плотностью записи).

EISA — Extended Industry Standard Architecture (32-разрядная ISA).

VL-Bus — VESA (Video Electronics Standards Association) Local Bus (расширение ISA).

MCA — MicroChannel Architecture (микроканальная архитектура) (системы IBM PS/2).

PC-Card — 16-разрядный интерфейс PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association).

CardBus — 32-разрядная шина PC-Card.

Hub Interface — шина набора микросхем Intel серии 8xx.

PCI — Peripheral Component Interconnect (шина взаимодействия периферийных компонентов).

AGP — Accelerated Graphics Port (ускоренный графический порт).

RS-232 — стандартный последовательный порт, 115,2 Кбайт/с.

RS-232 HS — высокоскоростной последовательный порт, 230,4 Кбайт/с.

IEEE-1284 Parallel — стандартный двунаправленный параллельный порт.

IEEE-1284 EPP/ECP — Enhanced Parallel Port/Extended Capabilities Port (параллельный порт с расширенными возможностями).

USB — Universal Serial Bus (универсальная последовательная шина).

IEEE-1394 — шина FireWire, называемая также i.Link.

ATA PIO — AT Attachment (известный также как IDE) Programmed I/O (шина ATA с программируемым вводом-выводом).

ATA-UDMA — AT Attachment Ultra DMA (режим Ultra-DMA шины ATA).

SCSI — Small Computer System Interface (интерфейс малых компьютерных систем).

FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).

EDO — Extended Data Out (расширенный ввод-вывод).

SDRAM — Synchronous Dynamic RAM (синхронное динамическое ОЗУ).

RDRAM — Rambus Dynamic RAM (динамическое ОЗУ технологии Rambus).

RDRAM Dual — двухканальная RDRAM (одновременное функционирование).

DDR-SDRAM — Double-Data Rate SDRAM (SDRAM с удвоенной скоростью).

CPU FSB — шина процессора (или Front-Side Bus).

Hub-интерфейс — шина набора микросхем Intel 8xx.

HyperTransport — шина набора микросхем AMD.

V-link — шина набора микросхем VIA Technologies.

MuTIOL — шина набора микросхем SiS.

DDR2 — новое поколение памяти стандарта DDR.

Для повышения эффективности во многих шинах в течение одного такта выполняется несколько циклов передачи данных. Это означает, что скорость передачи данных выше, чем это может показаться на первый взгляд. Существует достаточно простой способ повысить быстродействие шины с помощью обратно совместимых компонентов.

Шина процессора (FSB)

Эта шина соединяет процессор с северным мостом или контроллером памяти MCH. Она работает на частотах 66–200 МГц и используется для передачи данных между процессором и основной системной шиной или между процессором и внешней кэш-памятью в системах на базе процессоров пятого поколения. Схема взаимодействия шин в типичном компьютере на базе процессора Pentium (Socket 7) приведена на рис. 4.39.

На этом рисунке четко видна трехуровневая архитектура, в которой на самом верхнем уровне иерархии находится шина процессора, далее следует шина PCI и за ней шина ISA. Большинство компонентов системы подключается к одной из этих трех шин.

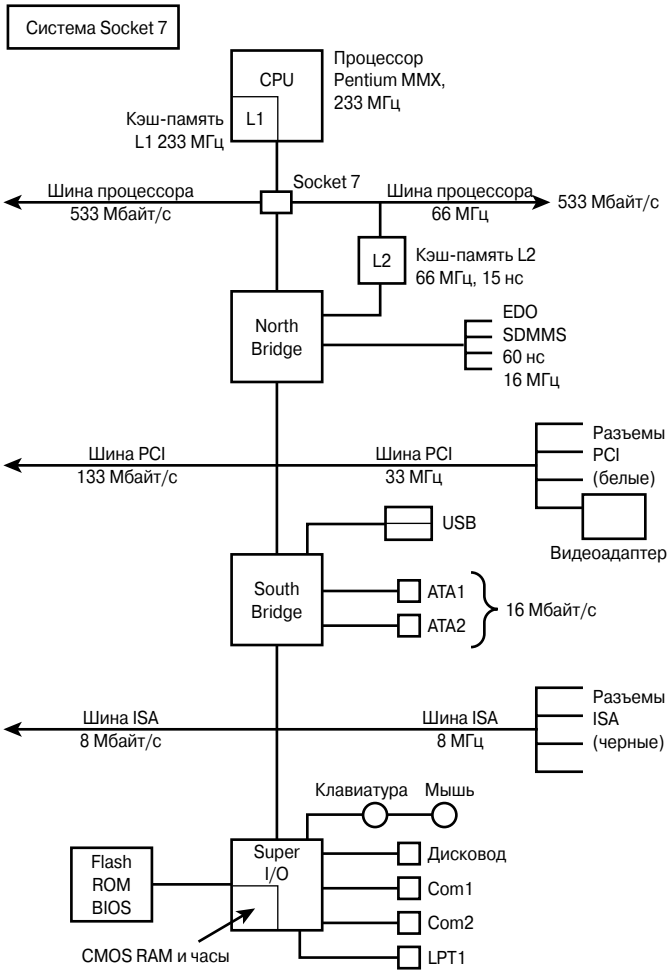


Рис. 4.39. Архитектура системы на базе процессора Pentium (Socket 7)

В системах, созданных на основе процессоров Socket 7, внешняя кэш-память второго уровня установлена на системной плате и соединена с шиной процессора, которая работает на частоте системной платы (обычно от 66 до 100 МГц). Таким образом, при появлении процессоров Socket 7 с более высокой тактовой частотой рабочая частота кэш-памяти осталась равной сравнительно низкой частоте системной платы. Например, в наиболее быстродействующих

системах Intel Socket 7 частота процессора равна 233 МГц, а частота шины процессора при множителе 3,5x достигает только 66 МГц. Следовательно, кэш-память второго уровня также работает на частоте 66 МГц. Возьмем, например, систему Socket 7, использующую процессоры AMD K6-2 550, работающие на частоте 550 МГц: при множителе 5,5x частота шины процессора равна 100 МГц. Следовательно, в этих системах частота кэш-памяти второго уровня достигает только 100 МГц.

Проблема медленной кэш-памяти второго уровня была решена в процессорах класса P6, таких как Pentium Pro, Pentium II, Celeron, Pentium III, а также AMD Athlon и Duron. В этих процессорах использовались разъемы Socket 8, Slot 1, Slot 2, Slot A, Socket A или Socket 370. Кроме того, кэш-память второго уровня была перенесена с системной платы непосредственно в процессор и соединена с ним с помощью встроенной шины. Теперь эта шина стала называться *шиной переднего плана* (Front-Side Bus — FSB), однако я, согласно устоявшейся традиции, продолжаю называть ее шиной процессора.

Включение кэш-памяти второго уровня в процессор позволило значительно повысить ее скорость. В современных процессорах кэш-память расположена непосредственно в кристалле процессора, т.е. работает с частотой процессора. В более ранних версиях кэш-память второго уровня находилась в отдельной микросхеме, интегрированной в корпус процессора, и работала с частотой, равной 1/2, 2/5 или 1/3 частоты процессора. Однако даже в этом случае скорость интегрированной кэш-памяти была значительно выше, чем скорость внешнего кэша, ограниченного частотой системной платы Socket 7.

В системах Slot 1 кэш-память второго уровня была встроена в процессор, но работала только на его половинной частоте. Повышение частоты шины процессора с 66 до 100 МГц привело к увеличению пропускной способности до 800 Мбайт/с. Следует отметить, что в большинство систем была включена поддержка AGP. Частота стандартного интерфейса AGP равна 66 МГц (т.е. вдвое больше скорости PCI), но большинство систем поддерживает порт AGP 2x, быстродействие которого вдвое выше стандартного AGP, что приводит к увеличению пропускной способности до 533 Мбайт/с. Кроме того, в этих системах обычно использовались модули памяти PC100 SDRAM DIMM, скорость передачи данных которых равна 800 Мбайт/с.

В системах Pentium III и Celeron разъем Slot 1 уступил место гнезду Socket 370. Это было связано главным образом с тем, что более современные процессоры включают в себя встроенную кэш-память второго уровня (работающую на полной частоте ядра), а значит, исчезла потребность в дорогом корпусе, содержащем несколько микросхем. Скорость шины процессора увеличилась до 133 МГц, что повлекло за собой повышение пропускной способности до 1066 Мбайт/с. В современных системах используется уже AGP 4x со скоростью передачи данных 1066 Мбайт/с. На рис. 4.40 показана архитектура типичной системы Socket 370.

Обратите внимание на hub-архитектуру Intel, используемую вместо традиционной архитектуры "северный/южный мост". В этой конструкции основное соединение между компонентами набора микросхем перенесено в выделенный hub-интерфейс со скоростью передачи данных 266 Мбайт/с (вдвое больше, чем у шины PCI), что позволило устройствам PCI использовать полную, без учета южного моста, пропускную способность шины PCI. Кроме того, микросхема Flash ROM BIOS, называемая теперь Firmware Hub, соединяется с системой через шину LPC. Как уже отмечалось, в архитектуре "северный/южный мост" для этого использовалась микросхема Super I/O. В большинстве систем для соединения микросхемы Super I/O вместо шины ISA теперь используется шина LPC. При этом hub-архитектура позволяет отказаться от использования Super I/O. Порты, поддерживаемые микросхемой Super I/O, называются *традиционными* (legacy), поэтому конструкция без Super I/O получила название *нетрадиционной* (legacy-free) системы. В такой системе устройства, использующие стандартные порты, должны быть подсоединены к компьютеру с помощью шины USB. В этих системах обычно используются два контроллера и до четырех общих портов (дополнительные порты могут быть подключены к узлам USB).

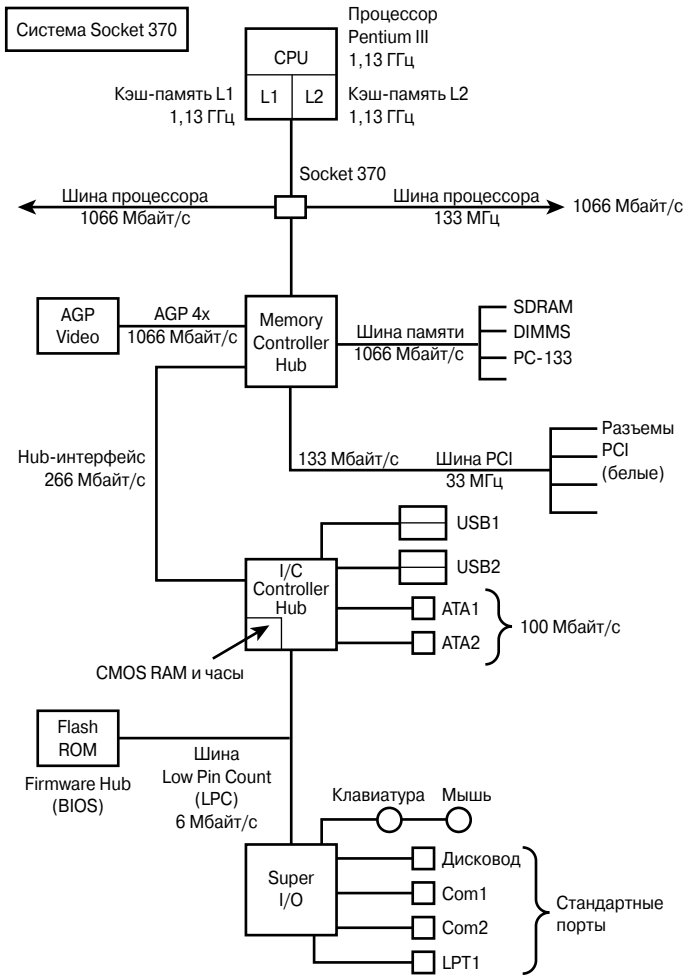


Рис. 4.40. Архитектура системы на базе процессора Pentium III/Celeron (Socket 370)

В системах, созданных на базе процессоров AMD, применена конструкция Socket A, в которой используются более быстрые по сравнению с Socket 370 процессор и шины памяти, но все еще сохраняется конструкция "северный/южный мост". Обратите внимание на быстродействующую шину процессора, частота которой достигает 333 МГц (пропускная способность — 2664 Мбайт/с), а также на используемые модули памяти DDR SDRAM DIMM, которые поддерживают такую же пропускную способность (т.е. 2664 Мбайт/с). Также следует заметить, что большинство южных мостов включает в себя функции, свойственные микросхемам Super I/O. Эти микросхемы получили название Super South Bridge (суперъюжный мост).

Система Pentium 4 (Socket 423 или Socket 478), созданная на основе hub-архитектуры, показана на рис. 4.41. Особенностью этой конструкции является шина процессора с тактовой частотой 400/533/800 МГц и пропускной способностью соответственно 3200/4266/6400 Мбайт/с. Сегодня это самая быстродействующая шина. Также обратите внимание на двухканальные модули PC3200 (DDR400), пропускная способность которых (3200 Мбайт/с) соответствует пропускной способности шины процессора, что позволяет максимально повысить производительность системы. В более производительных системах, включающих в себя шину с пропускной

способностью 6400 Мбайт/с, используются двухканальные модули DDR400 с тактовой частотой 400 МГц, благодаря чему общая пропускная способность шины памяти достигает 6400 Мбайт/с. Процессоры с частотой шины 533 МГц могут использовать парные модули памяти (PC2100/DDR266 или PC2700/DDR333) в двухканальном режиме для достижения пропускной способности шины памяти 4266 Мбайт/с. Соответствие пропускной способности шины памяти рабочим параметрам шины процессора является условием оптимальной работы.

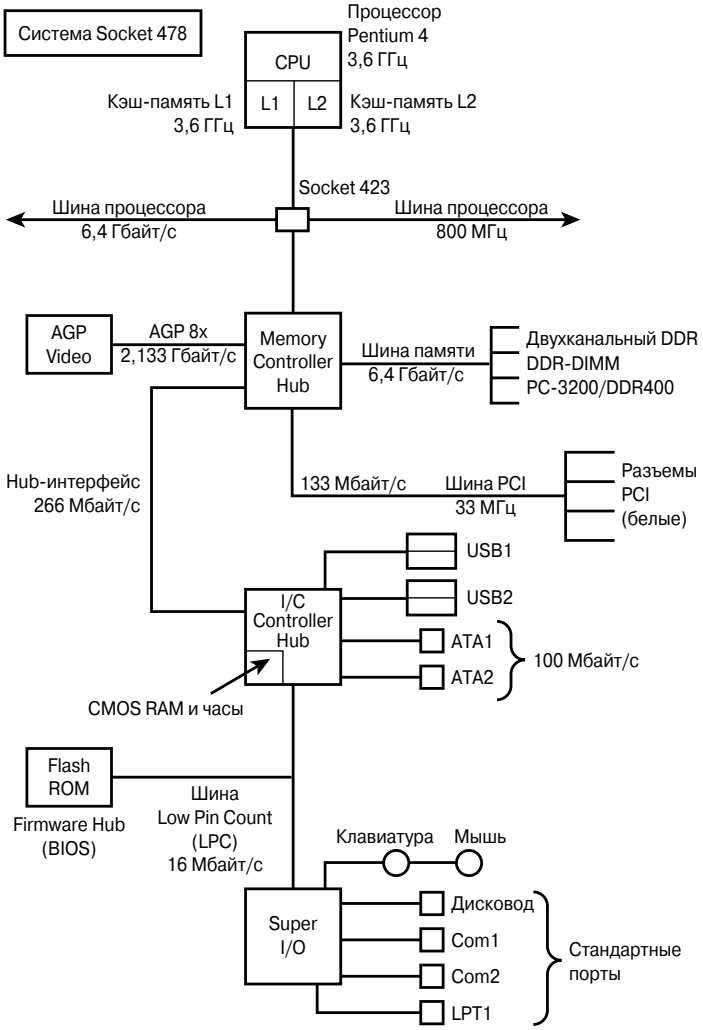


Рис. 4.41. Архитектура системы на базе процессора Pentium 4 (Socket 478)

Процессор Athlon 64, независимо от типа гнезда (Socket 754, Socket 939 или Socket 940), использует высокоскоростную архитектуру HyperTransport для взаимодействия с северным мостом или микросхемой AGP Graphics Tunnel. Первые наборы микросхем для процессоров Athlon 64 использовали версию шины HyperTransport с параметрами 16 бит/800 МГц, однако последующие модели, предназначенные для поддержки процессоров Athlon 64 и Athlon 64 FX в исполнении Socket 939, используют более быструю версию шины HyperTransport с параметрами 16 бит/1 ГГц.

Наиболее заметным отличием архитектуры Athlon 64 от всех остальных архитектур ПК является размещение контроллера памяти не в микросхеме северного моста (или микросхеме MCH/GMCH), а в самом процессоре. Процессоры Athlon 64/FX/Opteron оснащены встроенным контроллером памяти. Благодаря этому исключаются многие узкие места, связанные с внешним контроллером памяти, что положительно сказывается на общем быстродействии системы. Главный недостаток этого подхода состоит в том, что для добавления поддержки новых технологий, например памяти DDR2, придется изменять архитектуру процессора.

На рис. 4.42 представлена блок-схема компьютерной системы на базе процессора Athlon 64 FX-53, оснащенной разъемами PCI Express x1 и PCI Express x16.

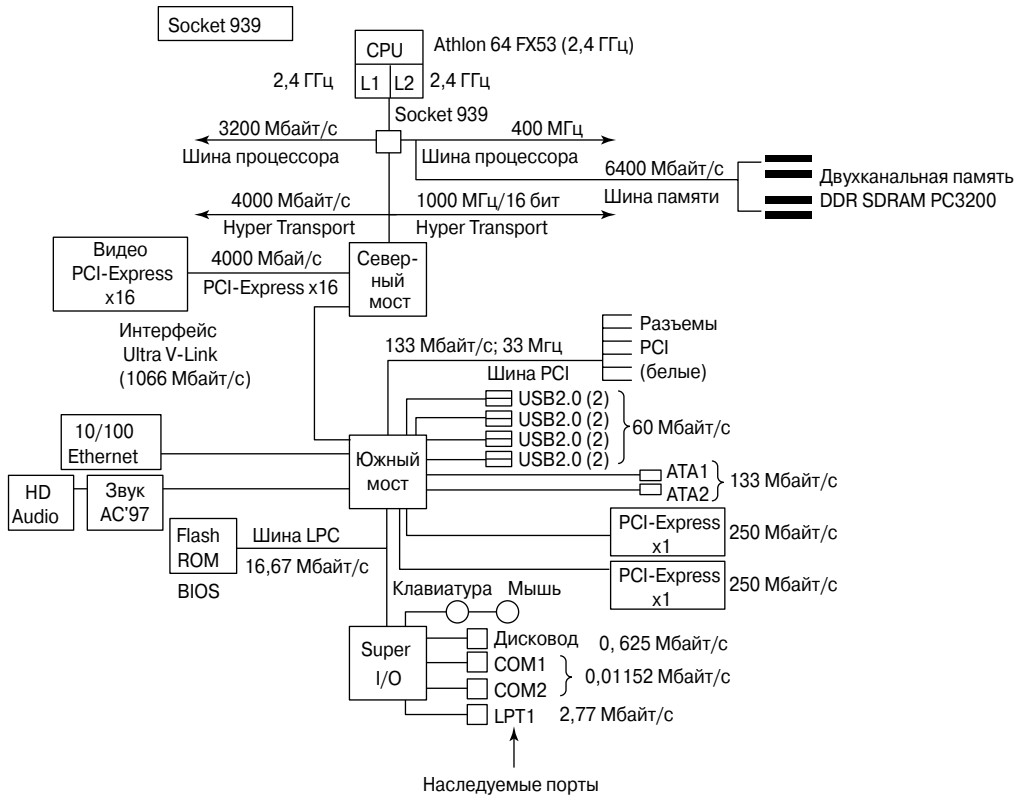


Рис. 4.42. Блок-схема компьютерной системы на базе процессора Athlon 64 FX-53 (Socket 939)

Вычисление производительности процессорной шины

Поскольку шина процессора должна обмениваться информацией с процессором с максимально возможной скоростью, в компьютере она функционирует намного быстрее любой другой шины. Сигнальные линии (линии электрической связи), представляющие шину, предназначены для передачи данных, адресов и сигналов управления между отдельными компонентами компьютера. Большинство процессоров Pentium имеет 64-разрядную шину данных, поэтому за один цикл по шине процессора передается 64 бит данных (8 байт).

Тактовая частота, используемая для передачи данных по шине процессора, соответствует его внешней частоте. Это следует учитывать, поскольку в большинстве процессоров внутренняя тактовая частота, определяющая скорость работы внутренних блоков, может превышать внешнюю. Например, процессор AMD Athlon 64 3800+ работает с внутренней тактовой частотой

2,4 ГГц, однако внешняя частота составляет всего 400 МГц, в то время как процессор Pentium 4 с внутренней частотой 3,4 ГГц имеет внешнюю частоту, равную 800 МГц. В новых системах реальная частота процессора зависит от множителя шины процессора (2x, 2,5x, 3x и выше).

Шина FSB, подключенная к процессору, по каждой линии данных может передавать один бит данных в течение одного или двух периодов тактовой частоты. Таким образом, в компьютерах с современными процессорами за один такт передается 64 бит.

Для определения скорости передачи данных по шине процессора необходимо умножить разрядность шины данных (64 бит, или 8 байт, для Celeron/Pentium III/4 или Athlon/Duron/Athlon XP/Athlon 64) на тактовую частоту шины (она равна базовой (внешней) тактовой частоте процессора).

Например, при использовании процессора Pentium 4 с тактовой частотой 3,6 ГГц, установленного на системной плате, частота которой равна 800 МГц, максимальная мгновенная скорость передачи данных будет достигать примерно 6400 Мбайт/с. Этот результат можно получить, используя следующую формулу:

800 МГц × 8 байт (64 бит) = 6400 Мбайт/с.

Для более медленной системы Pentium 4:

533,33 МГц × 8 байт (64 бит) = 4266 Мбайт/с;

400 МГц × 8 байт (64 бит) = 3200 Мбайт/с.

Для системы Athlon XP (Socket A):

400 МГц × 8 байт (64 бит) = 3200 Мбайт/с;

333 МГц × 8 байт (64 бит) = 2667 Мбайт/с;

266,66 МГц × 8 байт (64 бит) = 2133 Мбайт/с.

Для системы Pentium III (Socket 370):

133,33 МГц × 8 байт (64 бит) = 1066 Мбайт/с;

100 МГц × 8 байт (64 бит) = 800 Мбайт/с.

Максимальную скорость передачи данных называют также *пропускной способностью* шины процессора.

Типы шин ввода-вывода

За время, прошедшее момента появления первого PC, особенно за последние годы, было разработано довольно много вариантов шин ввода-вывода, так как повышение производительности компьютера всегда было первостепенной задачей. Потребность в повышении производительности определяется тремя факторами:

- быстродействием процессора;
- качеством программного обеспечения;
- возможностями компонентов мультимедиа.

Одной из главных причин, препятствующих появлению новых структур шин ввода-вывода, является их несовместимость со старым стандартом PC, который, подобно крепкому морскому узлу, связывает нас с прошлым. В свое время успех компьютеров класса PC предопределила стандартизация — многие компании разработали тысячи плат, соответствующих требованиям этого стандарта шины. Новая, более быстродействующая шина должна быть совместимой с прежним стандартом, иначе все старые платы придется просто выбросить. Поэтому технология производства шин эволюционирует медленно, без резких скачков.

Шины ввода-вывода различаются архитектурой. Основные типы шин были представлены ранее.

Различия между этими шинами в основном связаны с объемом одновременно передаваемых данных (разрядностью) и скоростью их передачи (быстродействием).

Шина ISA

Шина ISA (Industrial Standard Architecture — промышленная стандартная архитектура) использовалась в первом компьютере IBM PC, выпущенном в 1981 году, а в 1984 году — в расширенном 16-разрядном варианте в IBM PC/AT. Шина ISA — это основополагающий базис архитектуры персональных компьютеров; она использовалась вплоть до конца 1990-х годов. Кажется странным, что шина с такой "древней" архитектурой использовалась в высокопроизводительных компьютерах, выпускавшихся до конца 1990-х годов, но это объясняется ее надежностью, широкими возможностями и совместимостью. К тому же она до сих пор работает быстрее большинства подключаемых к ней периферийных устройств.

Примечание

Шина ISA практически не встречается в современных настольных системах, а количество компаний, выпускающих платы ISA, крайне ограниченно. Платы ISA пока еще популярны в промышленных системах (PICMG), однако в скором будущем они исчезнут и там.

Существуют два варианта шины ISA, различающихся количеством разрядов данных: старая 8-разрядная версия и новая 16-разрядная. Старая версия работала на тактовой частоте 4,77 МГц в компьютерах классов PC и XT. Новая версия использовалась в компьютерах класса AT с тактовыми частотами 6 и 8 МГц. Позже было достигнуто соглашение о стандартной максимальной тактовой частоте 8,33 МГц для обеих версий шин, что обеспечило их совместимость. В некоторых системах допускается использование шин при работе с большей частотой, но не все платы адаптеров выдерживают такую скорость. Для передачи данных по шине требуется от двух до восьми тактов. Поэтому максимальная скорость передачи данных по шине ISA составляет 8,33 Мбайт/с:

8,33 МГц × 16 бит : 2 такта = 66,64 Мбит/с (или 8,33 Мбайт/с).

Полоса пропускания 8-разрядной шины вдвое меньше (4,17 Мбайт/с). Однако не забывайте, что это теоретические максимумы, — из-за сложного протокола обмена данными реальная пропускная способность шины намного ниже (обычно вдвое). Но даже в этом случае шина ISA работает быстрее, чем большинство периферийных устройств, подключенных к ней.

8-разрядная шина ISA

Эта шина использовалась в первом компьютере IBM PC. В новых системах она не применяется, но до сих пор эксплуатируются сотни тысяч компьютеров с такой шиной, в том числе системы на базе процессоров 286 и 386.

В разъем вставляется плата адаптера с 62 контактами. На разъем подаются 8 линий данных и 20 линий адреса, что позволяет адресовать до 1 Мбайт памяти.

Назначение контактов разъема 8-разрядной шины ISA показано на рис. 4.43, а расположение контактов — на рис. 4.44.

Хотя эта шина очень проста, компания IBM до 1987 года не публиковала ее полного описания и временны*х* диаграмм сигналов на линиях данных и адреса. Поэтому при создании плат адаптеров для первых IBM-совместимых компьютеров разработчикам приходилось самим разбираться в ее работе. По мере распространения IBM-совместимых компьютеров и их превращения в промышленный стандарт процесс разработки существенно упростился.

Плата адаптера для 8-разрядной шины ISA имеет следующие размеры:

- высота — 4,2 дюйма (106,68 мм);
- длина — 13,13 дюйма (333,5 мм);
- толщина — 0,5 дюйма (12,7 мм).

Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал
Общий	B1	A1	–I/O CH CHK
RESET DRV	B2	A2	Данные, бит 7
+5 В	B3	A3	Данные, бит 6
IRQ 2	B4	A4	Данные, бит 5
–5 В	B5	A5	Данные, бит 4
DRQ 2	B6	A6	Данные, бит 3
–12 В	B7	A7	Данные, бит 2
-CARD SLCTD	B8	A8	Данные, бит 1
+12 В	B9	A9	Данные, бит 0
Общий	B10	A10	–I/O CH RDY
–SMEMW	B11	A11	AEN
–SMEMR	B12	A12	Адрес, бит 19
–IOW	B13	A13	Адрес, бит 18
–IOR	B14	A14	Адрес, бит 17
–DACK 3	B15	A15	Адрес, бит 16
DRQ 3	B16	A16	Адрес, бит 15
–DACK 1	B17	A17	Адрес, бит 14
DRQ 1	B18	A18	Адрес, бит 13
–Регенерация	B19	A19	Адрес, бит 12
CLK (4,77 МГц)	B20	A20	Адрес, бит 11
IRQ 7	B21	A21	Адрес, бит 10
IRQ 6	B22	A22	Адрес, бит 9
IRQ 5	B23	A23	Адрес, бит 8
IRQ 4	B24	A24	Адрес, бит 7
IRQ 3	B25	A25	Адрес, бит 6
–DACK 2	B26	A26	Адрес, бит 5
T/C	B27	A27	Адрес, бит 4
BALE	B28	A28	Адрес, бит 3
+5 В	B29	A29	Адрес, бит 2
OSC (14,3 МГц)	B30	A30	Адрес, бит 1
Общий	B31	A31	Адрес, бит 0

Рис. 4.43. Назначение контактов 8-разрядной шины ISA

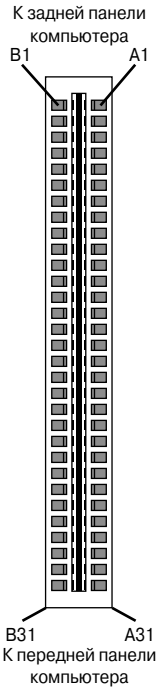


Рис. 4.44. Разъем 8-разрядной шины ISA

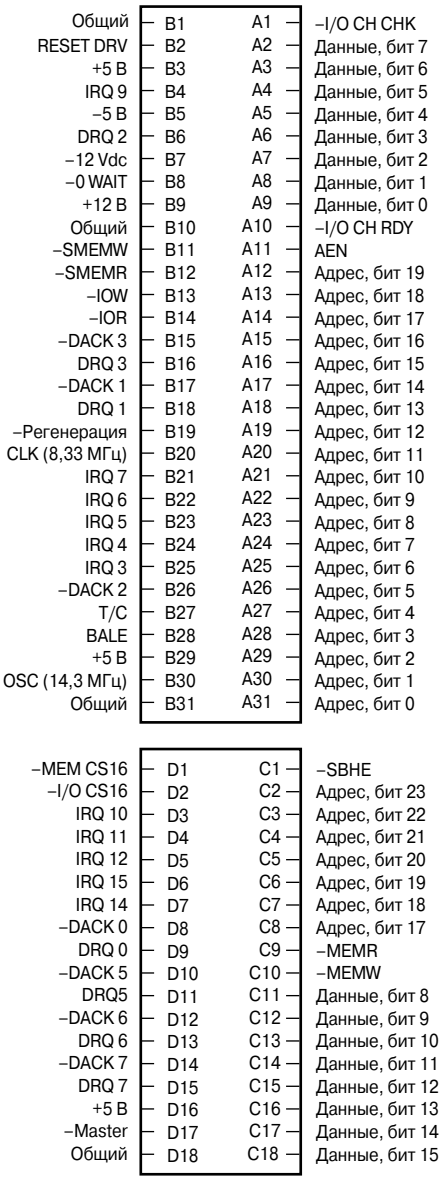
16-разрядная шина ISA

Компания IBM буквально взорвала мир ПК, представив в 1984 году модель AT, оснащенную процессором 286. Данный процессор поддерживал 16-разрядную шину данных, что позволяло обеспечить взаимодействие процессора, системной платой и памяти с использованием 16-разрядных, а не 8-разрядных данных. Хотя процессор и можно было установить на системной плате с 8-разрядной шиной ввода-вывода, все равно обеспечивалось повышенное быстродействие при обмене данными с различными платами, подключаемыми к шине.

Вместо того чтобы создавать новую шину ввода-вывода, компания IBM решила обеспечить совместимость системы с 8- и 16-разрядными адаптерами, оставив тот же 8-разрядный разъем, но добавив к нему еще один дополнительный. В результате был получен разъем для установки 16-разрядных адаптеров. Впервые представленная в компьютерах PC/AT в августе 1984 года 16-разрядная шина ISA также называлась *шиной AT*.

Дополнительный разъем в каждом 16-разрядном разъеме расширения добавляет 36 контактов (общее количество контактов для передачи данных при этом увеличивается до 98), необходимых для передачи данных большей разрядности. Кроме того, было изменено назначение двух контактов 8-разрядной части разъема. Однако подобные изменения никак не отразились на работоспособности 8-разрядных плат.

На рис. 4.45 представлена схема расположения контактов 16-разрядного разъема ISA, а на рис. 4.46 — дополнительных контактов в разъеме.



Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал
Общий	B1	A1	–I/O CH CHK
RESET DRV	B2	A2	Данные, бит 7
+5 В	B3	A3	Данные, бит 6
IRQ 9	B4	A4	Данные, бит 5
–5 В	B5	A5	Данные, бит 4
DRQ 2	B6	A6	Данные, бит 3
–12 Vdc	B7	A7	Данные, бит 2
–0 WAIT	B8	A8	Данные, бит 1
+12 В	B9	A9	Данные, бит 0
Общий	B10	A10	–I/O CH RDY
–SMEMW	B11	A11	AEN
–SMEMR	B12	A12	Адрес, бит 19
–IOW	B13	A13	Адрес, бит 18
–IOR	B14	A14	Адрес, бит 17
–DACK 3	B15	A15	Адрес, бит 16
DRQ 3	B16	A16	Адрес, бит 15
–DACK 1	B17	A17	Адрес, бит 14
DRQ 1	B18	A18	Адрес, бит 13
–Регенерация	B19	A19	Адрес, бит 12
CLK (8,33 МГц)	B20	A20	Адрес, бит 11
IRQ 7	B21	A21	Адрес, бит 10
IRQ 6	B22	A22	Адрес, бит 9
IRQ 5	B23	A23	Адрес, бит 8
IRQ 4	B24	A24	Адрес, бит 7
IRQ 3	B25	A25	Адрес, бит 6
–DACK 2	B26	A26	Адрес, бит 5
T/C	B27	A27	Адрес, бит 4
BALE	B28	A28	Адрес, бит 3
+5 В	B29	A29	Адрес, бит 2
OSC (14,3 МГц)	B30	A30	Адрес, бит 1
Общий	B31	A31	Адрес, бит 0
–MEM CS16	D1	C1	–SBHE
–I/O CS16	D2	C2	Адрес, бит 23
IRQ 10	D3	C3	Адрес, бит 22
IRQ 11	D4	C4	Адрес, бит 21
IRQ 12	D5	C5	Адрес, бит 20
IRQ 15	D6	C6	Адрес, бит 19
IRQ 14	D7	C7	Адрес, бит 18
–DACK 0	D8	C8	Адрес, бит 17
DRQ 0	D9	C9	–MEMR
–DACK 5	D10	C10	–MEMW
DRQ5	D11	C11	Данные, бит 8
–DACK 6	D12	C12	Данные, бит 9
DRQ 6	D13	C13	Данные, бит 10
–DACK 7	D14	C14	Данные, бит 11
DRQ 7	D15	C15	Данные, бит 12
+5 В	D16	C16	Данные, бит 13
–Master	D17	C17	Данные, бит 14
Общий	D18	C18	Данные, бит 15

Рис. 4.45. Выводы контактов 16-разрядной шины ISA

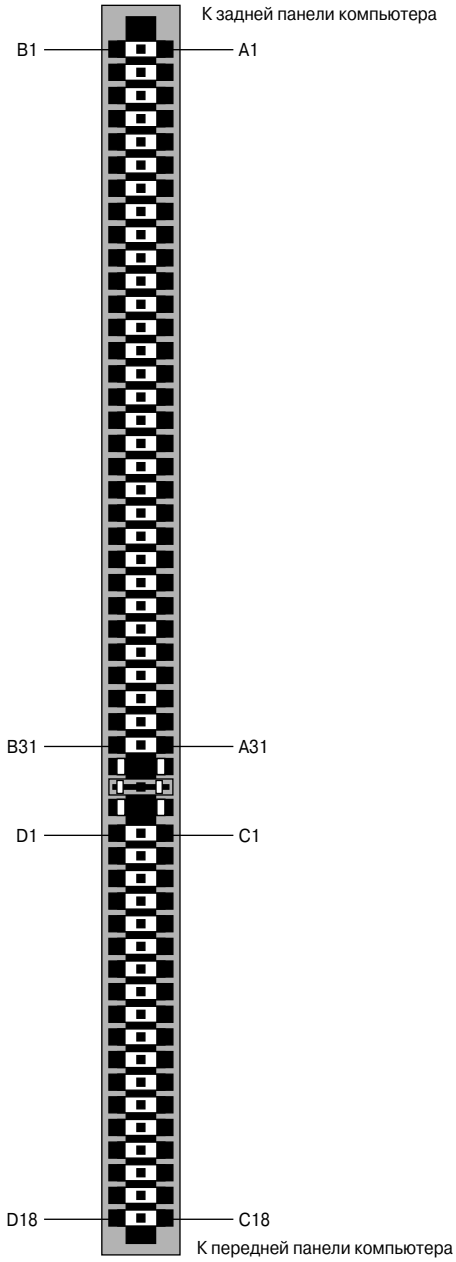


Рис. 4.46. Разъем 16-разрядной шины ISA

Обычная плата адаптера класса AT имеет следующие размеры:

- высота — 4,8 дюйма (121,92 мм);
- длина — 13,13 дюйма (333,5 мм);
- толщина — 0,5 дюйма (12,7 мм).

В компьютерах класса AT могут встретиться платы высотой как 4,8 дюйма, так и 4,2 дюйма (соответствующие старым платам для компьютеров класса PC/XT). Платы с уменьшенной высотой устанавливались в компьютере класса XT модели 286. В данной модели с системной платой, предназначенной для компьютера класса AT, использовался корпус от XT, поэтому высоту плат адаптеров пришлось уменьшить до 4,2 дюйма. После этого большинство производителей стали выпускать только адаптеры с уменьшенной высотой, которые можно установить в любой корпус.

32-разрядная шина ISA

Спустя некоторое время после выпуска 32-разрядного процессора были разработаны первые стандарты на соответствующую шину. Еще до появления первых проектов архитектур MCA и EISA некоторые компании начали разрабатывать собственные конструкции, представляющие собой расширение архитектуры ISA. Хотя их было выпущено сравнительно немного, некоторые из них встречаются даже сейчас.

Дополнительные линии этих шин обычно использовались только при работе с платами расширения памяти и видеоадаптерами, выпускаемыми компаниями, разработавшими данный стандарт. Их параметры и разводки разъемов существенно отличаются от стандартных, к тому же их спецификации и схемы контактов не распространялись.

Шина MCA

Появление 32-разрядных микросхем привело к тому, что шина ISA перестала соответствовать возможностям нового поколения процессоров. Процессор 386 может одновременно обрабатывать 32 бит данных, а шина ISA — только 16 бит. Вместо того чтобы снова расширить шину ISA, компания IBM разработала новый стандарт архитектуры. Так появилась *шина MCA* (Micro Channel Architecture — микроканальная архитектура), которая совершенно не похожа на шину ISA и во всех отношениях превосходит ее.

Компания IBM хотела не просто заменить старый стандарт ISA новым, но и вынудить производителей материнских плат приобретать лицензии на используемые ими технологии. Многие производители купили лицензии на шину ISA, созданную компанией IBM, однако политика лицензирования была не очень агрессивной, и многим удавалось выпускать свои платы и без лицензии на шину. Проблемы, связанные с лицензированием, привели к разработке альтернативной шины EISA (подробнее об этом — в следующем разделе), что существенно замедлило распространение MCA.

Работать с компьютерами MCA значительно проще, чем с их предшественниками, и это может подтвердить каждый, кто имел с ними дело. В них нет никаких перемычек или переключателей — ни на системной плате, ни на платах адаптеров. Вместо этого можно использовать специальный Reference-диск, поставляемый вместе с компьютерной системой, а также Option-диски, поставляемые вместе с отдельными платами адаптеров. Установив плату, достаточно загрузить файлы с Option-диска на Reference-диск, после чего Option-диск больше не нужен. Reference-диск содержал специальную BIOS и программу настройки для конкретной системы MCA, а конфигурировать систему без подобного диска было просто невозможно.

Более подробная информация о шине MCA приведена в предыдущих изданиях настоящей книги, содержащихся на прилагаемом компакт-диске.

Шина EISA

Стандарт *шины EISA* (Extended Industry Standard Architecture — расширенная промышленная стандартная архитектура) появился в 1988 году в ответ на требование IBM лицензировать использование шины MCA. Конкуренты не сочли нужным платить задним числом за давно используемую шину ISA и, проигнорировав новую разработку IBM, создали свой проект шины.

Вначале разработкой шины EISA занималась компания Compaq, стремившаяся выйти из-под диктата IBM и прекрасно понимавшая, что никто не будет производить ее шины, если она

останется единственной компанией, использующей их. Поэтому компания Compaq принялась активно налаживать контакты с другими ведущими производителями компьютерной техники. В результате был создан комитет EISA — некоммерческая организация, целью которой был контроль за разработкой и внедрением шины EISA. Было выпущено весьма ограниченное количество адаптеров EISA. Как правило, это были контроллеры дисковых массивов и серверные сетевые адаптеры.

Шина EISA на самом деле была 32-разрядной версией шины ISA. В отличие от шины MCA компании IBM, в 32-разрядные разъемы EISA можно устанавливать старые 8- или 16-разрядные платы ISA, благодаря чему обеспечивается полная обратная совместимость. Как и шина MCA, шина EISA поддерживает настройку адаптеров EISA с помощью специального программного обеспечения.

Количество линий в шине EISA по сравнению с ISA увеличилось до 90 (55 новых), при этом размеры разъема остались прежними. На первый взгляд 32-разрядный слот EISA выглядит почти так же, как 16-разрядный слот ISA. На самом деле разъем шины EISA является сдвоенным. Первый ряд контактов соответствует 16-разрядному слоту ISA, а остальные расположены в глубине разъема и относятся к расширению EISA. Таким образом, платы ISA могли продолжать использоваться в разъемах EISA. Хотя такой совместимости было недостаточно, чтобы шина EISA завоевала широкую популярность, это привело к созданию следующего стандарта, VL-Bus. Размеры платы EISA таковы:

- высота — 5 дюймов (127 мм);
- длина — 13,13 дюйма (333,5 мм);
- щирина — 0,5 дюйма (12,7 мм).

Используя шину EISA, можно передавать до 32 бит данных одновременно с тактовой частотой 8,33 МГц. В большинстве случаев передача данных осуществляется минимум за два такта, хотя возможна и большая скорость передачи (если плата адаптера имеет достаточное быстродействие). Максимальная полоса пропускания шины составляет около 33 Мбайт/с:

8,33 МГц × 4 байт (32 бит) = 33,32 Мбайт/с.

Локальные шины (VESA, PCI, PCI Express, AGP)

Шины ISA, MCA и EISA имеют один общий недостаток — сравнительно низкое быстродействие. Описанные в следующих разделах четыре типа шин являются *локальными*. К основным типам локальных шин, используемых в ПК, относятся следующие:

- VL-Bus (локальная шина VESA);
- PCI;
- PCI Express;
- AGP.

Это ограничение существовало еще во времена первых PC, в которых шина ввода-вывода работала с той же скоростью, что и шина процессора. Быстродействие шины процессора возрастало, а характеристики шин ввода-вывода улучшались в основном за счет увеличения их разрядности. Ограничивать быстродействие шин приходилось потому, что большинство произведенных плат адаптеров не могли работать при повышенных скоростях обмена данными.

Локальная шина — это любая шина, предназначенная для непосредственного взаимодействия с процессором или его ближайшим "окружением". Интересно отметить, что первые 8- и 16-разрядные системы ISA построены на архитектуре локальной шины. Подобные системы обладают шиной процессора, а также основной шиной; при этой все компоненты работают на частоте процессора. Когда системы ISA работали с частотой выше 8 МГц, основная шина ISA была отделена от процессороной, поскольку платы расширения, память и другие компоненты не могли работать на таких частотах. В 1992 году в ПК начали применять расширение шины

ISA, получившее название *локальной шины VESA* (VESA local bus — VL-Bus), что ознаменовало возвращение к архитектуре локальной шины. В настоящее время на смену другим популярным локальным шинам пришла шина PCI Express, которая обеспечивает быстрый обмен данных между устройствами в ПК.

Локальная шина не заменяет собой прежние стандарты, а дополняет их. Основными шинами компьютера, как и раньше, остаются ISA и EISA, но к ним добавляется один или несколько слотов локальной шины. При этом сохраняется совместимость со старыми платами расширения, а быстродействующие адаптеры устанавливаются в слоты локальной шины, при этом реализуются все их возможности. Таким образом, до настоящего момента наиболее распространенными являются разъемы AGP, PCI и ISA.

Локальная шина VESA

Эта шина была самой популярной из всех локальных шин со дня ее презентации в августе 1992 года и до 1994 года. Она является продуктом комитета VESA — некоммерческой организации, созданной при участии компании NEC для контроля за развитием и стандартизацией видеосистем и шин. Компания NEC разработала *VL-Bus* (так в дальнейшем будем называть эту шину), а затем создала комитет, который должен был внедрить эту разработку в жизнь. В первоначальном варианте слоты локальной шины использовались почти исключительно для установки видеоадаптеров. Основным направлением, на которое делала упор компания NEC при разработке и реализации компьютерной продукции, было повышение качества и эффективности работы компьютерных видеосистем. К 1991 году видеосистемы стали самым узким местом в большинстве компьютерных систем.

По шине VL-Bus можно выполнять 32-разрядный обмен данными между процессором и совместимым видеоадаптером или жестким диском, т.е. ее разрядность соответствует разрядности процессора 486. Максимальная пропускная способность шины VL-Bus составляет 133 Мбайт/с. Другими словами, локальная шина VL-Bus совершила прорыв в ограничении быстродействия периферийных устройств.

К сожалению, концепция VL-Bus просуществовала недолго. На самом деле VL-Bus представляла собой шину процессора 486, что позволяло использовать очень простые решения, так как не требовалось никаких дополнительных микросхем. Разработчики системных плат могли просто добавлять разъемы VL-Bus к системным платам для процессоров 486 практически без дополнительных затрат. Именно поэтому данными разъемами были оснащены почти все системы на базе процессора 486.

Однако проблемы с временны*ы*ми задержками привели к сложностям в работе адаптеров. Поскольку VL-Bus работает на частоте шины процессора, использование разных процессоров приводило к появлению шин с разной частотой, что значительно усложняло решение задач совместимости. Хотя VL-Bus и можно было адаптировать к другим процессорам, таким как 386 и Pentium, она лучше всего подходила именно для систем на базе процессора 486. Несмотря на свою низкую себестоимость, после появления новой шины, получившей название PCI, шина VL-Bus очень быстро сошла со сцены. Она так и не появилась в системах на базе процессоров Pentium, и дальнейшая разработка устройств для VL-Bus уже давно не ведется.

Физически разъем VL-Bus представлял собой дополнение к существующим разъемам. Например, в системах архитектуры ISA разъем VL-Bus считался дополнением к существующим 16-разрядным разъемам ISA. Расширение VESA имело 112 контактов, которые физически были расположены так же, как и в шине MCA.

Шина PCI

В начале 1992 года Intel организовала группу разработчиков, перед которой была поставлена та же задача, что и перед группой VESA: разработать новую шину, в которой были бы устранены все недостатки шин ISA и EISA.

В июне 1992 года была выпущена спецификация шины PCI версии 1.0, которая с тех пор претерпела несколько изменений. Описание различных версий PCI приведено в табл. 4.72.

Таблица 4.72. Спецификации PCI

Спецификация PCI	Дата выпуска	Основные изменения
PCI 1.0	Июнь 1992 г.	Оригинальная 32/64-разрядная спецификация
PCI 2.0	Апрель 1993 г.	Определенные соединители и платы расширения
PCI 2.1	Июнь 1995 г.	Рабочая частота — 66 МГц, порядок групповых операций, изменение времени задержек
PCI 2.2	Январь 1999 г.	Управление режимом электропитания, механические изменения
PCI-X 1.0	Сентябрь 1999 г.	Рабочая частота — 133 МГц, дополнение к спецификации 2.2
Mini-PCI	Ноябрь 1999 г.	Уменьшенный формфактор плат, дополнение к спецификации 2.2
PCI 2.3	Март 2002 г.	Напряжение — 3,3 В, предназначена для низкопрофильных плат расширения
PCI-X 2.0	Июль 2002 г.	Рабочая частота — 266 или 533 МГц, разделение 64-разрядной шины данных на 32- и 16-разрядные сегменты для использования с различными устройствами, имеющими напряжение 3,3/1,5 В
PCI Express 1.0	Июль 2002 г.	Общее быстродействие — 2,5 Гбайт/с, рабочее напряжение — 0,8 В, 250 Мбайт/с на каждую пропускную полосу
PCI Express 2.0	Январь 2007 г.	Общее быстродействие — 5 Гбайт/с, рабочее напряжение — 0,8 В, 500 Мбайт/с на каждую пропускную полосу
PCI Express 3.0	2010 г. (ожидается)	Общее быстродействие — 8 Гбайт/с, рабочее напряжение — 0,8 В, 1 Гбайт/с на каждую пропускную полосу

Создатели PCI отказались от традиционной концепции, введя еще одну шину между процессором и обычной шиной ввода-вывода. Вместо того чтобы подключить ее непосредственно к шине процессора, весьма чувствительной к подобным вмешательствам (что было характерно для VL-Bus), они разработали новый комплект микросхем контроллеров для расширения шины (рис. 4.47).

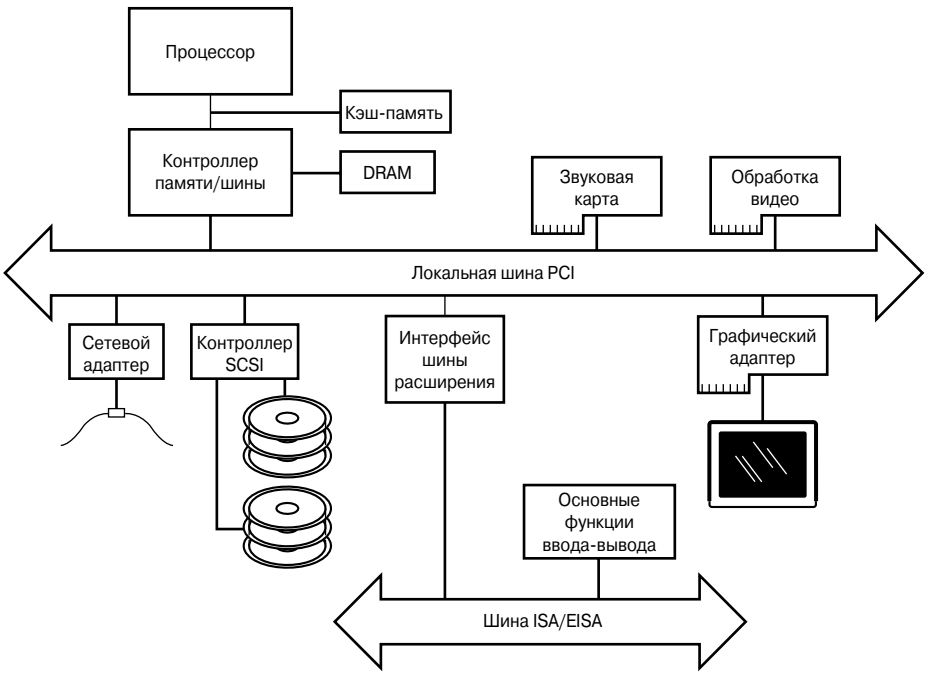


Рис. 4.47. Принцип построения шины PCI

Шина PCI добавляет к традиционной конфигурации шин еще один уровень. При этом обычная шина ввода-вывода не используется, а создается фактически еще одна высокоскоро-

стная системная шина с разрядностью, равной разрядности данных процессора. Компьютеры с шиной PCI появились в середине 1993 года, и вскоре она стала неотъемлемой частью компьютеров высокого класса.

Тактовая частота стандартной шины PCI — 33 МГц, а разрядность соответствует разрядности данных процессора. Для 32-разрядного процессора пропускная способность составляет 132 Мбайт/с:

33,33 МГц × 4 байт (32 бит) = 133 Мбайт/с.

Стандартная шина PCI имеет несколько разновидностей, представленных в табл. 4.73. Большинство современных компьютеров имеют разъемы PCI Express x1 и PCI Express x16.

Таблица 4.73. Типы шин PCI

Тип шины PCI	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Циклов данных в такте	Скорость передачи данных, Мбайт/с
PCI	32	33	1	133
PCI 66 МГц	32	66	1	266
64-разрядная PCI	64	33	1	266
64-разрядная PCI 66 МГц	64	66	1	533
PCI-X 64	64[1]	66	1	533
PCI-X 133	64[1]	133	1	1066
PCI-X 266	64[1]	133	2	2132
PCI-X 533	64[1]	133	4	4266
PCI Express 1.x	1	2500	0,8	250
PCI Express 1.x	16	2500	0,8	4000
PCI Express 1.x	32	2500	0,8	8000
PCI Express 2.x	1	5000	0,8	500
PCI Express 2.x	16	5000	0,8	8000
PCI Express 2.x	32	5000	0,8	16000
PCI Express 3.x	1	8000	~0,98	1000
PCI Express 3.x	16	8000	~0,98	16000
PCI Express 3.x	32	8000	~0,98	32000

В интерфейсе PCI Express 1.x и 2.x задействована схема кодирования 8b/10b, передающая 8 бит для каждых отправленных 10 бит данных.

В интерфейсе PCI Express 3.x задействована схема кодирования 128b/130b, передающая 128 бит для каждых отправленных 130 бит данных.

В настоящее время 64-разрядные шины или шины с рабочей частотой 66 и 133 МГц используются только в системных платах серверов или рабочих станций. Одно из основных преимуществ шины PCI заключается в том, что она может функционировать параллельно с шиной процессора (т.е. независимо от нее). Это позволяет процессору обрабатывать данные внешней кэш-памяти одновременно с передачей информации по шине PCI между другими компонентами системы.

Для подключения адаптеров шины PCI используется специальный разъем (рис. 4.48). Платы PCI могут быть тех же размеров, что и платы для обычной шины ввода-вывода, однако конфигурация разъемов позволяет отличить их от старых плат с интерфейсами ISA, MCA и EISA.

В спецификации PCI определены три типа системных плат, каждая из которых разработана для определенных моделей компьютеров с различными требованиями к электроснабжению. Существуют 32- и 64-разрядные версии шины PCI. Версия с напряжением 5 В предназначена для стационарных компьютеров (PCI 2.2 или более ранних версий), версия с напряжением 3,3 В — для портативных систем (также поддерживается PCI 2.3), а универсальная версия — для системных плат и внешних адаптеров, подключаемых к любому из перечисленных разъемов. Универсальные шины и 64-разрядные шины PCI с напряжением 5 В преимущественно предназначены для серверных системных плат. Спецификацией PCI-X 2.0 для

версий 266/533 обусловлена поддержка напряжений 3,3 и 1,5 В, что соответствует стандарту PCI 2.3 с поддержкой напряжения 3,3 В.

Сравнить 32- и 64-разрядные варианты стандартного разъема PCI (5 В) с 64-разрядным универсальным разъемом PCI поможет рис. 4.49. На рис. 4.50 показано расположение выводов 64-разрядной универсальной платы PCI по отношению к 64-разрядному разъему PCI.

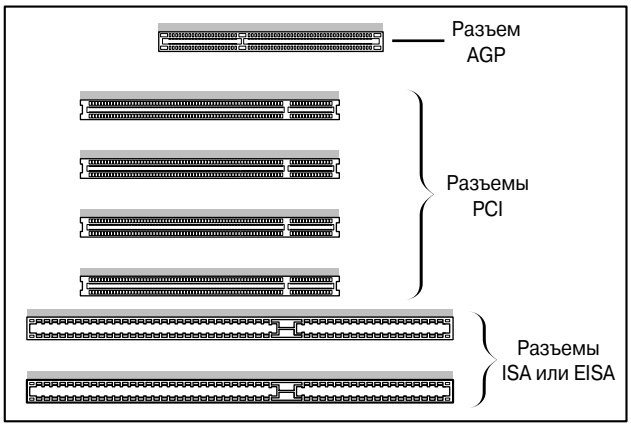


Рис. 4.48. Типичное расположение разъемов PCI относительно разъемов шин ISA/EISA и AGP

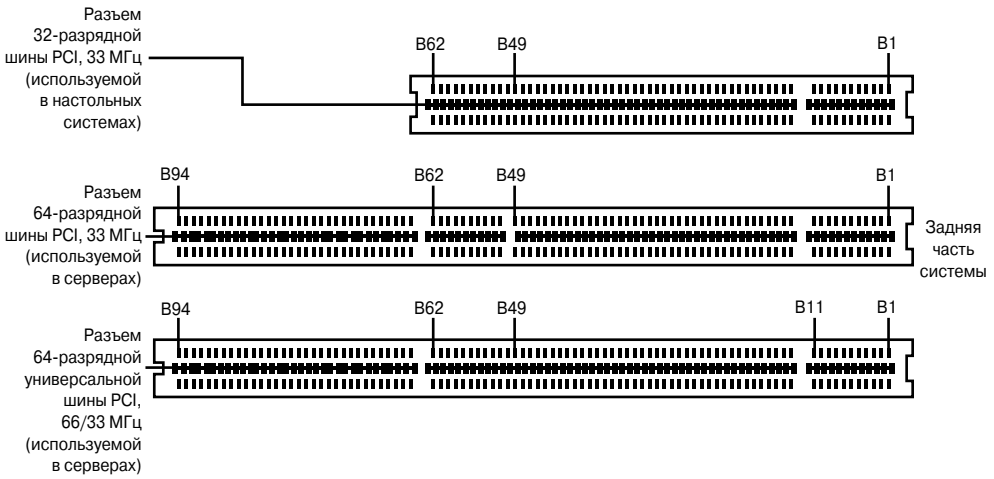


Рис. 4.49. Разъем 32-разрядной шины PCI в сравнении с разъемами 64-разрядной шины PCI и 64-разрядной универсальной шины PCI

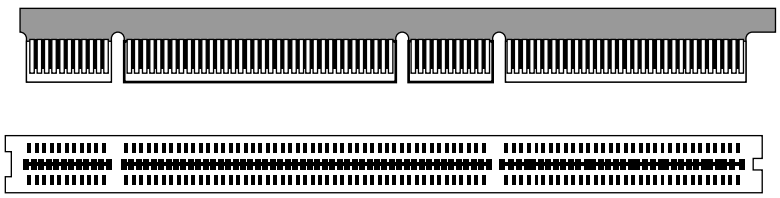


Рис. 4.50. Выводы 64-разрядной универсальной платы PCI (вверху) по сравнению с разъемом 64-разрядной универсальной шины PCI (внизу)

Обратите внимание на то, что универсальная плата PCI может устанавливаться в разъем, предназначенный для любой платы с фиксированным напряжением питания. Если напряжение, подаваемое на те или иные контакты, может быть разным, то оно обозначается *+B I/O*. На эти контакты подается опорное напряжение, определяющее уровни выходных логических сигналов.

Другим важным свойством платы PCI является то, что она удовлетворяет спецификации Plug and Play компании Intel. Это означает, что PCI не имеет перемычек и переключателей и может настраиваться с помощью специальной программы настройки. Системы с Plug and Play способны самостоятельно настраивать адаптеры, а в тех компьютерах, в которых отсутствует система Plug and Play, но есть разъемы PCI, настройку адаптеров нужно выполнять вручную с помощью программы настройки BIOS. С конца 1995 года в большинстве компьютеров устанавливается система BIOS, удовлетворяющая спецификации Plug and Play и обеспечивающая автоматическую настройку.

PCI Express

В течение 2001 года специалисты группы компаний, получившей название Arapahoe Work Group (изначально находившейся под управлением Intel), работали над проектом спецификации новой быстродействующей шины, имеющей кодовое название 3GIO (Third-Generation I/O — шина ввода-вывода третьего поколения). В августе 2001 года специальная группа PCI-SIG (PCI Special-Interest Group) приняла решение об использовании, управлении и поддержке спецификации архитектуры 3GIO в качестве шины PCI будущего поколения. Работа над черновой версией 3GIO 1.0 была завершена в апреле 2002 года, после чего была передана в группу PCI-SIG, где и получила новое название — *PCI Express*. В июле того же года была одобрена спецификация PCI Express 1.0, обновлявшаяся в апреле 2005 года (версия 1.1) и в январе 2007 года (версия 2.0).

Как следует из первоначального кодового названия (3GIO), новая спецификация шины разрабатывалась в целях расширения и последующей замены существующих шин ISA/AT (первое поколение) и PCI (второе поколение), используемых в персональных компьютерах. Архитектура шины каждого из предыдущих поколений разрабатывалась с учетом 10- или 15-летнего срока службы. Спецификация PCI Express, принятая и одобренная специальной группой PCI-SIG, станет, как предполагается, доминирующей архитектурой шины ПК, созданной для поддержки увеличивающейся пропускной способности компьютера, в течение следующих десяти–пятнадцати лет.

Основные особенности PCI Express таковы:

- совместимость с существующей шиной PCI и программными драйверами различных устройств;
- физическое соединение, осуществляемое с помощью медных, оптических или других физических носителей и обеспечивающее поддержку будущих схем кодирования;
- максимальная пропускная способность каждого вывода, позволяющая создавать шины малых формфакторов, снижать их себестоимость, упрощать конструкцию плат, а также сокращать количество проблем, связанных с целостностью сигнала;
- встроенная схема синхронизации, позволяющая быстрее изменять частоту (быстродействие) шины, чем при согласованной синхронизации;
- ширина полосы частот (пропускная способность), увеличиваемая при повышении частоты и разрядности (ширины) шины;
- малое время ожидания, наиболее подходящее для приложений, требующих изохронной (зависящей от времени) доставки данных, что происходит, например, при обработке потоковых видеоданных;
- возможность “горячей” коммутации и “горячей” замены (т.е. без выключения электропитания);
- возможности управления режимом питания.

Шина PCI Express — это еще один пример перехода ПК от параллельного к последовательному интерфейсу. Особенностью архитектуры шин предыдущих поколений является параллельная компоновка, при которой биты данных одновременно передаются по нескольким параллельно расположенным выводам. Чем больше количество одновременно передаваемых битов, тем выше пропускная способность шины. При этом особое значение приобретает синхронизация (согласование по времени) всех параллельных сигналов, которая при использовании более быстрых и протяженных соединений становится довольно сложной. Несмотря на то что шины PCI и AGP позволяют передавать одновременно до 32 бит данных, задержки передачи сигнала и другие факторы приводят к искажению получаемых данных, возникающему из-за разницы во времени между прибытием первого и последнего бита.

Последовательная шина, отличающаяся более простой конструкцией, единовременно передает только 1 бит данных, отправляя сигналы по одному проводу с более высокой, чем у параллельной шины, частотой. При последовательной передаче битов данных синхронизация отдельных битов или длина шины становится гораздо менее значимым фактором. Объединение нескольких последовательных трактов позволяет достичь пропускной способности, значительно превышающей возможности традиционных параллельных шин.

Архитектура быстрой последовательной шины PCI Express обратно совместима с существующими программными драйверами и средствами управления параллельной шины PCI. При использовании PCI Express данные передаются в полнодуплексном режиме (т.е. одновременно выполняются прием и передача данных) по двум парным проводам, которые называются *полосой* или *трассой*. Скорость передачи данных в одном направлении для каждой полосы достигает 250 Мбит/с, причем каждая шина может включать в себя от 1 полосы до 2, 4, 8, 16 или 32 полос. Например, 16-полосная шина, имеющая высокую пропускную способность, позволяет одновременно передавать в каждом направлении 16 бит данных, благодаря чему скорость передачи данных может достигать 4000 Мбайт/с. Версия PCI Express 2.0 увеличивает скорость передачи данных по одной полосе до 500 Мбайт/с, таким образом составляя для разъема x16 8000 Мбайт/с, что несравненно выше, чем 133 Мбайт/с у шины PCI. На рис. 4.51 сравниваются разъемы PCI Express x1–x16. Следует отметить, что разъемы x4 и x8 используются преимущественно в серверных решениях.

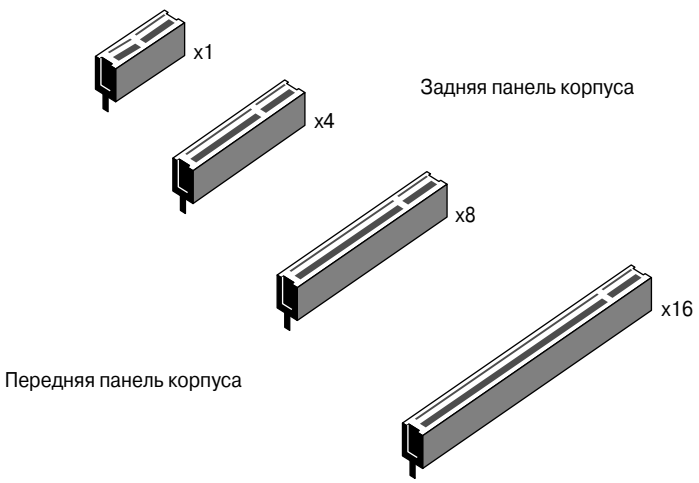


Рис. 4.51. Разъемы PCI Express x1, PCI Express x4, PCI Express x8 и PCI Express x16

В шине PCI Express используется разработанная IBM схема кодирования “8–10”, предусматривающая автосинхронизацию сигналов для повышения частоты. Частота шины, равная в настоящее время 2,5 ГГц, в будущем может быть увеличена до 10 ГГц, что фактически является

пределом для медных соединений. Сочетание потенциального увеличения частоты и возможности одновременного использования до 32 полос позволяет повысить скорость передачи данных шины PCI Express до 32 Гбит/с.

Шина PCI Express предназначена для расширения и последующей замены шин, используемых в настоящее время в компьютерах. Использование этой шины приведет не только к появлению дополнительных разъемов на системной плате, но и к постепенной замене существующих интерфейсов Intel Hub и AMD HyperTransport, применяемых для соединения компонентов микропроцессорного набора. Кроме того, PCI Express с успехом заменит интерфейсы, применяемые для передачи видеоданных (например, AGP), а также будет использоваться в качестве шины расширения (или шины второго уровня) для подключения к другим интерфейсам, таким как Serial ATA, USB 2.0, 1394b (FireWire или iLink), Gigabit Ethernet и т.д.

Шина PCI Express, выполняемая в виде кабеля или платы, может быть использована для создания систем из отдельных блоков, содержащих те или иные компоненты. Представьте себе системную плату, процессор и модули оперативной памяти, расположенные в небольшом блоке, который находится под столом пользователя, и второй блок, содержащий видеосистему, дисководы и порты ввода-вывода, который стоит непосредственно на рабочем столе и обеспечивает свободный доступ к указанным компонентам. Это дает возможность разработать целый ряд различных формфакторов без ухудшения рабочих характеристик ПК.

PCI Express пока не заменила полностью шину PCI и все остальные интерфейсы, и вряд ли это возможно в ближайшем будущем. Разработчики систем продолжают использовать в своих решениях шины PCI, AGP и некоторые другие, причем они будут делать это еще не один год. Как и в свое время с комбинацией PCI и ISA/AT-Bus, разные поколения шин будут некоторое время соседствовать друг с другом. Постепенно количество разъемов PCI будет уменьшаться, а количество разъемов PCI Express — увеличиваться. В конечном итоге основной шиной для подключения устройств станет PCI Express, придя на смену шине PCI, которая выполняла данную роль на протяжении довольно длительного времени. В настоящее время системные платы содержат равное количество разъемов PCI и PCI Express.

Хотя потребуется некоторое время на то, чтобы PCI Express заменила PCI, разъем PCI Express x16 уже повсеместно вытеснил разъем AGP 8x.

Современные системные платы содержат несколько разъемов PCI, а также разъемы PCI Express x1 и PCI Express x16; системные платы для рабочих станций и серверов содержат шины PCI Express, PCI-X и PCI. Для обеспечения совместимости новых решений PCI Express с существующей инфраструктурой PCI разработаны спецификации Express Bridge 1.0 и Mini PCI Express Card.

Подробные сведения о PCI Express представлены на сайте консорциума PCI-SIG (`www.pcisig.org`).

Ускоренный графический порт (AGP)

Для повышения эффективности работы с видео и графикой компания Intel разработала в середине 1990-х годов новую шину — ускоренный графический порт (Accelerated Graphics Port — AGP). Эта шина похожа на PCI, но содержит ряд дополнений и расширений. И физически, и электрически, и логически она не зависит от PCI. Например, разъем AGP подобен разъему PCI, но имеет контакты для дополнительных сигналов и другую разводку контактов. В отличие от PCI, которая является настоящей шиной с несколькими разъемами, AGP — высокоэффективное соединение, разработанное специально для видеоадаптера, причем в системе для одного видеоадаптера допускается только один разъем AGP. Спецификация AGP 1.0 была впервые выпущена компанией Intel в июле 1996 года. В соответствии с этой спецификацией использовались тактовая частота 66 МГц и режим 1x или 2x с уровнем напряжения 3,3 В. Версия AGP 2.0 была выпущена в мае 1998 года; в нее добавлен режим 4x, а также понижено рабочее напряжение до 1,5 В.

Последней версией спецификации AGP стала версия 3.0 — для шины AGP 8x. В ней определена скорость передачи данных 2133 Мбайт/с, что ровно вдвое больше, чем у шины AGP 4x.

Спецификация AGP 8x была впервые публично анонсирована в ноябре 2000 года. Поддержка AGP 8x в настоящее время реализована в большинстве материнских плат основных производителей. Несмотря на повышенную в два раза по сравнению с AGP 4x пропускную способность, практические отличия между устройствами, совместимыми с 4x и 8x, минимальны. В то же время многие наборы микросхем, поддерживающие трехмерную графику, модернизировали частоту ядер работы с графикой и памяти, а также архитектуру графической подсистемы, чтобы они могли лучше поддерживать более скоростной интерфейс.

Большинство новых видеоадаптеров AGP поддерживают спецификацию AGP 4x или 8x, в каждой из которых используется напряжение 1,5 В. Многие старые системные платы с интерфейсом AGP 2x поддерживают только платы с напряжением 3,3 В. Установка видеоадаптера с напряжением 1,5 В в слот 3,3 В может привести к физическому повреждению как адаптера, так и самой системной платы. Во избежание подобных ситуаций в спецификации AGP предусмотрены специальные разъемы. Как правило, адаптеры и слоты имеют разъемы, позволяющие устанавливать платы с напряжением 1,5 и 3,3 В в слоты с напряжением 1,5 и 3,3 В соответственно. Тем не менее существуют универсальные слоты, которые дают возможность устанавливать видеоадаптеры с различными уровнями напряжения. Расположение разъемов для адаптеров AGP и типы слотов системной платы зависят от того или иного стандарта AGP (рис. 4.52).

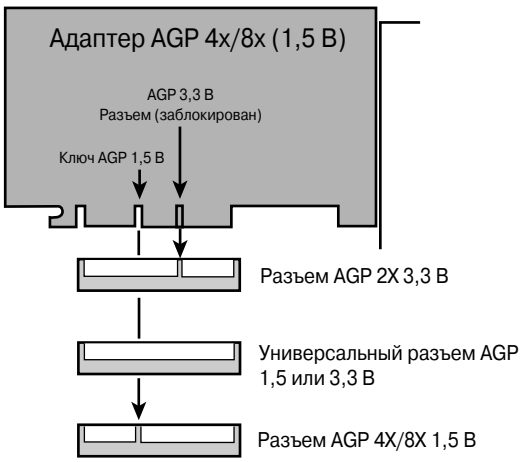


Рис. 4.52. Адаптер AGP 4x/8x (1,5 В), а также универсальный разъем AGP и разъемы для напряжений 3,3 и 1,5 В

Как видно на рис. 4.52, видеоадаптеры AGP 4x и 8x (1,5 В) устанавливаются только в слоты AGP с напряжением 1,5 В или в универсальные слоты с напряжением 3,3/1,5 В. Дизайн слотов и разъемов адаптера не позволяет установить адаптер с напряжением 1,5 В в слот 3,3 В. Так что не волнуйтесь, если новый видеоадаптер AGP не подходит для установки в слот старой системной платы, поскольку это послужит исключительно на благо как адаптера, так и самой платы. В подобном случае необходимо заменить видеоадаптер или приобрести системную плату со слотом AGP 4x/8x, поддерживающим напряжение 1,5 В.

Предупреждение

В некоторых AGP 4x-совместимых системных платах могут использоваться только платы AGP 4x с рабочим напряжением 1,5 В. Поэтому перед приобретением платы AGP убедитесь в ее совместимости с существующей системной платой. Кроме того, в отдельных AGP 4x-совместимых разъемах используется механизм фиксации платы (рис. 4.79). В старых разъемах AGP 1x/2x существует явно выраженный делитель, отсутствующий в более новом разъеме AGP 4x. В разъем AGP 4x можно вставлять и карты AGP 8x.

Новая спецификация AGP Pro 1.0 была представлена в августе 1998 года; в апреле 1999 года она была пересмотрена в новой редакции AGP Pro 1.1a. В ней определен довольно длинный разъем с дополнительными контактами на каждом конце для подвода напряжения питания к платам AGP, которые потребляют больше 25 Вт (максимальная мощность — 110 Вт). Платы AGP Pro могут использоваться в высококачественных графических рабочих станциях. Разъемы AGP Pro обратно совместимы, т.е. к ним можно подключать стандартные платы AGP. Так как разъем AGP Pro длиннее AGP 1x/2x, существует вероятность неправильной установки платы AGP 1x/2x, что может привести к ее повреждению. Чтобы избежать этого, расширение AGP Pro, расположенное в задней части разъема, иногда закрывается специальной крышкой. Перед установкой платы AGP Pro эту крышку следует удалить.

Стандартные разъемы AGP 1x/2x, AGP 4x и AGP Pro показаны на рис. 4.53.

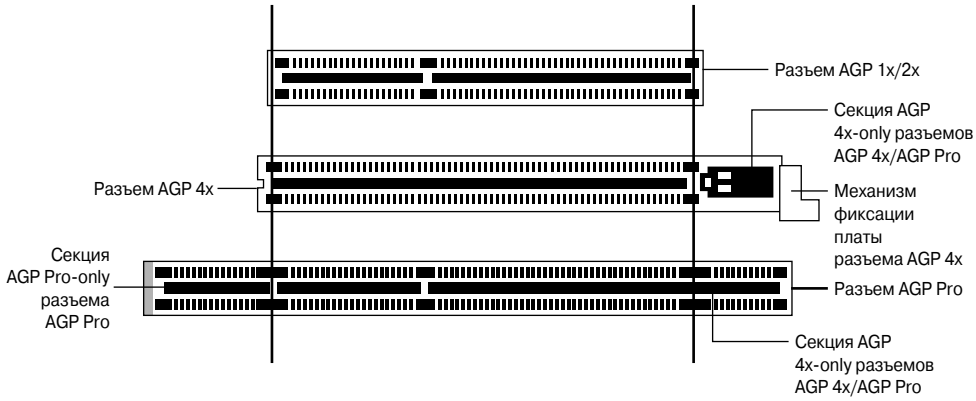


Рис. 4.53. Стандартные разъемы AGP 1x/2x, AGP 4x и AGP Pro. В разъемы AGP 4x и AGP Pro также могут быть установлены платы AGP 1x, 2x и 4x. В разъемы AGP 4x и AGP Pro можно установить платы AGP 8x

Шина AGP — быстродействующее соединение, работающее на основной частоте 66 МГц (точнее — 66,66 МГц), которая вдвое выше, чем у PCI. В основном режиме AGP, называемом 1x, выполняется одиночная передача за каждый цикл. Поскольку ширина шины AGP равна 32 бит (4 байт), при 66 млн. тактов в секунду по ней можно передавать данные со скоростью приблизительно 266 Мбайт/с. В первоначальной спецификации AGP также определен режим 2x, при котором в каждом цикле осуществляются две передачи, что соответствует скорости 533 Мбайт/с. В настоящее время практически все современные системные платы поддерживают этот режим. Спецификация AGP 2.0 поддерживает 4-кратный режим передачи данных (т.е. передача осуществляется четыре раза в течение одного такта). При этом пропускная способность достигает 1066 Мбайт/с. Большинство современных плат AGP поддерживает как минимум стандарт 4x. В табл. 4.74 приведены тактовые частоты и скорости передачи данных для различных режимов AGP. Большинство новых видеоадаптеров AGP соответствует стандарту 4x, в то время как новейшие модели производства компаний NVIDIA и ATI поддерживают стандарт AGP 8x.

Таблица 4.74. Параметры различных режимов AGP

Тип шины AGP	Разрядность, биты	Частота шины, МГц	Циклов данных в такте	Скорость передачи данных, Мбайт/с
AGP	32	66	1	266
AGP 2x	32	66	2	533
AGP 4x	32	66	4	1066
AGP 8x	32	66	8	2133

Поскольку шина AGP не зависит от шины PCI, при использовании видеоадаптера AGP можно освободить шину PCI для выполнения традиционных функций ввода-вывода, например для контроллеров IDE/ATA, SCSI и USB, звуковых плат и пр.

Помимо повышения эффективности работы видеоадаптера, AGP позволяет получать быстрый доступ непосредственно к системной оперативной памяти. Благодаря этому видеоадаптер AGP может использовать оперативную память, что уменьшает потребность в видеопамяти. Однако в последнее время некоторые модели видеоадаптеров AGP стали оснащаться достаточно большим объемом быстродействующей памяти (до 256 Мбайт). Использование собственной памяти оказывается крайне важным при запуске приложений с высокими требованиями, например современных трехмерных игр. Современные видеоадаптеры AGP способны не только запускать игры, но и воспроизводить на ПК полноценное динамичное видео.

Шина AGP 8x (2133 Мбайт/с) в шестнадцать раз быстрее 32-разрядной шины PCI, работающей с частотой 33 МГц (133 Мбайт/с), но в два раза медленнее шины PCI Express x16 (4000 Мбайт/с). Начиная с середины 2004 года производители материнских плат, предназначенных для рынка высокопроизводительных систем на базе процессоров Pentium 4 и Athlon 64, начали заменять разъемы AGP 8x разъемами PCI Express 16x. В 2006 году бо́льшая часть материнских плат всех ценовых категорий уже оснащалась разъемами PCI Express 16x вместо AGP. Эта тенденция определенно свидетельствует об окончании эры AGP.

Системные ресурсы

Системными ресурсами называют коммуникационные каналы, адреса и сигналы, используемые узлами компьютера для обмена данными с помощью шин. Обычно под системными ресурсами подразумевают следующее:

- адреса памяти;
- каналы запросов прерываний (IRQ);
- каналы прямого доступа к памяти (DMA);
- адреса портов ввода-вывода.

Все эти ресурсы необходимы для различных компонентов компьютера. Платы адаптеров используют ресурсы для взаимодействия со всей системой и выполнения специфических функций. Каждой плате адаптера нужен свой набор ресурсов. Так, последовательным портам для работы необходимы каналы IRQ и уникальные адреса портов ввода-вывода, а аудиоустройствам требуется еще хотя бы один канал DMA. Большинством сетевых плат используются блок памяти емкостью 16 Кбайт, канал IRQ и адрес порта ввода-вывода.

По мере установки дополнительных плат в компьютере увеличивается вероятность конфликтов, связанных с использованием ресурсов. Конфликт возникает при установке двух или более плат, каждой из которых требуется одна и та же линия IRQ или адрес порта ввода-вывода. Иногда в таких ситуациях на помощь приходит функция автоматического конфигурирования Plug and Play. Эта технология позволяет “развести” разные устройства на разные ресурсы. В некоторых старых платах расширения имеются перемычки или переключатели, установив которые можно изменить предусмотренную по умолчанию конфигурацию потребления ресурсов. Некоторые карты адаптеров сопровождаются программным обеспечением, позволяющим сконфигурировать их настройки. Также настройка ресурсов отдельных устройств может быть выполнена в диспетчере устройств операционных систем семейства Windows 9x и более поздних версий. Даже если автоматическая настройка отработала неправильно, всегда можно применить логический подход и вручную назначить разные ресурсы конфликтующим устройствам. Главное здесь — знать правила игры.

К счастью, все современные системы с поддержкой ACPI и все новые шины типов PCI и PCI Express редко сталкиваются с проблемами конфигурирования этих ресурсов. Практически всегда конфигурирование выполняется автоматически и без проблем.

Прерывания

Запросы на прерывания (*IRQ*), или *аппаратные прерывания*, используются различными устройствами для сообщения системной плате (процессору) о необходимости обработки определенного запроса. Эта процедура подобна поднятию руки студентом, чтобы привлечь внимание преподавателя.

Каналы прерываний представляют собой проводники на системной плате и соответствующие контакты в разъемах. После получения запроса IRQ компьютер приступает к выполнению специальной процедуры его обработки, первым шагом которой является сохранение в стеке содержимого регистров процессора. Затем происходит обращение к таблице векторов прерываний, в которой содержится список адресов памяти, соответствующих определенным номерам (каналам) прерываний. В зависимости от номера полученного прерывания запускается программа, относящаяся к данному каналу.

Указатели в таблице векторов определяют адреса памяти, по которым записаны программы-драйверы для обслуживания платы, пославшей запрос. Например, для сетевой платы вектор прерывания содержит адрес сетевых драйверов, предназначенных для работы с ней; для контроллера жесткого диска вектор указывает на программный код BIOS, обслуживающий контроллер.

После выполнения необходимых действий по обслуживанию устройства, пославшего запрос, процедура обработки прерывания восстанавливает содержимое регистров процессора (извлекая его из стека) и возвращает управление компьютером той программе, которая выполнялась до возникновения прерывания.

Благодаря прерываниям компьютер может своевременно реагировать на внешние события. Каждый раз, когда последовательный порт передает байт данных системе, генерируется соответствующее прерывание, благодаря которому система должна обработать байт данных до поступления следующих данных. Учтите, что в некоторых случаях устройство, подключаемое к порту (например, модем с микросхемой UART 16550 или выше), может содержать специальный буфер, позволяющий сохранять несколько символов перед генерированием прерывания.

Аппаратные прерывания имеют иерархию приоритетов: чем меньше номер прерывания, тем выше приоритет. Прерывания с более высоким приоритетом обладают преимуществом и могут, так сказать, прерывать обработку других прерываний. В результате в компьютере может возникнуть несколько "вложенных" прерываний.

По шине ISA запросы на прерывание передаются в виде *перепадов логических уровней*, причем для каждого из них предназначена отдельная линия, подведенная ко всем разъемам. Каждому номеру аппаратного прерывания соответствует свой проводник. Системная плата не может определить, в каком разъеме находится пославшая прерывание плата, поэтому возможно возникновение неопределенной ситуации в том случае, если несколько плат используют один канал. Чтобы этого не происходило, система настраивается так, чтобы каждое устройство (адаптер) использовало свою линию (канал) прерывания. Использование одной линии сразу несколькими разными устройствами в большинстве случаев недопустимо.

Компания IBM в свое время разработала методы совместного использования прерываний на шине ISA, однако лишь некоторые устройства придерживались необходимых правил, и данная методология так и не была воплощена в жизнь. В то же время в шине PCI изначально предусмотрена возможность совместного использования прерываний. На самом деле все устройства, подключенные к шине PCI, используют прерывание A — прерывание самой шины. Реальная проблема состоит в том, что в действительности в системе одновременно используются два набора прерываний: ISA и PCI. Чтобы карты PCI могли работать в системе, прерывания PCI отображаются на прерывания ISA, которые уже не допускают совместного использования. Таким образом, лучше назначить всем картам (даже с интерфейсом PCI) различные прерывания. Конфликты, возникающие между прерываниями PCI и ISA, были свойственны ранним поколениям компьютеров и вызывали множество проблем. И они не самоустранились после выхода в свет операционной системы Windows 95 и технологии Plug and Play.

Технология совместного использования прерываний для адаптеров PCI называется *PCI IRQ Steering* и поддерживается уже более десятилетия операционными системами, начиная с Windows 95 OSR 2.x, а также BIOS системной платы. Эта технология дает возможность Windows с поддержкой устройств Plug and Play динамически распределять стандартные прерывания для плат PCI (обычно использующих прерывание PCI INTA#), а также назначать одно прерывание нескольким платам PCI.

Внешние аппаратные прерывания часто называют *маскируемыми*, т.е. их можно отключить ("замаскировать") на время, пока процессор выполняет другие важные операции. В целом же вопросы правильной обработки прерываний являются уделом системной BIOS и отдельных программ.

Поскольку в шине ISA обычно не допускается совместное использование прерываний, при установке новых плат может обнаружиться недостаток линий прерываний. Если две платы используют одну и ту же линию IRQ, то их нормальную работу нарушит возникший конфликт.

В следующих разделах рассмотрены прерывания IRQ, используемые стандартными устройствами, а также прерывания, которые могут быть свободны в вашей системе.

Прерывания в 8-разрядной шине ISA

В компьютерах PC и XT с 8-разрядным процессором 8088 имеется восемь внешних аппаратных прерываний. Стандартное распределение этих прерываний, пронумерованных от 0 до 7, приведено в табл. 4.75.

Таблица 4.75. Установленное по умолчанию распределение прерываний в 8 -разрядной шине ISA

Номер прерывания	Функция	Тип разъема
0	Системный таймер	Нет
1	Контроллер клавиатуры	Нет
2	Свободный	8-разрядный
3	Последовательный порт 2 (COM2)	8-разрядный
4	Последовательный порт 1 (COM1)	8-разрядный
5	Контроллер жесткого диска	8-разрядный
6	Контроллер гибких дисков	8-разрядный
7	Параллельный порт 1 (LPT1)	8-разрядный

В компьютере с 8-разрядной шиной ISA имеющихся прерываний (ресурсов) часто катастрофически не хватает. Попытка установить в компьютер PC/XT несколько устройств, требующих обработки своих прерываний, может привести к тому, что разрешить проблему нехватки прерываний можно будет единственным способом — вынуть реже всего используемую плату адаптера.

Прерывания в 16-разрядной шине ISA и шинах EISA и MCA

В компьютере AT с процессором 286 количество линий внешних аппаратных прерываний увеличилось. Оно удвоилось благодаря использованию двух контроллеров прерываний, причем прерывания, генерируемые вторым контроллером, подаются на неиспользуемый вход IRQ 2 первого. Фактически существует пятнадцать линий IRQ, так как прерывание IRQ 2 становится недоступным.

Поскольку все прерывания со второго контроллера передаются на первый через один вход IRQ 2, в иерархии приоритетов они размещаются между IRQ 1 и IRQ 3. Так, прерывание IRQ 15 получает больший приоритет, чем прерывание IRQ 3. На рис. 4.54 схематически показано подключение двух микросхем 8259, которые образуют *каскад* из двух контроллеров прерываний.

Для того чтобы не возникало проблем при генерации фактически несуществующего IRQ 2, конструкторы выделили дополнительное прерывание IRQ 9 для заполнения образовавшейся бреши. Это означает, что любая добавленная в компьютер плата, для которой характерно использование прерывания IRQ 2, на самом деле будет использовать IRQ 9. Это следует учитывать, чтобы случайно не назначить прерывание IRQ 9 другому устройству.

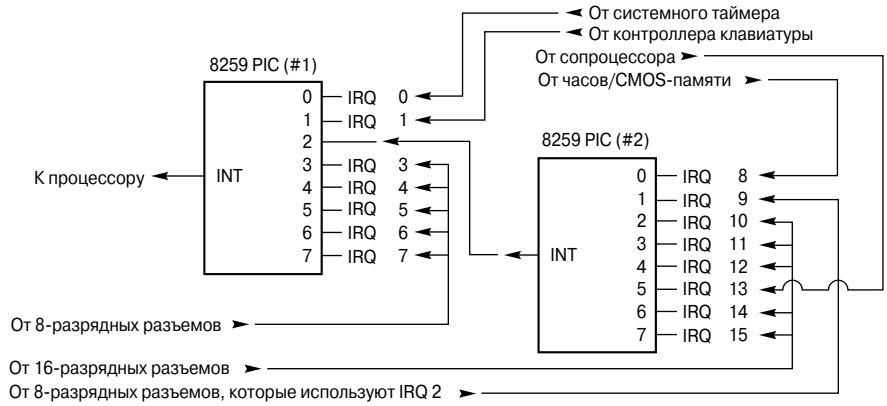


Рис. 4.54. Каскад контроллеров прерываний

В табл. 4.76 описаны стандартные функции прерываний 16-разрядной шины и 32-разрядных шин PCI/AGP; при этом приоритет прерываний указан от высшего к низшему. Подобная схема распределения прерываний использована также в шинах EISA и MCA.

Таблица 4.76. Назначение прерываний в 16/32-разрядных шинах ISA, PCI и AGP

IRQ	Стандартная функция	Разъем шины	Тип адаптера	Рекомендации по использованию
0	Системный таймер	Нет	---	---
1	Контроллер клавиатуры	Нет	---	---
2	Второй контроллер прерываний	Нет	---	---
8	Часы	Нет	---	---
9	Свободный (как IRQ2 или IRQ9)	Да	8- или 16-разрядный	Сетевой адаптер
10	Свободный	Да	16-разрядный	USB
11	Свободный	Да	16-разрядный	SCSI-адаптер
12	Свободный	Да	16-разрядный	Порт мыши
13	Сопроцессор	Нет	---	---
14	Первичный IDE	Да	16-разрядный	Первичный IDE (жесткие диски)
15	Вторичный IDE	Да	16-разрядный	Вторичный IDE (CD-ROM)
3	Последовательный порт 2 (COM2)	Да	8- или 16-разрядный	COM2:/Внутренний модем
4	Последовательный порт 1 (COM1)	Да	8- или 16-разрядный	COM1:
5	Звуковая плата или параллельный порт 2 (LPT2)	Да	8- или 16-разрядный	Звуковая плата
6	Контроллер гибких дисков	Да	8- или 16-разрядный	Контроллер гибких дисков
7	Параллельный порт 1 (LPT1)	Да	8- или 16-разрядный	LPT1:

Отметим, что линии прерываний 0, 1, 2, 8 и 13 не выведены на разъемы шины и не используются платами адаптеров. Линии прерываний 8, 10, 11, 12, 13, 14 и 15 подключены ко второму контроллеру. Они могут использоваться только адаптерами с 16-разрядным разъемом, поскольку подведены к контактам в расширенных частях слотов. Линия IRQ 9 подключена к разъему 8-разрядного слота вместо IRQ 2 и доступна 8-разрядным платам, которые используют ее как линию IRQ 2.

Примечание

Несмотря на то что в 16-разрядной шине ISA вдвое больше линий прерываний, чем в 8-разрядной, их все же может не хватить, так как новые прерывания могут использоваться только 16-разрядными адаптерами.

От дополнительной линии IRQ в компьютере с 16-разрядной шиной ISA мало толку, если платы адаптеров нельзя переключить на одну из свободных линий. Некоторые устройства жестко закреплены за конкретной линией IRQ. Если в компьютере уже установлена плата,

которая использует данную линию, необходимо устранить этот конфликт перед установкой второго адаптера. Если ни один из них нельзя переключить на другую линию IRQ, скорее всего, вам не удастся их использовать в одной системе.

Прерывания шины PCI

Шина PCI поддерживает аппаратные прерывания, которые используют устройства, установленные на шину, чтобы привлечь к себе внимание. Это прерывания INTA#, INTB#, INTC# и INTD#. Прерывания INTx# чувствительны к уровню сигнала, что позволяет распределять их среди нескольких устройств PCI. Если одиночное устройство PCI использует только одно прерывание, то им должно быть INTA#, что является одним из основных правил спецификации шины PCI. Остальные дополнительные устройства должны использовать прерывания INTB#, INTC# и INTD#.

Для нормального функционирования шины PCI в персональном компьютере ее прерывания должны быть отображены на существующие прерывания ISA. Последние не могут использоваться совместно, поэтому в большинстве случаев для каждой платы PCI, использующей прерывание INTA# шины PCI, следует установить прерывания, отличные от неразделяемых прерываний шины ISA. Рассмотрим в качестве примера систему, имеющую четыре разъема PCI и четыре установленные платы PCI, каждая из которых использует прерывание INTA#. В таком случае каждой из плат должен быть назначен отдельный запрос прерывания ISA, например IRQ9, IRQ10, IRQ11 или IRQ5.

Установка одинаковых прерываний для шин ISA и PCI обязательно приведет к конфликту. Также будут конфликтовать и два устройства ISA с одинаковыми прерываниями. Что же делать, если доступных прерываний недостаточно для всех установленных в системе устройств? В большинстве новых систем допускается использование одного прерывания несколькими устройствами PCI. Все системные BIOS, удовлетворяющие спецификации Plug and Play, а также операционные системы, начиная с Windows 95b (OSR 2), поддерживают функцию управления прерываниями PCI IRQ Steering. В таких компьютерах всю заботу о прерываниях берет на себя система. Следует отметить, что оригинальная версия Windows 95, а также Windows 95a эту функцию не поддерживают.

Усовершенствованный программируемый контроллер прерываний APIC

В качестве замены традиционной паре контроллеров прерываний 8259 компания Intel разработала в середине 1990-х годов усовершенствованный программируемый контроллер прерываний APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller). Хотя все процессоры, начиная с Pentium, поддерживают APIC, этот контроллер должен присутствовать на системной плате; кроме того, системная BIOS также должна поддерживать APIC. Поддержка APIC реализована на большинстве современных системных плат; контроллер APIC поддерживается операционными системами Windows, начиная с версии Windows 2000. Поддержку APIC можно разрешить или запретить, воспользовавшись программой BIOS Setup.

Контроллер APIC обеспечивает поддержку нескольких процессоров, однако может использоваться и в однопроцессорных системах. Основное преимущество APIC для однопроцессорной системы — поддержка виртуальных прерываний IRQ выше 15. Большинство реализаций APIC поддерживает виртуальные IRQ до 24. Хотя Windows 2000 старается назначать запросы на прерывания PCI IRQ в традиционном для устройств ISA диапазоне 0...15, причем даже при активном контроллере APIC, Windows XP и Vista полностью используют все возможности активного контроллера APIC. Для Windows XP/Vista контроллер APIC ограничивает совместное использование IRQ, что значительно сокращает количество конфликтов устройств. Например, при активизированном контроллере APIC запросы PCI IRQ могут быть распределены следующим образом.

- **PCI IRQ 16.** Интегрированный звуковой адаптер/видеоадаптер AGP (совместное использование).

- **PCI IRQ 17.** Дополнительный адаптер USB 1.1 (совместное использование не предусмотрено).
- **PCI IRQ 18.** Дополнительный адаптер USB 1.1 (совместное использование не предусмотрено).
- **PCI IRQ 19.** Сетевой адаптер 10/100 Ethernet/дополнительный адаптер USB 2.0 (совместное использование).
- **PCI IRQ 21.** Интегрированный контроллер USB 1.1 (3)/дополнительный адаптер USB 2.0 (совместное использование).

Традиционные запросы ISA IRQ 0...15 в данной системе использовались только для устройств ISA, тем самым предотвратив конфликты устройств ISA-PCI.

Примечание

Контроллер APIC должен быть активизирован в системной BIOS до установки 64-разрядных версий Windows.

Конфликты прерываний

Вероятно, наиболее распространенный конфликт прерываний (IRQ) связан с интегрированным последовательным портом COM2, существующим в современных системных платах, и внутренним модемом (имеется в виду полноценный внутренний PC-модем, а не программный модем, который также называется *WinModem*). Дело в том, что в полноценном внутреннем модеме уже есть поддержка некоторого порта; по умолчанию этот порт назначается в COM2, при этом в системе также обычно включен второй последовательный порт. Таким образом, в системе оказываются два идентичных порта, использующих одни и те же ресурсы (прерывания и адреса порта ввода-вывода).

Устранить эту проблему довольно просто: следует войти в BIOS Setup системы и отключить встроенный порт COM2. Кроме того, можно подумать об отключении порта COM1, который также используется крайне редко. Отключение неиспользуемых портов COM*x* — один из лучших способов высвобождения прерываний (IRQ) для других устройств.

Следует отметить, что проще всего проверить настройки прерываний в диспетчере устройств Windows. В системе Windows 95b имеется программа `HWDIAG`, а в Windows 98 и более поздних версиях — консоль Сведения о системе. Эти утилиты позволяют получить детальный отчет об использовании ресурсов в системе, а также об установленных драйверах устройств и записей реестра Windows для каждого из устройств. В системах Windows XP и Vista информацию о системе предоставляет программа `Msinfo32`.

Чтобы обеспечить максимально возможное количество совместных прерываний в современной системе без разъемов ISA, при работе с системной BIOS выполните следующие действия.

1. Отключите все неиспользуемые порты в системной BIOS. Например, если вместо последовательного и параллельного портов используются порты USB, отключите их. В результате можно высвободить до трех прерываний.
2. Укажите прерывание IRQ, освобожденное в п. 1, в списке доступных прерываний для устройств PCI/PnP. В зависимости от версии BIOS соответствующие параметры доступны в разделе PnP/PCI Resource Exclusion или PnP/PCI Configuration.
3. Активизируйте параметр Reset Configuration Data, чтобы очистить таблицы маршрутизации IRQ в памяти CMOS.
4. Сохраните изменения и завершите работу с программой настройки BIOS.

Каналы прямого доступа к памяти (DMA)

Такие каналы используются устройствами, осуществляющими высокоскоростной обмен данными. Последовательный и параллельный порты, например, в отличие от звуковой платы

и адаптера SCSI не используют каналы прямого доступа к памяти (DMA). Один канал DMA может использоваться разными устройствами, но не одновременно. Например, канал DMA 1 может использоваться как сетевым адаптером, так и накопителем на магнитной ленте, но вы не сможете записывать информацию на ленту при работе в сети. Для этого каждому адаптеру необходимо выделить свой канал DMA.

Примечание

В современных компьютерах существует несколько типов каналов DMA. Каналы, рассматриваемые в настоящем разделе, связаны с шиной ISA. Другие шины, такие как ATA/IDE, предназначенная для дисковых устройств, несколько по-другому используют эти каналы. Таким образом, материал, представленный в настоящем разделе, не относится к устройствам ATA/IDE, даже если в них используется режим DMA или Ultra DMA.

Каналы DMA 8-разрядной шины ISA

В этой шине для скоростной передачи данных между устройствами ввода-вывода и памятью можно использовать четыре канала DMA. Стандартное распределение этих каналов приведено в табл. 4.77.

Таблица 4.77. Функции каналов DMA в 8-разрядной шине ISA

Канал DMA	Стандартная функция	Тип разъема
0	Регенерация динамической памяти	Нет
1	Свободный	8-разрядный
2	Контроллер гибких дисков	8-разрядный
3	Контроллер жестких дисков	8-разрядный

Поскольку в большинстве компьютеров установлены контроллеры как гибких, так и жестких дисков, доступным остается только один канал DMA.

Каналы DMA 16-разрядной шины ISA

С появлением процессора 286 количество каналов DMA в шине ISA было доведено до восьми, причем семь из них доступны платам адаптеров, устанавливаемым в слоты. Как и дополнительные линии IRQ, эти каналы DMA подключены с помощью второго контроллера, имеющего каскадное подключение к первому.

Канал DMA 4 используется для подключения к процессору каналов DMA 0–3. Каналы 0–3 доступны для 8-разрядных обменов данными, а каналы 5–7 — только для 16-разрядных. Стандартное распределение каналов DMA приведено в табл. 4.78.

Таблица 4.78. Функции каналов DMA в 16-разрядных шинах ISA, EISA и MCA

Канал DMA	Стандартная функция	Разъем шины	Тип адаптера	Канал передачи	Рекомендации по использованию
0	Свободный	Да	16-разрядный	8-разрядный	Звуковая плата
1	Свободный	Да	8- или 16-разрядный	8-разрядный	Звуковая плата
2	Контроллер гибких дисков	Да	8- или 16-разрядный	8-разрядный	Контроллер гибких дисков
3	Свободный	Да	8- или 16-разрядный	8-разрядный	Параллельный порт LPT1: в режиме ECP
4	Первый контроллер DMA	Нет	—	16-разрядный	—
5	Свободный	Да	16-разрядный	16-разрядный	Звуковая плата
6	Свободный	Да	16-разрядный	16-разрядный	—
7	Свободный	Да	16-разрядный	16-разрядный	—

Следует отметить, что адаптеры PCI не используют каналы прямого доступа к памяти ISA, данные каналы доступны только для плат ISA. Однако некоторые платы PCI (например, звуковые) эмулируют эти каналы DMA для работы со старым программным обеспечением.

Из всех каналов DMA стандартное назначение во всех компьютерных системах имеет только канал DMA 2, который используется контроллером гибких дисков. Канал DMA 4 не используется и не представлен в слотах шины. Каналы DMA 1 и DMA 5 обычно используются в звуковых платах, например в Sound Blaster 16. Для скоростной передачи информации эта плата использует как 8-, так и 16-разрядный канал. Канал DMA 3 используется в том случае, если для параллельного порта задан режим ECP или EPP/ECP. Некоторые нестандартные системы, например старые компьютеры Packard Bell, при работе с параллельным портом по умолчанию используют канал DMA 1, а не DMA 3. В этом случае канал DMA 3 можно назначить параллельному порту с помощью переключателей на системной плате, что позволит избежать конфликтов со звуковыми платами, использующими канал DMA 1.

Примечание

Заметьте, что хотя канал DMA 0 представлен в слотах расширения 16-разрядного разъема и поэтому может использоваться только 16-разрядными адаптерами, работает он как 8-разрядный. Поэтому часто контакты канала DMA 0 не представлены на 16-разрядных платах, которые не могут нормально работать в 8-разрядном режиме. На таких 16-разрядных платах (наподобие адаптера стандарта SCSI), которые используют каналы DMA, представлены контакты каналов 5–7.

Адреса портов ввода-вывода

Порты ввода-вывода позволяют установить связь между устройствами и программным обеспечением в компьютере. Если вы хотите отправить какую-либо информацию в последовательный порт, то должны знать, какой порт ввода-вывода (радиоканал) он прослушивает. Аналогично, если нужно получить данные из последовательного порта, следует прослушивать тот адрес, на который они передаются.

В отличие от прерываний IRQ и каналов прямого доступа к памяти в персональных компьютерах существует великое множество портов ввода-вывода. Существует 65535 портов, пронумерованных от 0000h до FFFFh, и это, пожалуй, самый удивительный артефакт в процессоре Intel. Хотя многие устройства используют до восьми портов, все равно их доступного количества более чем достаточно. Самая большая проблема состоит в том, чтобы двум устройствам случайно не назначить один и тот же порт.

Современные системы, поддерживающие спецификацию Plug and Play, автоматически разрешают любые конфликты из-за портов, выбирая альтернативные порты для одного из конфликтующих устройств.

Хотя порты ввода-вывода обозначаются шестнадцатеричными адресами, подобными адресам памяти, они не являются памятью, они — порты. Различие состоит в том, что данные, отправленные по адресу памяти 1000h, будут сохранены в модуле памяти SIMM или DIMM. Если вы отсылаете данные по адресу 1000h порта ввода-вывода, то они попадают на этот канал шины, и любое устройство, прослушивающее канал, может их принять. Если никакое устройство не прослушивает этот адрес порта, то данные достигнут конца шины и будут поглощены ее нагрузочными резисторами.

Специальные программы — драйверы — взаимодействуют с устройствами, используя различные адреса портов. Драйвер должен знать, какие порты использует устройство, чтобы работать с ним. Обычно это не составляет проблемы, поскольку и драйвер, и устройство, как правило, поставляются одним и тем же производителем.

Системная плата и набор микросхем системной логики обычно используют адреса портов ввода-вывода от 0h до FFh, а все другие устройства — от 100h до FFFFh. В табл. 4.79 приведены адреса портов ввода-вывода, обычно используемые системной платой и набором микросхем системной логики.

Чтобы выяснить, какие адреса порта используются в конкретной системной плате, загляните в прилагаемую к ней документацию или воспользуйтесь диспетчером устройств Windows.

Устройства на шине, как правило, используют адреса, начиная с 100h. В табл. 4.80 приведены адреса, обычно используемые устройствами на шине и адаптерами.

Таблица 4.79. Адреса портов, используемые устройствами системной платы и набором микросхем системной логики

Адрес (шестнадцатеричный)	Размер	Описание
000–000F	16 байт	Набор микросхем системной логики — 8237 DMA 1
0020–0021	2 байта	Набор микросхем системной логики — контроллер прерываний 8259 (1)
002E–002F	2 байта	Регистры контроллера конфигурации Super I/O
0040–0043	4 байта	Набор микросхем системной логики — счетчик/таймер 1
0048–004B	4 байта	Набор микросхем системной логики — счетчик/таймер 2
0060	1 байт	Байт контроллера клавиатуры и мыши — Reset IRQ
0061	1 байт	Набор микросхем системной логики — NMI, динамик
0064	1 байт	Байт CMD/STAT контроллера клавиатуры и мыши
0070, бит 7	1 бит	Набор микросхем системной логики — Enable NMI
0070, биты 6:0	7 битов	MC146818 — часы реального времени, адрес
0071	1 байт	MC146818 — часы реального времени, данные
0078	1 байт	Зарезервирован — конфигурирование платы
0079	1 байт	Зарезервирован — конфигурирование платы
0080–008F	16 байтов	Набор микросхем системной логики — регистры страниц DMA
00A0–00A1	2 байта	Набор микросхем системной логики — контроллер прерываний 8259 (2)
00B2	1 байт	Порт управления APM
00B3	1 байт	Порт состояния APM
00C0–00DE	31 байт	Набор микросхем системной логики — 8237 DMA 2
00F0	1 байт	Восстановление при ошибках сопроцессора

Таблица 4.80. Адреса портов устройств на шине

Адрес (шестнадцатеричный)	Размер	Описание
0168–016F	8 байтов	Четвертый разъем IDE
0170–0177	8 байтов	Вспомогательный разъем IDE
01E8–01EF	8 байтов	Третий разъем IDE
01F0–01F7	8 байтов	Первичный контроллер жестких дисков IDE/ATA (16 бит)
0200–0207	8 байтов	Адаптер игрового порта или джойстика
0210–0217	8 байтов	IBM XT Expansion Chassis
0220–0233	20 байтов	Звуковая плата Creative Labs Sound Blaster 16 (по умолчанию)
0240–0253	20 байтов	Звуковая плата Creative Labs Sound Blaster 16 (альтернативная)
0260–0273	20 байтов	Звуковая плата Creative Labs Sound Blaster 16 (альтернативная)
0270–0273	4 байта	Порты ввода-вывода (для чтения) Plug and Play
0278–027F	8 байтов	Параллельный порт 2 (LPT2)
0280–0293	19 байтов	Звуковая плата Creative Labs Sound Blaster 16 (альтернативная)
02E8–02EF	8 байтов	Последовательный порт 4 (COM4)
02EC–02EF	4 байта	Стандартные порты видеоадаптера, 8514 или ATI
02F8–02FF	8 байтов	Последовательный порт 2 (COM2)
0300–0301	2 байта	Порт MPU-401 MIDI (вторичный)
0320–0323	4 байта	Контроллер жесткого диска XT (8 бит)
0330–0331	2 байта	Порт MPU-401 MIDI (по умолчанию)
0366	1 байт	Четвертый порт IDE (управление)
0367, биты 6:0	7 битов	Четвертый порт IDE (статус)
0370–0375	6 байтов	Вторичный контроллер гибких дисков
0376	1 байт	Вторичный порт IDE (управление)
0377, бит 7	1 бит	Вторичный контроллер гибких дисков (изменение)
0377, биты 6:0	7 битов	Вторичный порт IDE (состояние)
0378–037F	8 байтов	Параллельный порт 1 (LPT1)
0388–038B	4 байта	FM-синтезатор
03B0–03BB	12 байтов	Стандартные порты видеоадаптера, Mono/EGA/VGA
03BC–03BF	4 байта	Параллельный порт 1 (LPT1) в некоторых системах
03BC–03BF	4 байта	Параллельный порт 3 (LPT3)
03C0–03CF	16 байтов	Стандартные порты видеоадаптера, EGA/VGA
03D0–03DF	16 байтов	Стандартные порты видеоадаптера, CGA/EGA/VGA

Окончание табл. 4.80

Адрес (шестнадцатеричный)	Размер	Описание
03E6	1 байт	Третий порт IDE (команды)
03E7, биты 6:0	7 битов	Третий порт IDE (состояние)
03E8–03EF	8 байтов	Последовательный порт 3 (COM3)
03F0–03F5	6 байтов	Первичный контроллер гибких дисков
03F6	1 байт	Первичный порт IDE (команды)
03F7, бит 7	1 бит	Первичный контроллер гибких дисков (изменение)
03F7, биты 6:0	7 битов	Состояние первичного порта IDE
03F8–03FF	8 байтов	Последовательный порт 1 (COM1)
04D0–04D1	2 байта	Контроллер уровня прерываний PCI
0530–0537	8 байтов	Звуковая система Windows (по умолчанию)
0604–060B	8 байтов	Звуковая система Windows (альтернативная)
0678–067F	8 байтов	LPT2 в режиме ECP
0778–077F	8 байтов	LPT1 в режиме ECP
0CF8–0CFB	4 байта	Регистры конфигурации адресов PCI
0CF9	1 байт	Turbo и регистр сброса управления (Reset Control Register)
0CFC–0CFF	4 байта	Регистры данных конфигурации PCI
FF00–FF07	8 байтов	Регистры Bus Master IDE
FF80–FF9F	32 байта	Универсальная последовательная шина (USB)
FFA0–FFA7	8 байтов	Регистры первичного контроллера IDE
FFA8–FFAF	8 байтов	Регистры вторичного контроллера IDE

Чтобы точно знать, какие адреса используют ваши устройства, настоятельно рекомендую обратиться к документации или просмотреть информацию об устройстве в диспетчере устройств Windows.

Практически все устройства на системных шинах используют адреса портов ввода-вывода. Большинство из них стандартизировано, поэтому, как правило, каких-либо конфликтов или проблем с адресами портов для этих устройств не возникает.

Устранение конфликтов, возникающих при использовании ресурсов

Ресурсы компьютера ограничены, а потребность в них поистине беспредельна. Устанавливая в компьютер новые платы адаптеров, вы существенно увеличиваете вероятность возникновения конфликтов между ними. Если система не удовлетворяет спецификации Plug and Play, то разрешением конфликтов приходится заниматься вручную.

Каковы признаки конфликтов, связанных с неправильным использованием ресурсов? Один из них — прекращение работы какого-либо устройства. Но могут быть и другие признаки:

- данные передаются с ошибками;
- компьютер часто “зависает”;
- звуковая плата искажает звук;
- мышь не функционирует;
- на экране неожиданно появляется “мусор”;
- принтер печатает бессмыслицу;
- гибкий диск не поддается форматированию;
- Windows 9x/Me при загрузке переключается в режим защиты от сбоев, а в Windows 2000 или более новой версии может быть загружена только последняя работоспособная конфигурация.

Диспетчер устройств отмечает конфликтующие устройства желтой или красной пиктограммой. Это самый быстрый способ обнаружения конфликтов.

Совет

Последовательный и параллельный порты, а также порт мыши PS/2, имеющиеся в большинстве компьютеров, представляют собой устройства ISA, которые не имеют возможности совместно использовать системные прерывания. Если данные порты не используются, выделенные для них прерывания могут быть назначены другим устройствам в следующих случаях:

- если ненужный порт отключен в BIOS;
- если BIOS настроена на использование прерывания, изначально задействованного устройством для конфигурационной настройки PnP; в некоторых компьютерах подобные параметры указаны автоматически.

Ниже рассматриваются некоторые способы выявления конфликтов и устранения их причин.

Кроме того, платы необходимо устанавливать в определенной последовательности (а не все одновременно). Порядок установки плат очень важен, так как многие из них используют вполне определенные прерывания, характерные для каждой марки или модели платы. При последовательной инсталляции плат программное обеспечение устройств Plug and Play (PnP) значительно упрощает решение конфликтов IRQ, вызванных заданными по умолчанию конфигурациями различных плат.

При первоначальной загрузке собранной или модернизированной системы сразу же следует обратить внимание на настройки BIOS. Если операционная система, установленная в вашем компьютере, поддерживает устройства Plug and Play, убедитесь в том, что это нашло отражение в настройках BIOS. В противном случае (например, для Windows NT и Windows 3.*x*) придется отключить поддержку PnP.

Для первого запуска я бы порекомендовал использовать минимальную конфигурацию системы, включающую только графическую плату, модули памяти, жесткий диск, дисководы гибких дисков, CD-ROM или DVD. Подобная конфигурация позволяет уменьшить вероятность возникновения системных конфликтов. Если к системной плате прилагается компакт-диск с необходимыми драйверами наборов микросхем или других встроенных компонентов, то их нужно сразу загрузить или инсталлировать. Перед установкой каких-либо других плат или внешних устройств необходимо завершить конфигурирование всех уже существующих компонентов системы.

Завершив настройку основной системы и успешно загрузив операционную систему со всеми "заплатами" и обновлениями, начинайте устанавливать различные устройства. Порядок установки следующий: выключите компьютер, установите нужную плату, включите питание, а после загрузки операционной системы инсталлируйте необходимые драйверы и настройте устройство. Чтобы полностью завершить конфигурирование, вероятно, придется снова перезагрузить систему.

Совет

Между установками новых устройств обычно рекомендуется запустить диспетчер устройств в Windows и вывести на печать существующие на данный момент настройки. Это поможет отслеживать изменения в конфигурации, произошедшие при установке и настройке различных устройств.

Существует рекомендованная последовательность установки дополнительных плат.

1. Звуковая плата.
2. Внутренний или внешний модем.
3. Сетевая плата.
4. Дополнительные видеоустройства, например декодер MPEG, 3D-акселераторы и т.п.
5. Адаптер SCSI.
6. Другие устройства.

Описанный порядок формирования или конфигурирования системы позволяет значительно упростить процесс интеграции и уменьшить количество возможных конфликтов.

Применение шаблона таблицы конфигурации

Шаблон таблицы конфигурации компьютера очень прост и удобен, поскольку всегда проще посмотреть на лист бумаги, чем рыться в своей памяти. Вначале в шаблон следует внести данные о тех ресурсах, которые используются каждым компонентом компьютера. Если захотите внести в систему какие-либо изменения или установить новый адаптер, то сможете быстро найти источник проблем. Для вывода на печать необходимой информации можно воспользоваться диспетчером устройств Windows.

Лучше использовать шаблон таблицы, состоящий из трех разделов: "Системные прерывания", "Устройства, не использующие прерываний" и "Каналы DMA". Слева в каждом разделе следует перечислить каналы IRQ и DMA, а справа — адреса портов ввода-вывода для установленных компонентов. Таким образом, можно получить четкое представление о том, какие ресурсы в системе используются и какие доступны.

Ниже приведен шаблон таблицы конфигурации, над структурой которого мы работали долгие годы, а теперь используем его практически каждый день. Данный тип конфигурации построен на основе имеющихся ресурсов компьютера, а не на основе его компонентов. Каждая строка таблицы соответствует одному ресурсу, напротив которого представлен список адресов для его применения. В шаблоне указаны все компоненты, использование определенных ресурсов для которых фиксировано и не может быть изменено.

Для создания подобного шаблона выполните описанные ниже действия.

1. Определите ресурсы, использование которых закреплено за конкретными встроенными компонентами компьютера — последовательными и параллельными портами, контроллерами дисковых накопителей и видеоадаптерами. В приведенном ниже примере шаблона показано, как обычно сконфигурированы стандартные устройства.
2. Укажите ресурсы, которые используются дополнительными компонентами системы, например адаптером SCSI, звуковой, сетевой и другими специальными платами. В случае использования устройствами технологии PnP не существует такого понятия, как значения по умолчанию. Для определения ресурсов, используемых таким устройством, следует воспользоваться диспетчером устройств или любой другой программой диагностики.
3. Измените конфигурацию устройств, вступающих в конфликт. Постарайтесь сохранить за встроенными устройствами (а также за звуковой платой) предназначенные для них ресурсы. Использование ресурсов другими компонентами можно изменить, но не забудьте сделать об этом соответствующие записи.

Шаблон таблицы конфигурации, конечно же, лучше всего составлять до установки в компьютере новых устройств. Сохраните созданный шаблон. Когда решите добавить в компьютер какое-либо устройство, он послужит полезным руководством для определения наилучшего способа его конфигурирования.

Примечание

Благодаря использованию конфигурации Plug and Play (PnP) времена фиксированных прерываний и других аппаратных ресурсов уходят в прошлое. Не удивляйтесь тому, что при установке новой платы система изменит существующие прерывания, адреса портов ввода-вывода или параметры DMA. Именно поэтому рекомендуется записывать установочные параметры до и после установки нового устройства.

Кроме того, можно отследить, какие разъемы PCI используются той или иной платой, так как система способна преобразовывать прерывания PCI в зависимости от существующих прерываний ISA. Более того, некоторые системы соединяют попарно разъемы PCI, назначая платам, установленным в парные разъемы, одни и те же прерывания ISA.

На втором бланке приведен тот же шаблон, заполненный для типичной PC-системы, объединяющей PSI- и ISA-устройства.

Таблица системных ресурсов

Модель компьютера и компания-изготовитель _____

Серийный номер _____

Дата последнего изменения _____

Системные прерывания (IRQs)	Адреса портов ввода-вывода
0 – Системный таймер	040–04B
1 – Контроллер клавиатуры и мыши	060 & 064
2 – Второй контроллер прерываний	0A0–0A1
8 – Часы/CMOS	070–071
9 –	
10 –	
11 –	
12 –	
13 – Сопроцессор	0F0
14 –	
15 –	
3 –	
4 –	
5 –	
6 –	
7 –	

Устройства, не использующие прерывания	Адреса портов ввода-вывода
Стандартные порты Mono/EGA/VGA	3B0–3BB
Стандартные порты EGA/VGA	3C0–3CF
Стандартные порты CGA/EGA/VGA	3D0–3DF

Каналы DMA

0 – _____

1 – _____

2 – _____

3 – _____

4 – Каскад каналов DMA 0–3

5 – _____

6 – _____

7 – _____

Таблица системных ресурсов

Модель компьютера и компания-изготовитель: Intel SE440BX–2

Серийный номер: 100000

Дата последнего изменения: 06/09/99

Системные прерывания (IRQs)	Адреса портов ввода-вывода
0 – Системный таймер	040–04B
1 – Контроллер клавиатуры и мыши	060 & 064
2 – Второй контроллер прерываний	0A0–0A1
8 – Часы/CMOS	070–071
9 – Сетевая плата EtherEZ Ethernet	340–35F
10 –	
11 – Адаптер Adaptec 1542CF SCSI (сканер)	334–337*
12 – Порт мыши	060 и 064
13 – Сопроцессор	0F0
14 – Первый канал IDE (жесткие диски 1 и 2)	1F0–1F7, 3F6
15 – Второй канал IDE (CD-ROM)	170–177, 376
3 – Последовательный порт 2 (модем)	3F8–3FF
4 – Последовательный порт 1 (COM 1)	2F8–2FF
5 – Звуковая плата Sound Blaster 16	220–233
6 – Контроллер гибких дисков	3F0–3F5
7 – Параллельный порт 1 (принтер)	378–37F

Устройства, не использующие прерывания	Адреса портов ввода-вывода
Стандартные порты Mono/EGA/VGA	3B0–3BB
Стандартные порты EGA/VGA	3C0–3CF
Стандартные порты CGA/EGA/VGA	3D0–3DF
Дополнительные порты ATI Mayh 64 SVGA	102,1CE–1CF, 2EC–2EF
Порт MIDI Sound Blaster 16	330–331
Игоровой порт Sound Blaster 16 (разъем джойстика)	200–207
	388–38B
Синтезатор FM Sound Blaster 16 (музыка)	

Каналы DMA

0 –
1 – Sound Blaster 16 (8-разрядный DMA)
2 – Контроллер гибких дисков
3 – Параллельный порт 1 (режим EPP/ECP)
4 – Каскад каналов DMA 0-3
5 – Sound Blaster 16 (16-разрядный DMA)
6 – Адаптер Adaptec 1542CF SCSI*
7 –

**Нестандартные значения, которые можно изменить для предотвращения конфликтов.*

Системы Plug and Play

Эти системы произвели настоящий переворот в современной технологии распределения ресурсов. Впервые они появились на рынке в 1995 году, и в большинстве новых систем используются преимущества этой технологии. Раньше при добавлении каждого нового устройства пользователи компьютеров должны были пробираться сквозь "дебри" переключателей и перемычек, а результатом чаще всего были конфликты системных ресурсов и неработающие платы.

Технологию Plug and Play нельзя назвать абсолютно новой, ее возможности были реализованы еще в таких шинах, как MCA и EISA, однако эти шины так и не стали промышленным стандартом. Так что большинство пользователей продолжали использовать шину ISA и ломать себе голову над установкой перемычек и переключателей при конфигурировании адресов портов ввода-вывода, прерываний и каналов DMA. Ранние карты PCI также использовал технологию Plug and Play, однако в то время еще не существовало средств разрешения конфликтов между картами PCI и ISA, поэтому большинство пользователей так и остались со своими проблемами. Технология PnP в ее современном виде обеспечивает владельцам компьютеров довольно простую установку любых аппаратных компонентов.

Чтобы реализовать возможности Plug and Play, необходимо следующее:

- аппаратные средства поддержки Plug and Play;
- поддержка Plug and Play в BIOS;
- поддержка режима Plug and Play операционной системой.

Каждый из этих компонентов должен поддерживать стандарт Plug and Play, т.е. удовлетворять определенным требованиям.

Аппаратные средства

Под аппаратными средствами подразумеваются как компьютерные системы в целом, так и платы адаптеров. Некоторые пользователи полагают, что в компьютере, поддерживающем технологию Plug and Play, нельзя использовать старые адаптеры шины ISA. Применять их можно, но, разумеется, преимуществ, которые предоставляет автоматическая конфигурация, уже не будет, хотя некоторые последние карты ISA уже можно было переключать в режим PnP.

Платы адаптеров Plug and Play информируют системную BIOS и операционную систему о необходимых им ресурсах. В свою очередь, BIOS и операционная система по возможности предотвращают конфликты и передают платам адаптеров информацию о конкретных выделенных им ресурсах. После этого плата адаптера автоматически настраивается под эти ресурсы.

Компоненты BIOS

Большинству пользователей придется заменить BIOS или приобрести новые компьютеры с BIOS, поддерживающей стандарт Plug and Play. В PnP-совместимую BIOS включено тринадцать дополнительных системных функций, которые используются операционными системами компьютеров, базирующихся на технологии Plug and Play. Совместимые BIOS разрабатывают такие компании, как Compaq, Intel и Phoenix Technologies.

Возможности Plug and Play в BIOS реализуются в процессе выполнения процедуры POST при включении компьютера. BIOS идентифицирует и определяет расположение плат в разъемах, а также настраивает адаптеры Plug and Play. Эти действия выполняются в несколько этапов.

1. На системной плате и платах адаптеров отключаются настраиваемые узлы.
2. Обнаруживаются все устройства ISA типа Plug and Play.
3. Создается исходная таблица распределения ресурсов: портов, линий IRQ, каналов DMA и памяти.
4. Подключаются устройства ввода-вывода.
5. Осуществляется поиск ROM в устройствах ISA.

6. Устройства конфигурируются программами начальной загрузки, которые затем участвуют в запуске всей системы.
7. Настраиваемым устройствам передается информация о выделенных им ресурсах.
8. Запускается начальный загрузчик.
9. Управление передается операционной системе.

Операционная система

Некоторые производители компьютерных систем добавляют к операционной системе, например Windows 9x/Me/2000/XP, дополнительные компоненты, необходимые для управления определенными устройствами. Чаще всего такой подход применяется для портативных компьютерных систем. Поэтому убедитесь в том, что все необходимые компоненты загружены.

Операционная система должна сообщить о конфликтах, которые не были устранены BIOS. В зависимости от возможностей операционной системы можно настроить параметры адаптеров вручную (с экрана) или выключить компьютер и изменить положение перемычек и переключателей на самих платах. При перезагрузке будет выполнена повторная проверка и выданы сообщения об оставшихся (или новых) конфликтах. После нескольких "заходов" все конфликты, как правило, устраняются.

Примечание

Благодаря доработке спецификаций Plug and Play и особенно ACPI можно убедиться, что в системе используется новейшая BIOS и последние драйверы для подключенных устройств. Микросхема Flash ROM, применяемая в большинстве систем с поддержкой Plug and Play, позволяет загрузить новый образ BIOS с сайта производителя/поставщика компьютера и запустить программу обновления BIOS.

Выбор системной платы

Многие пользователи при выборе системных плат руководствуются не здравым смыслом или техническими характеристиками, а информацией из журнальных обзоров или, что еще хуже, рекомендациями случайных лиц. Чтобы исключить такие факторы, ниже приведен список компонентов и соответствующих критериев выбора. В нем учтено несколько важных критериев, отсутствующих в большинстве подобных списков и гарантирующих, что выбранная модель будет действительно совместимой с целью дальнейшей модернизации.

Подойдите к выбору системной платы с инженерной точки зрения, при этом внимательно рассмотрите ее со всех сторон. Не забудьте о технической поддержке на профессиональном (а не на пользовательском) уровне. Будет ли обеспечена такая поддержка? Есть ли документация, и все ли она охватывает? Приведенными ниже сведениями можно руководствоваться при оценке любого PC-совместимого компьютера.

- **Набор микросхем системной логики.** Системные платы должны использовать высокоэффективный набор микросхем системной логики, поддерживающий модули DDR2 или DDR3 SDRAM DIMM. Кроме того, обязательна поддержка PCI Express x16 и интерфейсов Serial ATA. Наборы микросхем являются краеугольным камнем системы и, вероятно, одним из ее наиболее важных элементов. Я трачу довольно много времени, решая, какой из наборов микросхем следует использовать в собираемой системе, поскольку этот выбор влияет практически на все остальные системные компоненты.
- **Гнезда процессоров.** Для обеспечения максимальных возможностей по модернизации и высокого быстродействия следует приобретать систему, оснащенную гнездом для установки наиболее современных процессоров. В современных компьютерах используются гнезда Socket AM2, Socket AM2+ или Socket AM3 для процессоров AMD и гнезда Socket LGA775, LGA1156 или LGA1366 для процессоров Intel. Если в системе используется одно из таких гнезд, можете рассчитывать на установку достаточно современных процессоров.

- **Модули памяти.** Современные системы используют модули памяти DIMM типов DDR, DDR2 и DDR3. Более старых типов памяти, таких как SIMM, или еще не совсем отживших свое SDRAM и RIMM следует избегать. Используемый тип памяти большей частью зависит от характеристик набора микросхем системной логики, так что при выборе материнской платы учитывайте и ее возможности в отношении памяти.
- **Формфактор.** Для того чтобы обеспечить максимальную производительность, гибкость, надежность и простоту обслуживания, выбирайте формфактор ATX в любой из его модификаций (microATX или FlexATX). Более современный формфактор BTX выигрывает в вопросах теплоотвода, однако он дороже, чем ATX, и к тому же ограничивает выбор материнских плат, корпусов и "коробочных" процессоров.
- **Встроенные интерфейсы.** В идеальном варианте системная плата должна иметь как можно больше встроенных стандартных контроллеров и интерфейсов. При выборе платы с интегрированным видео обратите внимание на наличие разъема PCI Express x16, необходимого для будущей модернизации графической подсистемы компьютера.
- **Встроенные интерфейсы ATA.** Все системные платы, которые предлагаются сегодня на рынке, содержат встроенные интерфейсы ATA и SATA, однако далеко не все они эквивалентны. Выбирайте материнские платы, содержащие от 4 до 6 разъемов SATA с пропускной способностью до 3 Гбайт/с и поддержкой RAID-массивов.
- **Другие встроенные интерфейсы.** В идеале системная плата должна содержать максимально возможное количество встроенных стандартных контроллеров и интерфейсов. Большинство плат оснащено интегрированными портами USB, аудио и LAN (некоторые платы могут даже похвастаться интерфейсом Gigabit Ethernet), а некоторые модели также оснащены интегрированным видеоадаптером, портами FireWire, eSATA, двумя портами LAN и т.д.

Совет

В неиссякающем потоке производимых аппаратных компонентов довольно трудно найти системную плату, обладающую всеми нужными свойствами. Поэтому обратите внимание на поисковый сервер Motherboard Homeworld's Mobot, который позволит найти наиболее подходящую плату на основании выбранных формфактора системной платы, платформы, набора микросхем, процессора, производителя, типа модулей памяти и разъемов, встроенных портов и т.п. Убедитесь в этом сами, обратившись по адресу `http://www.motherboards.org/mobot`.

- **Документация.** Системные платы должны непременно сопровождаться подробной технической документацией, описывающей все имеющиеся на плате перемычки и переключатели, разводки контактов всех разъемов, параметры микросхем кэш-памяти, модулей памяти и прочих заменяемых элементов, а также содержащей другую необходимую информацию. Многие производители предлагают эту информацию в электронном виде (обычно в формате PDF) на своих сайтах, так что перед покупкой системной платы не поленитесь зайти на сайт производителя.
- **Техническая поддержка.** Кроме документации, на сайте производителя должно предлагаться техническое сопровождение выпускаемой продукции, такое как обновления BIOS и драйверов, таблицы совместимости процессоров и памяти, а также программы, позволяющие выполнять мониторинг состояния системы. В дополнение к этой интерактивной поддержке проверьте, действительно ли можно связаться с производителем по контактным телефонам и электронным адресам.

Чаще всего я советую приобретать системные платы таких известных компаний, как Intel, Acer, ABIT, AsusTek, SuperMicro, Tyan, FIC (First International Computer) и т.п. И хотя они могут стоить несколько дороже других, известная марка придаст вам некоторую уверенность: ведь чем больше плат продает компания, тем выше вероятность того, что имевшиеся недос-

татки уже обнаружены и устранены. Кроме того, техническую поддержку легче получить у крупных производителей.

Документация к системной плате

Наличие документации является важным фактором при покупке системной платы. Большинство системных плат конструируются на базе определенного набора микросхем, из которых создаются практически все узлы системной платы. Наборы микросхем выпускают такие компании, как Intel, VIA, ALI, SiS и др. Советую заказывать справочную информацию об используемом наборе микросхем непосредственно у производителя.

Пользователи очень часто задают вопросы, касающиеся программы настройки BIOS. Например, они интересуются, что означает "дополнительная настройка микросхем" (Advanced Chipset Setup) и что произойдет, если изменить ее параметры. Часто ответ на этот вопрос пытаются найти в документации к BIOS, однако настройка микросхем обычно в ней не описывается. Нужная информация приводится в технических справочниках по конкретному набору микросхем, выпускаемых производителями. Эти справочники предназначены для инженеров, разрабатывающих системные платы, и в них содержатся подробные сведения о свойствах микросхем, особенно о тех, которые можно изменять.

Не следует пренебрегать любыми справочниками и по таким важным микросхемам компьютера, как контроллеры накопителей на гибких и жестких дисках, микросхемы ввода-вывода и, конечно, центральный процессор. В справочниках вы найдете обширную информацию об этих узлах.

ГЛАВА 5

BIOS: базовая система ввода-вывода

Основы BIOS

Пользователи зачастую не видят разницы между программной и аппаратной частями компьютера. Это можно объяснить высокой степенью интеграции компонентов системы. Точное представление различия между компонентами компьютера дает ключ к пониманию роли BIOS.

Аббревиатура BIOS означает понятие *базовой системы ввода-вывода*. По существу, BIOS представляет собой "промежуточный слой" между программной и аппаратной частями системы. Большинство пользователей знакомы с BIOS по другому термину — *драйверы устройств*, или просто *драйверы*. По своей сути BIOS представляет собой совокупность всех драйверов устройств, связывающих программные и аппаратные средства компьютера.

Собственно BIOS — это программное обеспечение, которое выполняется в памяти и содержит набор драйверов, предназначенных для взаимодействия с оборудованием, прежде чем управление будет передано операционной системе. Уникальность BIOS по сравнению с обычным ПО состоит в том, что часть его функций загружена в ПЗУ, а часть загружается в ОЗУ с диска.

В ПК может быть доступно несколько версий BIOS:

- ПЗУ системной платы;
- ПЗУ платы расширения (например, видеоадаптера);
- загрузка в ОЗУ с диска (драйверы устройств).

Когда был представлен первый ПК, программное обеспечение BIOS содержало драйверы для всех устройств системы, которые записывались в микросхемы ПЗУ, расположенные на

системной плате. При этом драйверы предварительно загружались в память и были доступны на протяжении всего времени работы компьютера.

В микросхеме ПЗУ также были записаны программа POST (Power On Self Test — тестирование при включении) и программа самозагрузки. Последняя инициирует загрузку операционной системы, проверяя загрузочный сектор на дискете или жестком диске. После загрузки операционная система обращается к процедурам низкого уровня (драйверам) BIOS, необходимым для взаимодействия с различными системными устройствами. В начале компьютерной эры в BIOS хранились абсолютно все драйверы устройств, в том числе драйвер клавиатуры, видеоадаптера MDA/CGA, последовательного и параллельного портов, контроллеров гибких и жестких дисков, джойстика и т.д.

После загрузки операционной системы загружать драйверы для работы с устройствами не нужно, так как они уже находятся в ПЗУ. Эта идея была неплоха, однако лишь до тех пор, пока в системе не устанавливалось новое устройство, драйвера которого в ПЗУ не существует. В этом случае есть два выхода. Если вы установили новую плату адаптера, она может быть оснащена собственной микросхемой ПЗУ, содержащей необходимый драйвер. ПЗУ системной платы запрограммировано таким образом, чтобы обнаруживать ПЗУ адаптеров и при обнаружении новых драйверов связывать соответствующие новые функции с существующей BIOS. В результате можно сказать, что ПЗУ системной платы аккумулирует данные, хранящиеся в ПЗУ отдельных адаптеров, в результате чего обеспечивается "коллективная" функциональность.

Подобный метод добавления драйверов использовался для целого ряда устройств, например видеоадаптеров, которые должны быть полностью функциональными с момента включения компьютера. Код BIOS, хранящийся в ПЗУ системной платы, содержит драйверы только для монохромного видеоадаптера MDA компании IBM, а также цветного видеоадаптера CGA. При установке видеоадаптера иного типа драйверы, хранящиеся в ПЗУ системной платы, оказывались бесполезными. Конечно, это не вызывало проблем, если новый видеоадаптер был оснащен собственной микросхемой ПЗУ, содержимое которой добавлялось в BIOS сразу же после включения компьютера.

Если же использовалось устройство другого типа, существовал иной способ добавления драйвера в набор драйверов BIOS. Дело в том, что на ранних этапах загрузки файл загрузки операционной системы (`Io.sys`) обращался к файлу конфигурации (`Config.sys`), содержащему сведения о драйверах устройств. Файл `Config.sys` вместе со всеми указанными в нем драйверами должен находиться на загрузочном диске. После того как файл `Io.sys` получит необходимые данные, он загружает указанные драйверы в память и связывает их с BIOS. Другими словами, драйверы загружались с диска в ОЗУ и связывались с BIOS, благодаря чему появлялась возможность в любой момент вызвать их.

К этому моменту в BIOS оказывались данные из ПЗУ системной платы и адаптеров, а также драйверы, загруженные с диска в ОЗУ на ранних этапах загрузки. Таким образом, BIOS содержит данные, которые физически расположены в трех разных местах системы, но при этом работают как единое целое, поскольку все программы связываются посредством процедур BIOS. Операционная система или приложение при взаимодействии с каким-либо устройством (например, если необходимо прочитать данные с компакт-диска) обращается к определенному программному прерыванию, после чего в соответствии с таблицей векторов прерываний вызов направляется к определенной части BIOS (т.е. к драйверу), связанной с работой устройства. При этом не имеет значения, где именно хранится драйвер — в ПЗУ системной платы, адаптера или ОЗУ. Память всегда остается памятью, и если известен адрес, по которому находится нужная программа, ее всегда можно вызвать.

Итак, базовая система ввода-вывода — это комбинация всех типов ПЗУ материнской платы и плат расширения, а также драйверов устройств, загруженных с диска. Часть BIOS, содержащаяся в микросхеме на системной плате или платах адаптеров, называется *прошивкой* (firmware). Именно из-за наличия этих микросхем пользователи чаще всего относят BIOS к аппаратной части компьютера. После выключения питания компьютера все данные, находя-

щиеся в оперативной памяти компьютера, стираются; нетронутым остается только содержимое ПЗУ. После включения компьютера снова выполняется процесс загрузки, и в память с диска загружаются все отсутствующие драйверы.

По мере эволюции ПК выпускалось все больше различных типов устройств и их моделей. Это означало необходимость предварительной загрузки все большего количества драйверов. Добавление драйверов в ПЗУ системной платы — довольно сложная задача, поскольку микросхемы ПЗУ чаще всего несъемные, а их объем достаточно ограничен. Архитектура PC предполагала использование ПЗУ системной платы объемом всего 128 Кбайт, причем большая часть этого объема уже используется для хранения драйверов, процедуры POST и программ настройки BIOS и загрузки. Запись драйвера в ПЗУ адаптера — также сложная и дорогостоящая задача, а объем ПЗУ адаптеров ограничен теми же 128 Кбайт, из которых 32 Кбайт используются самим видеоадаптером. Поэтому многие компании решили создавать драйверы, которые загружаются в ОЗУ при запуске системы.

С течением времени с диска загружалось все больше и больше драйверов, в том числе таких, которые заменяют драйверы, хранящиеся в ПЗУ системной платы. Например, в Windows 95 был представлен новый 32-разрядный драйвер жесткого диска, который использовался вместо 16-разрядного, хранящегося в ПЗУ системной платы. При этом 16-разрядный драйвер использовался только с момента включения компьютера до того момента, когда в ОЗУ загружался 32-разрядный драйвер, а также изменялась таблица векторов прерываний. Операционные системы Windows 95/98/Me допускали использование как 16-, так и 32-разрядных драйверов, облегчая тем самым переход к 32-разрядным операциям.

Современные 32- и 64-разрядные драйверы загружаются непосредственно с жесткого диска, заменяя все драйверы в ПЗУ системной платы. Это относится к любому компьютеру, работающему под управлением ОС Windows NT/2000/XP или Vista. Эти операционные системы вообще не используют 16-разрядные драйверы, размещенные в ПЗУ (ROM) системной платы или адаптера устройства. Код ПЗУ системной платы необходим лишь для обеспечения успешной загрузки 32-разрядных драйверов и ядра операционной системы, после чего ПЗУ отключается. Другими словами, после загрузки операционной системы все необходимые драйверы (т.е. BIOS) уже находятся в оперативной памяти. Основные функции ПЗУ материнской платы — запуск системы, инициализация необходимых для загрузки системы устройств, а также проверка пароля для входа в систему и выполнение базовой настройки устройств. После загрузки системы управление передается загруженному в память набору драйверов.

Компьютерную систему можно представить в виде нескольких взаимодействующих аппаратных и программных слоев. Существуют четыре основных слоя, каждый из которых можно разбить на подуровни. Эта концепция представлена в графическом виде на рис. 5.1.

Основное назначение уровневого дизайна — обеспечение возможности работы операционной системы и приложений на различных платформах. На рис. 5.1 представлен пример

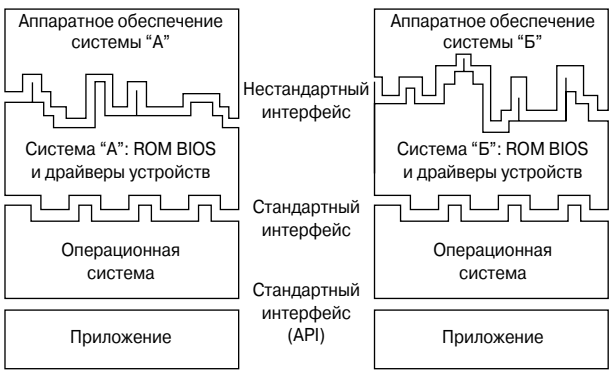


Рис. 5.1. Условное разделение PC-совместимой системы на несколько уровней

двух различных систем с разной конфигурацией, для компонентов которых используются разные наборы драйверов (BIOS), позволяющие запускать на обеих системах одни и те же операционные системы и приложения.

Программное обеспечение взаимодействует с операционной системой с помощью *интерфейса прикладного программирования* (Application Programming Interface — API). Этот интерфейс специфичен для каждой операционной системы; он состоит из набора команд и функций, которые операционная система может выполнить для приложения. К примеру, приложение может отдать приказ операционной системе загрузить или сохранить файл. Такой порядок избавляет приложения от необходимости знать специфику работы с конкретным оборудованием, установленным в компьютере, и его набором команд. Оно имеет дело только с операционной системой, выступающей посредником между приложением и аппаратной частью. Поскольку приложение оказывается полностью изолированным от оборудования, оно может выполняться на любом компьютере, на котором установлена операционная система, API которой задействован в программе.

Операционная система, в свою очередь, через BIOS обращается непосредственно к аппаратному обеспечению. Эта связь реализована в виде драйверов устройств. Обычно выпуском драйверов устройств занимаются их производители. Поскольку драйверы обеспечивают взаимодействие аппаратного устройства и операционной системы, они, как правило, предназначены для конкретной ОС. Таким образом, производителям приходится создавать драйверы для таких операционных систем, как DOS, Windows 9x/NT/2000/XP, OS/2, Linux и др. Тем не менее многие операционные системы имеют одинаковые внутренние интерфейсы, и некоторые драйверы подходят для нескольких операционных систем. Например, драйвер для 32/64-разрядной Windows 7 обычно подходит для Windows Vista, а драйвер для Windows XP можно использовать в Windows 2000/NT, и наоборот. Это связано с тем, что операционные системы Windows 7 и Vista имеют одно и то же ядро; то же можно сказать и о системах Windows NT/2000/XP, а также Windows 95 и 98. В новой системе Windows 7/Vista в значительной мере изменено ядро NT, так что в ней зачастую нельзя использовать драйверы, предназначенные для предыдущих версий Windows семейства NT.

Поскольку уровни BIOS выглядят идентично для операционной системы, независимо от аппаратного обеспечения, на самых различных конфигурациях может работать одна и та же версия операционной системы. Например, Windows можно запустить на двух системах с разными процессорами, жесткими дисками, видеоадаптерами и т.д. Причем в любом случае Windows будет выглядеть и работать практически идентично. Все это возможно благодаря тому, что драйверы поддерживают одни и те же базовые функции, независимо от используемых конкретных устройств.

Как видно на рис. 5.1, уровни приложений и операционной системы могут быть идентичны для разных систем, в то время как уровни оборудования — значительно различаться. Поскольку BIOS содержит драйверы, обеспечивающие взаимодействие программного и аппаратного обеспечения, уровень BIOS, с одной стороны, учитывает уникальные особенности оборудования, а с другой — оказывается неизменным с точки зрения операционной системы.

На аппаратном уровне сосредоточены основные различия между разными системами. Именно BIOS отвечает за маскирование различий между разными устройствами, чтобы обеспечить нормальную работу операционной системы. В настоящей главе внимание уделяется особенностям работы системной BIOS персонального компьютера.

BIOS и CMOS RAM

Иногда пользователи путают BIOS и CMOS RAM. Причиной путаницы является то, что программа настройки BIOS используется для установки и хранения параметров конфигурации в CMOS RAM. Следует заметить, что это совершенно разные компоненты.

Обычно BIOS находится в отдельной микросхеме системной платы. Кроме того, на системной плате расположена так называемая микросхема RTC/NVRAM, содержащая часы истинного времени и энергонезависимую память. По сути, эта микросхема представляет собой цифровой датчик времени с несколькими дополнительными байтами памяти. Обычно она называется CMOS-микросхемой, поскольку создана на

основе *комплементарных металлооксидных полупроводников* (Complementary Metal-Oxide Semiconductor — CMOS).

Микросхема Motorola MC146818, использованная впервые в качестве RTC/NVRAM, содержала 64 байт памяти, из которых 14 байт были выделены для функционирования часов. Несмотря на то что она называется энергонезависимой, при отсутствии электроснабжения параметры времени/даты и данные, находящиеся в памяти, уничтожаются. Микросхема, созданная на основе технологии Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS), имеет пониженное потребление электроэнергии, и для нее вполне достаточно мощности батареи компьютера. Именно поэтому микросхема называется CMOS RAM, хотя с технической точки зрения ее следовало бы назвать микросхемой RTC/NVRAM. Сила тока, потребляемого большинством микросхем RTC/NVRAM, не превышает одного микроампера (миллионной доли ампера), поэтому для их работы достаточно одной небольшой батареи. В течение последних пяти лет для этого использовалась литиевая батарея, при выходе из строя которой вся хранимая в микросхеме информация разрушалась.

При загрузке программы BIOS Setup и последующем конфигурировании/сохранении параметров жесткого диска или других устройств установочные параметры системы записываются в соответствующую область памяти RTC/NVRAM (или CMOS RAM). При каждой загрузке системы для определения ее конфигурации проводится считывание параметров, хранящихся в микросхеме CMOS RAM. Несмотря на наличие определенной связи между BIOS и CMOS RAM, это абсолютно разные компоненты.

Некоторые системы использовали особые версии этой микросхемы, выпускаемые компаниями Dallas Semiconductor, Benchnarq и Odin (например, DS12885 и DS12887), которые объединяли в одном компоненте батарею и RTC/VNRAM, однако сегодня эти модули распространены не так широко. Несмотря на то что компонент CMOS RAM начинал свой путь с отдельной микросхемы, сейчас его функции включаются в южный мост или микросхему Super I/O набора микросхем системной логики.

Системная BIOS

Во всех системных платах есть микросхема, в которой записано программное обеспечение, называемое BIOS или ROM BIOS. Эта микросхема содержит стартовые программы и драйверы, необходимые для запуска системы и функционирования основного аппаратного обеспечения. В ней также содержатся процедура POST (самотестирование при включении питания) и данные системной конфигурации. Все эти параметры записаны в CMOS-память, которая питается от литиевой батареи, установленной на системной плате. Эту энергонезависимую память часто называют NVRAM (Non-Volatile RAM).

Таким образом, BIOS представляет собой комплект программ, хранящихся в одной или нескольких микросхемах. Эти программы выполняются при запуске компьютера до загрузки операционной системы. BIOS в большинстве PC-совместимых компьютеров выполняет четыре основные функции.

- **POST** — самотестирование при включении питания процессора, памяти, набора микросхем системной логики, видеоадаптера, контроллеров диска, дисковода, клавиатуры и других жизненно важных компонентов системы.
- **Настройка BIOS** — конфигурирование параметров системы. Эта программа запускается после нажатия определенной клавиши (или комбинации клавиш) во время выполнения процедуры POST. Предлагая систему каскадных меню, эта программа позволяет настроить параметры материнской платы и набора микросхем системной логики, дату и время, пароль входа в компьютер, дисковые устройства и прочие важные компоненты. Также в ней настраиваются множитель частоты процессора, частота системной шины и последовательность устройств, используемых для загрузки системы. В старых компьютерах на базе процессоров 286 и 386 для запуска этой программы требовалась специальная дискета, а в некоторых современных системах настройку BIOS можно выполнять с помощью специализированных приложений Windows.
- **Загрузчик операционной системы** — подпрограмма, выполняющая поиск действующего основного загрузочного сектора (Master Boot Record — MBR) на дисковых устройствах. При обнаружении такого сектора, соответствующего определенному минимальному критерию (его сигнатура должна заканчиваться байтами 55AAh), выполня-

ется код начальной загрузки. Программный код MBR продолжает процесс загрузки, считывая первый физический сектор загрузочного тома, который представляет собой начало записи загрузки тома (Volume Boot Record — VBR). Посредством записи VBR загружается первый файл инициализации операционной системы, будь то `Io.sys` (DOS/Windows 9x/Me), `ntldr` (Windows NT/2000/XP) или `bootmgr` (Vista), которому передается управление загрузкой операционной системы.

- **BIOS** — набор драйверов, предназначенных для взаимодействия операционной системы и аппаратного обеспечения при загрузке системы. При запуске DOS или Windows в *режиме защиты от сбоев* используются драйверы устройств только из BIOS; драйверы с диска практически не загружаются.

Микросхемы ПЗУ

Память типа ROM (Read-Only Memory или ПЗУ) может постоянно (или практически постоянно) хранить данные. Эти записанные данные хранятся в памяти даже при отключении питания. Таким образом, для хранения стартовых процедур (и BIOS) лучше всего подходит память ROM. Аналогичная память используется и в других устройствах с собственной BIOS, например в видеоадаптерах.

Особо отмечу, что ROM и оперативная память — не противоположные понятия. На самом деле ROM представляет собой часть оперативной памяти системы. Другими словами, часть адресного пространства оперативной памяти отводится для ROM. Это необходимо для хранения программного обеспечения, которое позволяет загрузить операционную систему; в противном случае процессор сразу после включения питания не найдет в памяти команды, которые ему следует выполнить.

Например, сразу при включении компьютера счетчик команд автоматически принимает значение (адрес) FFFF0h; команды, размещенные по этому адресу, должны обеспечить загрузку операционной системы. Этим командам отводится ровно 16 байт, от конца первого мегабайта оперативной памяти и от конца ROM. Если бы эти адреса указывали на ячейки обычной памяти, все хранимые в ней данные, в том числе и команды, исчезли бы при выключении питания и процессор при следующем включении не нашел бы там никаких команд. Но, если этот адрес указывает на ячейку ROM, программа запуска системы в неизменном виде выполняется каждый раз при включении компьютера.

Обычно первым адресом ROM системы является F0000h или E0000h, расположенный за 64 или 128 Кбайт от конца первого мегабайта. Поскольку емкость ROM обычно равна 128 Кбайт, программы ROM полностью занимают последние 128 Кбайт первого мегабайта, включая критический адрес FFFF0h первой команды запуска. Емкость современных микросхем ROM может достигать 256 или 512 Кбайт. Такой увеличенный объем позволяет хранить драйверы устройств, интегрированных на системной плате. Например, ROM интегрированной на системной плате видеосистемы обычно находится в адресах C0000h–C7FFFh, а ROM прочих интегрированных устройств, таких как адаптеры сети и SCSI, — в адресах C8000h–DFFFFh.

На рис. 5.2 показана карта распределения первого мегабайта памяти. Замечу, что верхние адреса памяти, зарезервированные для ROM BIOS материнской платы и адаптеров, находятся в конце первого мегабайта.

Кажется странным, что при запуске компьютер начинает выполнять команду, расположенную за 16 байт от конца ROM, но в этом есть смысл. Просто по этому адресу помещается команда перехода `JMP`, после выполнения которой процессор переходит к фактическому началу программы; в большинстве случаев оно близко к адресу F0000h, который расположен примерно на 64 Кбайт ранее в карте памяти. Это все равно что начинать чтение книги с 16-й страницы от конца; причем на ней должен быть указан номер страницы, с которой фактически начинается изложение. Зато подобное соглашение позволяет свободно изменять объем ROM.

```
. - память, доступная программам (стандартная память)
G - область памяти для видеопамяти графического режима
M - область памяти для видеопамяти монохромного текстового режима
C - область памяти для видеопамяти цветного текстового режима
V - область памяти для BIOS видеоадаптеров
a - область памяти плат адаптеров и памяти специального назначения
r - дополнительная область памяти системной BIOS в других системах
R - область памяти системной BIOS

Основная память:

      : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
000000: ................................................................
010000: ................................................................
020000: ................................................................
030000: ................................................................
040000: ................................................................
050000: ................................................................
060000: ................................................................
070000: ................................................................
080000: ................................................................
090000: ................................................................

Область верхней памяти:

      : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0A0000: GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
0B0000: MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0C0000: VVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
0D0000: aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
      : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0E0000: rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
0F0000: RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
```

Рис. 5.2. Логическая карта памяти первого мегабайта

Основной код BIOS содержится в микросхеме ПЗУ на системной плате, но на платах адаптеров также есть аналогичные микросхемы. Они содержат вспомогательные подпрограммы BIOS и драйверы, необходимые для конкретной платы, особенно для тех плат, которые должны быть активизированы на раннем этапе начальной загрузки, например для видеоадаптера. Платы, не нуждающиеся в драйверах на раннем этапе начальной загрузки, обычно не имеют ПЗУ, поскольку их драйверы могут быть загружены с жесткого диска позже — в процессе начальной загрузки.

Программа, хранящаяся в ПЗУ системной платы, сканирует специальную область ROM оперативной памяти (адреса C0000–DFFFFh) в поисках пары байтов сигнатуры (55AAh), которая указывает на начало ПЗУ адаптеров.

Адреса ПЗУ всех адаптеров должны начинаться с 55AAh; в противном случае системная плата просто их не распознает. Третий байт указывает размер ПЗУ в единицах, кратных 512 байт, которые называются *абзацами*, а четвертый байт соответствует фактическому началу драйверов. Байт размера используется ПЗУ системной платы в целях тестирования. ПЗУ системной платы складывает все байты в ПЗУ, после чего делит полученную сумму на количество байтов. Остаток от деления должен быть равен 100h. Поэтому при написании программы для ПЗУ адаптера программист обычно использует байт “дополнения”, позволяющий получить необходимую контрольную сумму. Используя значение контрольной суммы, сис-

темная плата проверяет ПЗУ каждого адаптера во время выполнения процедуры POST и помечает те из них, которые были повреждены.

Базовая система ввода-вывода системной платы автоматически выполняет программы в ROM любого адаптера, который она находит в процессе сканирования. Процесс обнаружения и инициализации видеоадаптера можно наблюдать в большинстве компьютеров при включении питания и во время выполнения POST.

Затенение ПЗУ

Микросхемы ПЗУ по своей природе очень "медленные" — время доступа равно 150 нс при времени доступа запоминающего устройства DRAM 10 нс или меньше. Поэтому во многих системах ROM *затеняется*, т.е. ее содержимое при запуске копируется в микросхемы динамической оперативной памяти, чтобы сократить время доступа в процессе функционирования. Процедура затенения копирует содержимое ROM в оперативную память, присваивая ей адреса, первоначально использовавшиеся для ПЗУ, которое затем фактически отключается. При этом имитируется работа ПЗУ на полной скорости оперативной памяти.

Затенение эффективно главным образом в 16-разрядных операционных системах типа DOS или Windows 3.*x*. Если компьютер работает под управлением 32-разрядной операционной системы, то затенение фактически бесполезно, так как эти системы не используют 16-разрядный код из ROM. Вместо него они загружают в оперативную память 32-разрядные драйверы, заменяя ими 16-разрядный код BIOS, который использован в процессе запуска системы.

Средство управления затенением находится в программе настройки BIOS, о которой мы поговорим ниже.

Типы микросхем ПЗУ

Существуют четыре типа микросхем памяти ПЗУ.

- **ROM** (Read Only Memory). Память, доступная только для чтения.
- **PROM** (Programmable ROM). Программируемая ROM.
- **EPROM** (Erasable PROM). Стираемая программируемая ROM.
- **EEPROM** (Electrically Erasable PROM). Электронно-стираемая программируемая ROM, также называемая *Flash ROM*.

Независимо от типа ROM данные в ней сохраняются до тех пор, пока не будут стерты или перезаписаны преднамеренно.

Память ROM, прожигаемая при изготовлении

Первоначально в большинстве микросхем ROM уже на этапе изготовления прожигаются нули и единицы, т.е. такую память ROM можно представить в виде матрицы из нулей и единиц, находящейся в кремниевом кристалле. Такие микросхемы называют *прожигаемыми при изготовлении*, потому что данные записываются в маску, с которой фотолитографическим способом изготавливается матрица. Подобный производственный процесс экономически оправдывает себя при изготовлении сотен тысяч микросхем с одинаковой информацией. Чтобы изменить хотя бы один бит, приходится переделывать маску, а это весьма недешево. Поэтому такой тип памяти ROM не используется.

Подобный тип памяти можно сравнить с фабрично записанными компакт-дисками. Некоторые полагают, что компакт-диск сначала изготавливается пустым, а затем на него с помощью лазера записывают данные. На самом деле это не так. На поверхности диска в процессе производства выдавливаются углубления; при этом используется специальная матрица, которую также называют мастер-диском.

Память PROM

Память PROM выпускается в чистом виде, и в нее можно записать любые данные. Она была разработана в конце 1970-х годов компанией Texas Instruments и имела емкость от

1 Кбайт (8 Кбит) до 2 Мбайт (16 Мбит) и больше. Эти микросхемы могут быть идентифицированы по номерам вида 27*nnnn* в маркировке, где 27 — PROM типа TI, а *nnnn* — емкость кристалла (микросхемы) в килобитах. Например, в большинстве компьютеров с PROM использовались микросхемы 27512 и 271000, которые имели емкость 512 Кбит (64 Кбайт) или 1 Мбит (128 Кбайт).

Примечание

Начиная с 1981 года во всех автомобилях, продаваемых в США, использовались бортовые компьютеры с различными микросхемами ROM, содержащими программное обеспечение системы управления. Например, под приборной панелью автомобиля ''Pontiac Turbo Trans Am'' 1989 года выпуска находился бортовой компьютер, содержащий микросхему 2732 PROM электронного блока управления (Electronic Control Module — ECM) с объемом памяти 32 Кбит (или 4 Кбайт). В эту микросхему также входила часть системного программного обеспечения автомобиля и полные таблицы данных, описывающих процесс зажигания, подачи топлива и другие параметры двигателя. Микросхемы PROM, используемые для хранения рабочих программ, очень часто применялись в интегрированных компьютерах различных устройств.

Хотя мы говорим, что эти микросхемы изначально не содержат никакой информации, на самом деле при изготовлении они прописываются двоичными единицами. Другими словами, микросхема PROM емкостью 1 Мбит содержит 1 млн. единиц (если быть точным, то 1 048 576). При программировании такой "пустой" PROM в нее записываются нули. Этот процесс обычно выполняется с помощью специального программирующего устройства (рис. 5.3).

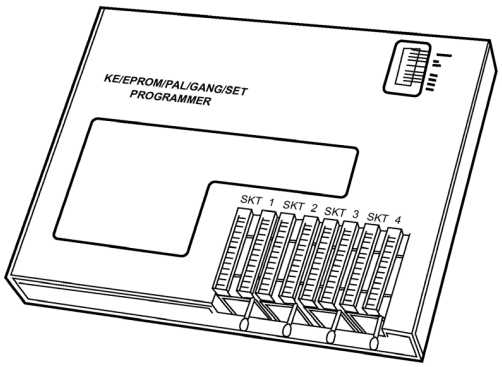


Рис. 5.3. Типичное программирующее устройство (многоразъемное) для прожига памяти PROM

Процесс программирования часто называют *прожигом*, так как именно этот термин технически правильно описывает сам процесс. Каждую единицу можно представить как неповрежденный плавкий предохранитель. Большинство таких микросхем работает при напряжении 5 В, но при программировании PROM подается более высокое напряжение (обычно — 12 В) по различным адресам в пределах адресного пространства, отведенного для микросхемы. Это более высокое напряжение фактически записывает нуль, сжигая плавкие предохранители в тех местах, где необходимо преобразовать единицу в нуль. Хотя превратить единицу в нуль можно, этот процесс необратим (т.е. нельзя преобразовать нуль в единицу).

Программирующее устройство исследует программу, которую необходимо записать в микросхему, и затем выборочно изменяет в микросхеме единицу на нуль только там, где это необходимо.

Поэтому микросхемы PROM часто называют *микросхемами OTP* (One Time Programmable — программируемые один раз). Они могут быть запрограммированы только однажды. Большинство микросхем PROM стоит совсем недорого, примерно 3 доллара. Поэтому при замене программы в PROM старую микросхему выбрасывают, а новую прожигают в соответствии с новыми данными.

Процесс программирования PROM длится от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от емкости микросхемы и применяемого алгоритма. На рис. 5.3 показано типичное программирующее устройство, которое имеет несколько разъемов. Это устройство может программировать несколько микросхем сразу, экономя время при записи одних и тех же данных в нескольких микросхемах. Менее дорогие программирующие устройства имеют только один разъем.

Рекомендую использовать недорогое программирующее устройство компании Andromeda Research Labs (`www.arlabs.com`).

Перепрограммирование PROM

Для перепрограммирования микросхемы PROM моего "Turbo Trans Am" 1989 года выпуска я даже воспользовался программатором ППЗУ, изменив заводскую регулировку скорости и ограничения оборотов, характеристики турбокомпрессора и блокировки гидротрансформатора, параметры зажигания, подачу топлива, скорость холостого хода и многое другое! Кроме того, я вывел на панель управления распределительную коробку, которая позволяла переключаться на одну из четырех микросхем даже во время движения автомобиля. Одна из созданных мною микросхем, которую я назвал "камердинером", отключает топливный инжектор при достижении скорости 36 миль/час и перезапускает его при уменьшении скорости до 35 миль/час и ниже. Думаю, что подобная модернизация будет особенно полезна для начинающих водителей, так как она позволяет определенным образом ограничивать скорость автомобиля или частоту оборотов его двигателя. Вторая созданная мною микросхема может использоваться в качестве противоугонного средства — она отключает подачу топлива во время парковки автомобиля, так что даже самый талантливый вор не сможет его угнать. Если вас интересуют микропроцессорные устройства переключения или какие-либо нестандартные микросхемы для Turbo Trans Am или Buick Grand National, обратитесь в компанию Casper's Electronics.

Память EPROM

Эта разновидность памяти PROM одно время была весьма популярна. Данные в памяти EPROM можно стирать. Микросхема EPROM четко видна через кварцевое окошко, расположенное прямо над кристаллом (рис. 5.4). Фактически сквозь это окно можно увидеть кристалл! Микросхемы EPROM имеют тот же номер 27*nnnn*, что и стандартные PROM, причем функционально и физически они идентичны, если бы не прозрачное кварцевое окно над матрицей.

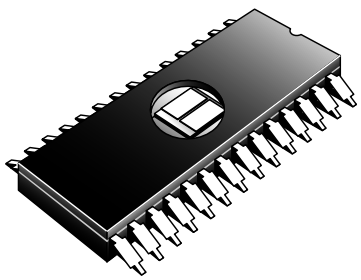


Рис. 5.4. Внешний вид микросхемы EPROM

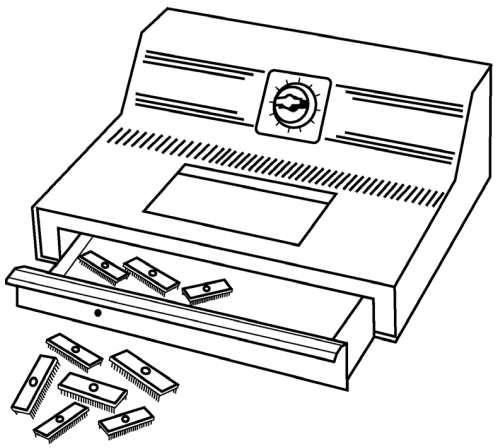


Рис. 5.5. Профессиональное устройство стирания памяти EPROM

Окно пропускает ультрафиолетовые лучи, которые стирают информацию на матрице (микросхеме) EPROM. Окно сделано из кристалла кварца, потому что обычное стекло не пропускает ультрафиолетовых лучей. (Ведь вы не загораете при закрытых окнах!) Разумеется, кварцевое окно повышает стоимость микросхемы EPROM.

Ультрафиолетовые лучи стирают информацию на микросхеме, вызывая химическую реакцию, которая как бы восстанавливает (спаивает) плавкие предохранители. Так, любой двоичный нуль в микросхеме становится двоичной единицей. Для этого длина волны ультрафиолетовых лучей должна достигать примерно 2,537 ангстрема, а их интенсивность должна быть довольно высокой (12000 мВт/см^2). Источник должен располагаться в непосредственной близости — не дальше 2-3 см (приблизительно 1 дюйм), а время экспозиции должно составлять от 5 до 15 мин. Устройство стирания EPROM содержит источник ультрафиолетовых лучей (обычно это ультрафиолетовая лампа дневного света), расположенный над выдвижным ящичком, в котором размещаются стираемые микросхемы.

На рис. 5.5 показано устройство, которое может обрабатывать до пятидесяти микросхем одновременно. Я использую более дешевое переносное устройство компании Walling Company, называемое DataRase, которое стирает до четырех микросхем одновременно. Последняя модель этого устройства называется DataRase II.

Кварцевое окно на микросхеме EPROM обычно заклеивается липкой лентой, чтобы предупредить случайное проникновение ультрафиолетовых лучей. Они входят в состав солнечного света и, конечно, присутствуют даже в обычном комнатном освещении, так что через какое-то время в микросхеме, подвергающейся экспозиции, может произойти потеря данных. Поэтому после программирования микросхемы ее окно заклеивают.

Память EEPROM, или Flash ROM

Это более новый тип памяти ROM — электронно-стираемая программируемая постоянная память. Данные микросхемы также называют Flash ROM, и их можно перепрограммировать, не снимая с платы, на которую они установлены, без специального оборудования. Используя микросхемы Flash ROM, можно стирать и перепрограммировать ПЗУ непосредственно на системной плате, не удаляя микросхему из системы и даже не открывая системный блок.

Для перепрограммирования или удаления кода памяти Flash ROM или EEPROM специальное устройство не нужно. Практически все системные платы, равно как и автомобили, выпущенные после 1993 года, оснащены памятью подобного типа.

Память Flash ROM можно узнать по номеру 28*xxxx* или 29*xxxx* и отсутствию окна в микросхеме. При наличии Flash ROM на системной плате можно легко модернизировать ROM, не меняя микросхемы. В большинстве случаев достаточно загрузить модифицированную программу, полученную с сайта изготовителя системной платы, а затем запустить программу модификации.

Рекомендуется периодически посещать сайт изготовителя системной платы, чтобы следить за модификациями BIOS для своего компьютера. В модифицированной BIOS могут быть исправлены обнаруженные в ходе эксплуатации ошибки или поддерживаться новые устройства, которые изначально не были предусмотрены.

Обновление не компьютерной памяти ROM

Те, кто относят себя к числу заядлых автолюбителей, могут значительно улучшить собственный автомобиль. В первую очередь следует выяснить, существуют ли модификации ROM для бортового компьютера. В настоящее время такие модификации достаточно просты и недороги, поэтому компании, занимающиеся производством автомобилей, выпускают обновления ROM с коррекцией обнаруженных ошибок, позволяющие исправить операционные проблемы и улучшить рабочие характеристики транспортных средств. Владельцы автомобилей компании GM могут обратиться за информацией о существующих обновлениях BIOS к информационной базе Vehicle Calibration компании General Motors по адресу `http://calid.gm.com`.

Возможности Flash ROM позволили мне начать серию экспериментов, связанных с другими транспортными средствами. В частности, я загрузил в микросхему Flash ROM автомобиля "Impala" модифицированную калибровку Comoro. Эта калибровка имеет улучшенные характеристики зажигания, подачи топлива, а также системы переключения передач. Если хотите установить в микросхему Flash ROM автомобиля ту или иную программу, обратитесь к компании Fastchip (`www.fastchip.com`) или Superchips (`www.superchips.com`). Для того чтобы получить дополнительную информацию по поводу записи и программирования Flash ROM своего автомобиля, обратитесь на сайт `www.diy-efi.org`.

Обновления Flash-ROM можно использовать и для добавления новых возможностей в существующие периферийные устройства. Например, можно установить в модемы поддержку новых коммуникационных протоколов, а в записывающие приводы оптических дисков — функции поддержки новых носителей.

Сегодня многие объекты, управляемые с помощью компьютеров, имеют собственные микросхемы Flash ROM. Например, я модифицировал программы в микросхемах Flash ROM своего сетевого маршрутизатора, беспроводной точки доступа, сетевых дисковых устройств и даже цифровой камеры. Для установки таких обновлений достаточно загрузить соответствующие программы с сайта производителя и запустить их. Кто знает, может быть, в один прекрасный день начнется выпуск обновлений флеш-памяти и для тостеров.

Производители ROM BIOS

Практически все современные производители BIOS предоставляют ее код производителям системных плат и готовых компьютеров. В этом разделе речь идет о существующих версиях BIOS.

На разработке PC-совместимых программ ROM BIOS специализируются такие компании, как American Megatrends, Inc. (AMI), Phoenix Software и Award Software (ныне принадлежит компании Phoenix Software). Изготовители системных плат получают от них лицензии на установку ROM BIOS, после чего могут работать над аппаратной частью, не занимаясь программным обеспечением. Для того чтобы установить на плату микросхему памяти ROM с записанной программой BIOS, разработчику приходится решать множество задач, связанных с устройством компьютера. Добиться совместимости ROM BIOS и системной платы — задача непростая. Универсальных микросхем ROM BIOS не существует. Компании AMI, Award, Microid Research и Phoenix поставляют различным изготовителям варианты BIOS, выполненные для конкретных материнских плат.

За последние несколько лет индустрия BIOS пережила серьезные изменения. Компания Intel — крупнейший заказчик микросхем BIOS — перешла от устройств Phoenix к AMI, затем снова к Phoenix и опять к AMI. До 1995 года в системных платах Intel устанавливалась BIOS компании Phoenix. После этого до 1997 года приоритет сместился к BIOS AMI и затем снова вернулся к Phoenix. Наконец, в 1999 году компания Intel в очередной раз перешла на использование продукции AMI. В любом случае Intel брала за основу ядро BIOS того или иного производителя, после чего модифицировала его для собственных нужд. Поскольку Intel является крупнейшим производителем системных плат, используемая в них BIOS имеет большое значение для всей компьютерной индустрии. Одним словом, во многих продаваемых в настоящее время компьютерах установлены системные платы с BIOS AMI или Phoenix.

В середине 1998 года Phoenix перекупила компанию Award, и теперь разработанные ею новые программы будут продаваться под этими торговыми марками. Award BIOS теперь продается как стандартный продукт, в то же время Phoenix BIOS предназначена для высокопроизводительных систем верхнего ценового сегмента рынка. Таким образом, сегодня рынок BIOS большей частью поделен между двумя крупнейшими производителями — AMI и Phoenix, однако ведущей компанией в области разработки BIOS является Phoenix. Ею не только разрабатываются новые BIOS для компьютеров последних поколений, но и внедряются новые стандарты.

Еще одна современная тенденция характеризуется созданием отдельных моделей BIOS для настольных и мобильных систем, 32- и 64-разрядных серверов, а также для встроенных устройств. Все микросхемы BIOS в той или иной степени выполняют одинаковые функции, однако BIOS, оптимизированные для мобильных систем, поддерживают стыковочные модули и расширенное управление энергопитанием, в то время как серверные BIOS предоставляют функции мониторинга аппаратного обеспечения и 64-разрядных разъемов PCI. Создание специализированных версий BIOS для различных типов компьютеров позволяет реализовывать функции, характерные для конкретных платформ, обеспечивая их лучшую производительность и надежность.

BIOS OEM-производителей

Многие производители компьютерных систем заключают контракты с AMI и Phoenix на программирование BIOS конкретных материнских плат и наборов микросхем системной логики. Однако некоторые из них создают и собственные, независимые системы BIOS. К числу таких компаний относятся Dell, HP/Compaq, AT&T и Acer. Чаще всего за основу берется приобретенная несколько лет назад система BIOS от AMI или Phoenix, и в нее вносятся необходимые дополнения.

Несмотря на то что оригинальная версия системы BIOS была выпущена AMI или Phoenix, в данном случае ее обновления будут доступны только на сайте производителя компьютера или материнской платы, поскольку только он отвечает за внесенные в базовую систему изменения и дополнения.

BIOS компании AMI

Эта система BIOS занимает сегодня на рынке лидирующее положение. Некоторые ее версии называют *Hi-Flex* благодаря повышенной гибкости конфигурирования BIOS. Hi-Flex BIOS от AMI используют многие крупные компании, такие как Hewlett-Packard. Одной из отличительных черт компании AMI является то, что она единственная из производителей BIOS выпускает собственные материнские платы и прочие аппаратные компоненты компьютера.

Любая версия AMI BIOS после включения компьютера во время самотестирования выводит первую идентификационную строку сообщений в нижнем левом углу экрана, сразу под информацией об авторских правах. В этой строке сообщаются версия BIOS, а также некоторые параметры системы, определенные встроенной программой настройки BIOS.

Совет

Чтобы эта строка не исчезла, можно перед включением питания отключить клавиатуру или во время включения питания удерживать нажатой какую-нибудь клавишу. Это будет воспринято как ошибка клавиатуры, и строка останется на экране.

Также можно загрузить утилиту идентификации (`http://www.ami.com/support/mbid.cfm`), которая выведет информационную строку, отображаемую во время загрузки.

Если во время выполнения процедуры POST нажать клавишу <Insert>, то новые версии AMI Hi-Flex BIOS выведут две дополнительные идентификационные строки с информацией о параметрах, установленных в BIOS.

Возможности AMI BIOS очень велики. Она содержит программу настройки, которая вызывается с помощью клавиши <Delete> или <Esc> в течение нескольких первых секунд после начала загрузки компьютера. BIOS напомнит вам, когда и какую клавишу надо нажать. Можете самостоятельно указать тип жесткого диска, что важно для оптимального использования многих накопителей IDE и ESDI. С 1995 года версии BIOS могут работать с усовершенствованными накопителями EIDE (Enhanced IDE) и автоматически устанавливать параметры драйвера.

Уникальной особенностью AMI BIOS является встроенная и управляемая с помощью меню программа диагностики — сокращенная версия программы AMIDIAG. Конечно, она не заменит серьезных диагностических программ, но в критических случаях может пригодиться. Эта программа, например, не выполняет полного тестирования памяти; форматирование жесткого диска осуществляется на уровне BIOS, а не на уровне регистров контроллера. Это ограничивает возможности BIOS при форматировании серьезно поврежденных дисков. Большинство новых версий AMI BIOS не предлагает функции полной диагностики.

Компания AMI издала детализированную версию документации BIOS под названием *Programmer's Guide to the AMIBIOS* (Руководство программиста по AMIBIOS), выпущенную издательством Windcrest/McGraw-Hill (ISBN 0-07-001561-9). В этой документации, написанной инженерами AMI, рассматриваются все функции BIOS, ее возможности, коды ошибок и т.д. К сожалению, это руководство больше не переиздавалось, однако его до сих пор можно встретить в розничной продаже (в частности, на сайте Amazon).

Компания AMI выпускает обновления только для BIOS собственных материнских плат. Если материнская плата изготовлена другим производителем, в ее BIOS, скорее всего, были внесены изменения, так что все обновления можно получить у производителя либо у сторонних поставщиков BIOS, таких как eSupport.com.

BIOS компании Award

С легкой руки компании Phoenix модели Award BIOS в первое время назывались FirstBIOS, теперь же в имени отражены названия создателя и владельца — Pnoenix Award BIOS. Они поддерживают все возможные функции, в том числе встроенную программу настройки, для активизации которой достаточно нажать определенную клавишу (соответствующие сведения, как правило, отображаются на экране). Поскольку процедура POST поддерживает лишь несколько звуковых кодов, для идентификации проблем может потребоваться специальная POST-плата. Компания Phoenix предлагает техническую поддержку на своем сайте по адресу `www.phoenix.com`. Компания eSupport.com также предлагает ограниченные обновления Award BIOS для некоторых систем.

BIOS компании Phoenix

Phoenix BIOS в настоящее время лицензируется с торговыми марками *SecureCore* и *TrustedCore*. На протяжении многих лет она являлась эталоном совместимости, с которым сравнивалась продукция других компаний. Phoenix одной из первых легально переработала IBM BIOS по методу "чистой комнаты". Группа инженеров изучила IBM BIOS и составила список возможностей данной программы и требований, которым она должна удовлетворять. Эта информация была передана другой группе инженеров, которые не были знакомы с IBM BIOS. Таким образом, они могли легально разрабатывать новую BIOS, соответствующую спецификациям, предоставленным первой группой. Полученная система была оригинальной и не являлась копией IBM BIOS, однако функционировала аналогично.

Phoenix BIOS имеет собственную программу настройки, обычно активизируемую с помощью клавиши <F2> или <F1> во время выполнения теста POST. В некоторых случаях BIOS отображает на экране информацию о клавише активизации программы настройки.

Также Phoenix опубликовала серию технических справочников, которые являются основой промышленных стандартов BIOS: *System BIOS for IBM PC/XT/AT Computers and Compatibles*, *CBIOS for IBM PS/2 Computers and Compatibles* и *ABIOS for IBM PS/2 Computers and Compatibles*. В справочниках Phoenix содержится исчерпывающая информация не только о Phoenix BIOS, но и о BIOS всех PC-совместимых компьютеров. Эти справочники также больше не переиздаются, однако их можно встретить на вторичном рынке.

Компания Phoenix предоставляет техническую поддержку и документацию по адресу `www.phoenix.com`. Дополнительную информацию можно найти на сайте eSupport.com.

BIOS компании Microid Research (MR)

Эта компания разрабатывает BIOS для устаревших систем с процессорами 486 и Pentium и имеет свою нишу на рынке, поскольку все крупные поставщики BIOS уже давно не выпускают продуктов для этих систем. Эта компания была впоследствии приобретена Unicore и спустя некоторое время перепродана компании Phoenix.

Совет

Если вам приходится работать с множеством типов BIOS, приобретите книгу Фила Круше *The BIOS Companion* (или загрузите ее в виде файла PDF). В этой книге содержится детальная информация о функциях и настройке BIOS всех современных крупнейших производителей. Если такая книга у вас уже есть, получите ее обновленные версии на сайте `Electrocution.com`.

Аппаратное и программное обеспечение BIOS

Некоторые наиболее важные драйверы должны быть активизированы во время загрузки. Например, как можно загрузить систему с жесткого диска, если необходимые для этого драй-

веры загружаются с этого же диска? Очевидно, что некоторый минимальный набор драйверов должен быть предварительно загружен в ПЗУ на системной плате или плате адаптера.

В качестве еще одного примера можно рассмотреть и такую ситуацию. Как увидеть какую-либо информацию на экране, если в ПЗУ видеоадаптера не будет содержаться никаких драйверов? Решение данной проблемы может быть найдено благодаря ПЗУ на системной плате; однако это непрактично, поскольку существует большое количество моделей видеоадаптеров, для каждой из которых необходим собственный набор драйверов. Поэтому применяется иной подход. Когда компания разрабатывала свой первый ПК, она спроектировала ПЗУ системной платы таким образом, чтобы выполнялись сканирование разъемов с целью выявления плат расширения с собственными ПЗУ. При обнаружении подобной платы содержимое ее ПЗУ инициализируется в ходе загрузки, прежде чем начнется загрузка операционной системы с жесткого диска.

Платы расширения, перечисленные ниже, практически всегда содержат отдельную микросхему ПЗУ.

- **Видеоадаптеры.** Все платы данного типа обладают собственной BIOS.
- **Адаптеры RAID (Redundant Array of Independent Disks).** Адаптеры, которые позволяют различными способами подключать несколько дисков или их массивов для обеспечения надежности, избыточности или увеличенного быстродействия. Для обеспечения возможности загрузки с массива используется отдельная микросхема BIOS.
- **Сетевые адаптеры.** Платы данного типа поддерживают загрузку непосредственно с файлового сервера, используя специальную микросхему *boot ROM* или *IPL (initial program load) ROM*. Это позволяет настроить ПК как бездисковые рабочие станции, которые иногда называют *сетевыми компьютерами* (Net PC или network computer), "тонкими" клиентами и даже интеллектуальными терминалами.
- **Адаптеры ATA/SATA или расширения дисководов.** Платы, которые позволяют подключать к компьютеру несколько накопителей различных типов, не поддерживаемых системной платой. Для обеспечения возможности загрузки с накопителей необходима отдельная BIOS.
- **SCSI-адаптеры.** Эти адаптеры, поддерживающие загрузку с жестких дисков или оптических приводов, также оснащены собственной BIOS.
- **Платы Y2K.** Платы, содержащие обновления BIOS, касающиеся решения "проблемы 2000 года". Эти платы содержат небольшой драйвер, который контролирует изменение байта года с 99 на 00. В этот момент драйвер обновляет байт века с 19 на 20, тем самым корректируя ошибки в BIOS некоторых устаревших системных плат.

Обновление BIOS

Производители материнских плат адаптируют стандартную BIOS к конкретным аппаратным средствам. Именно этот факт создает проблемы при обновлении BIOS. BIOS обычно находится в одной (или нескольких) из микросхем материнской платы и содержит программный код, специфичный для модели и даже версии материнской платы. Таким образом, если возникла потребность в обновлении BIOS, нужно обращаться не к компании, выпустившей ее ядро (AMI или Phoenix), а к изготовителю материнской платы или компании, осуществляющей ее поддержку.

Хотя многие обновления BIOS предназначены для устранения ошибок, имеет смысл обновить BIOS, чтобы воспользоваться преимуществами других изменений. Например, обновления BIOS часто призваны обеспечить поддержку новых моделей процессоров, жестких дисков увеличенного объема, загрузку с оптических или USB-накопителей, сократить время загрузки и т.д.

К основным требованиям стандарта PC 2001, опубликованного компаниями Intel и Microsoft, относится поддержка так называемой функции *Fast POST*. Эта функция подразумевает, что на загрузку системы, начиная с включения питания и заканчивая загрузкой файлов опе-

рационной системы, должно уходить не более 12 секунд (для систем, не использующих SCSI в качестве соединения основной памяти). В это время входит инициализация клавиатуры, видеоплаты и шины ATA. Системам, содержащим адаптеры со встроенной памятью ROM, даны дополнительные 4 секунды на каждую плату. Эта функция, получившая в Intel название Rapid BIOS Boot (RBB), поддерживается во всех системных платах компании, выпущенных после 2001 года. Некоторые из них позволяют выполнить загрузку системы менее чем за 6 секунд.

Если новое программное или аппаратное обеспечение установлено в строгом соответствии с приводимыми инструкциями, но все равно не работает, проблема может заключаться в BIOS, которую требуется обновить. Особенно это относится к современным операционным системам. Дело в том, что для поддержки устройств PnP и системы управления электропитанием ACPI, реализованных в Windows XP и Vista, BIOS старых материнских плат следует обновить. Так как эти проблемы специфичны для конкретных типов материнских плат, следует периодически заходить на сайт производителя и проверять наличие обновлений BIOS (там же можно узнать, какие именно проблемы устранены в каждом из обновлений). Инсталляция несовместимого аппаратного и программного обеспечения может привести к нарушению работы компьютера, поэтому перед установкой такого оборудования, как процессоры, рекомендуется обновлять BIOS системной платы.

Для проверки совместимости установленной BIOS с современными технологиями можно воспользоваться утилитой BIOS Wizard, доступной на сайте `eSupport.com`.

Где взять обновленную версию BIOS

Чаще всего обновленные версии BIOS можно загрузить с сайта производителя системной платы. Производители BIOS не предлагают обновления, так как в каждой модели системной платы используются модифицированные версии BIOS. Поэтому не следует искать обновление на сайте компании Phoenix, AMI или Award. Обращаться за обновлением следует к производителю системной платы или всей системы. Обновления можно найти и на сайте `eSupport.com`, особенно если сайт производителя найти не удалось или если эта компания вообще прекратила свое существование.

Определение версии BIOS

Для замены или обновления BIOS необходима следующая информация:

- модель системной платы;
- текущая версия BIOS.

Идентифицировать BIOS можно по сообщениям, появляющимся на экране при включении системы. Правда, на экране версия BIOS отображается только несколько секунд, поэтому, чтобы немного "задержать" ее, нажмите клавишу <Pause>. Зафиксировав нужную информацию, нажмите любую клавишу, и загрузка компьютера возобновится.

Примечание

Многие современные компьютеры во время загрузки системы не выводят на экран монитора привычную таблицу POST. Вместо этого появляется логотип производителя системной платы или компьютера. В этом случае для загрузки программы BIOS Setup необходимо нажать какую-либо клавишу или комбинацию клавиш (определяемую каждым производителем BIOS). Более подробно эта процедура описана ниже. Вам, наверное, приходилось слышать, что вывод на экран логотипа компании-изготовителя вместо заданного по умолчанию экрана POST называется *тихой загрузкой* (quiet boot). Сейчас появилась реальная возможность заменить "рекламные плакаты" BIOS, например, логотипом собственной компании или любым графическим символом. Программное обеспечение, позволяющее заменить или, напротив, восстановить выводимый на экран логотип системных плат Intel, можно найти по адресу:

`http://developer.intel.com/design/motherbd/gen_indx.htm`

Кроме того, идентификационный номер BIOS часто указывается на экранах программы BIOS Setup. Для того чтобы получить подобную информацию, а также определить параметры

наборов микросхем и микросхемы Super I/O, встроенных в системную плату, можно использовать программу BIOS Agent (ее можно загрузить с сайта `eSupport.com`). Затем можно обратиться к производителю системной платы или на соответствующий сайт, чтобы загрузить и установить более новую версию BIOS (если такая существует).

Проверка даты создания BIOS

Один из способов определить относительный возраст и возможности BIOS системной платы — проверить дату ее создания. Дата создания BIOS сохраняется практически всеми компьютерными системами в виде 8-байтовой текстовой строки по адресу памяти `FFFF5h`. Данное значение позволяет узнать, когда производитель системной платы вносил последние исправления или улучшения в BIOS. Дата создания BIOS позволяет оценить, на поддержку каких именно функций можно рассчитывать. Для просмотра содержимого определенных адресов можно использовать утилиту командной строки `DEBUG`, поставляемую вместе с Windows и DOS. Программа `DEBUG` запускается из командной строки и отображает собственное приглашение, после чего можно вводить различные команды. Например, для того чтобы получить справочные сведения, достаточно ввести команду `?`. Для получения сведений о дате создания BIOS отобразите окно командной строки (или загрузите DOS с дискеты), после чего выполните команду `DEBUG`. После отображения приглашения программы `DEBUG` введите **`D FFFF:5 L 8`**; в результате команда `DEBUG` получит указание отобразить содержимое памяти по адресу `FFFF5` длиной 8 байт. При этом `DEBUG` отобразит соответствующие значения в виде шестнадцатеричных значений и кодов ASCII. После этого можно ввести **`Q`** для завершения работы команды `DEBUG`. Пример выполнения программы `DEBUG` представлен на рис. 5.6.



Рис. 5.6. Использование программы DEBUG для отображения даты создания BIOS

В данном примере дата создания BIOS — 13 сентября 2005 года.

Создание резервной копии BIOS

Перед обновлением BIOS рекомендуется создать резервную копию текущего содержимого ПЗУ. Дело в том, что многие производители материнских плат помещают на своих сайтах только последние версии BIOS, которые иногда могут вызывать проблемы или не соответствовать вашим потребностям. Имея резервную копию, всегда можно вернуться к ранее существовавшей на компьютере версии BIOS. Для того чтобы создать резервную копию, запустите программу обновления BIOS своей материнской платы и посмотрите, предлагает ли она резервное копирование. Если не предлагает, посмотрите на сайте производителя материнской платы, какие версии BIOS на нем доступны для загрузки и есть ли среди них та, которая установлена в текущий момент в вашем компьютере. Если возможности создать резервную копию нет и на сайте отсутствует текущая версия BIOS вашего компьютера, придется использовать альтернативные методы.

В том случае, если отсутствует команда меню для отката или невозможно загрузить более старую версию, существуют другие способы создать BIOS, например, воспользовавшись DOS-утилитой, запускаемой с загрузочной дискеты или компакт-диска, прилагаемого к системной плате. Если на плате используется Phoenix BIOS или Award BIOS, создайте резервную копию с помощью утилиты `awdflash.exe` с диска обновления BIOS, прилагаемого к

системной плате, используя ключи командной строки /sy (Save Yes) и /pn (Program No), как показано ниже.

```
awdflash /sy /pn
```

После запуска программы вам будет предложено ввести имя файла резервной копии (например, backup.bin). Сохраните файл, нажав клавишу <Enter>.

Восстановление параметров CMOS BIOS

Модернизация BIOS системной платы обычно приводит к удалению параметров BIOS Setup в ПЗУ (далее — ROM) микросхемы CMOS. Таким образом, эти параметры, особенно относящиеся к конфигурации жесткого диска, следует записать и хранить в надежном месте. Некоторые программы настройки BIOS позволяют резервировать и восстанавливать параметры CMOS, однако это скорее исключение, чем правило. Также в отдельных случаях новые BIOS предлагают другие параметры или места хранения данных в CMOS RAM, при этом резервирование и восстановление неприменимы.

Наилучший выход — запись параметров BIOS Setup вручную или подключение принтера и использование комбинации клавиш <Shift+PrtSc> для распечатки содержимого определенного экрана. Включите принтер, загрузите обычным образом компьютер и перезагрузите его (но не выключайте) для инициализации принтера, после чего попробуйте распечатать параметры CMOS. Следует заметить, что эта операция возможна только при наличии принтера, подключенного через параллельный порт, а не через порт USB, поскольку только он поддерживается системной BIOS. При записи настроек особое внимание уделите жестким дискам: их режиму SATA (IDE/ACHI/RAID), геометрии диска (количеству цилиндров, дорожек и секторов) и преобразованию (LBA, Large или CHS). Если вам не удастся восстановить прежние значения этих параметров, доступ к диску и тем более загрузка с него будут невозможны.

Совет

Если распечатать содержимое экрана невозможно, воспользуйтесь цифровым фотоаппаратом и сделайте снимок каждого окна настроек BIOS. Настройте фотоаппарат на режим ближней съемки и вместо оптического видоискателя используйте жидкокристаллический экран, что поможет снять весь экран, а не отдельную область.

Микросхемы контроллера клавиатуры

Компьютеры ранних версий класса AT (начиная с 286-го) включают в себя, помимо основной системной памяти, контроллер клавиатуры, представляющий собой микропроцессор со встроенной памятью. В более современных системных платах этот контроллер входит в состав южного моста или микросхемы Super I/O.

Контроллер клавиатуры используется для управления сбросом и строками A20, а также для дешифровки кода опроса клавиатуры. Строка A20 используется в расширенной памяти и при выполнении операций в защищенном режиме. Во многих системах для выбора тактовой частоты процессора используется один из свободных портов.

Обновление Flash BIOS

Начиная с 1996 года во всех компьютерах BIOS записывается в микросхему Flash ROM. Информацию в этой микросхеме можно стирать и перепрограммировать непосредственно в компьютере без специального оборудования. Для стирания и перепрограммирования старых микросхем PROM требовались специальный источник ультрафиолетового излучения и устройство программирования, а во Flash ROM данные могут быть удалены и перезаписаны даже без извлечения микросхем из системы.

Flash ROM позволяет загрузить новую версию BIOS из Интернета или загрузить с дискеты в микросхему Flash ROM на системной плате без ее удаления и замены. Обычно эти обновления загружаются с сайта изготовителя материнской платы. В зависимости от подхода

программы обновления могут помещать программы на загрузочный гибкий или оптический диск, а могут выполняться как приложение в Windows.

Иногда микросхема Flash ROM в системе защищена от записи; тогда, прежде чем приступить к модификации, следует отключить защиту. Обычно это делается с помощью переключателя, который управляет блокировкой модификации ROM. Без блокировки любая программа (в том числе и вредоносная) может перезаписывать ROM в вашей системе, а это опасно. Даже без физической защиты от записи современные BIOS в микросхемах Flash ROM имеют алгоритм защиты, который предотвращает несанкционированные модификации. Эту методику Intel использует на своих системных платах.

Изготовители системных плат не сообщают, когда они обновляют BIOS для конкретной платы, поэтому сами периодически посещайте их сайт. Как правило, все обновления BIOS бесплатны.

Перед обновлением BIOS необходимо сначала отыскать и загрузить модифицированную версию BIOS. Зайдите на сайт производителя и поищите в его системе меню страницу обновлений BIOS (BIOS Update), выберите нужную вам модель материнской платы и загрузите новую BIOS.

Примечание

Если обновление Flash BIOS предназначено только для определенных версий или моделей системных плат, перед его установкой проверьте, совместимо ли оно с имеющейся у вас платой. В частности, просмотрите номер версии системной платы или ее конкретных компонентов. Более подробную информацию можно получить на сайте производителя системной платы.

Некоторые производители материнских плат предлагают различные варианты обновления BIOS: как непосредственно из Windows, так и с помощью создаваемой загрузочной дискеты, оптического диска или флеш-карты USB. Воспользуйтесь любым из вариантов, который покажется вам самым простым в конкретном случае. Все зависит от текущего состояния системы. К примеру, если BIOS повреждена, остается только пройти процедуру полного восстановления, описанную в следующем разделе. Если обновляется BIOS нового компьютера, на котором еще не установлена операционная система Windows, можно воспользоваться методом, создающим загрузочный диск. Если файлы и программы обновления слишком велики для дискеты, выполните загрузку с оптического диска или флеш-карты USB.

В целом все процедуры обновления BIOS можно отнести к одному из следующих типов:

- выполнение программ под Windows;
- автоматизированное создание загрузочных образов;
- создание загрузочных носителей вручную;
- создание носителей экстренного восстановления.

Все эти методы подробно описываются в следующих разделах.

Выполнение программы Windows

Это, пожалуй, самый простой и популярный из всех методов. Он может оказаться недоступным для старых материнских плат, однако все новые материнские платы поддерживают его. Процесс обновления сводится к загрузке программы из Интернета и ее запуску. Обновление может производиться либо сразу же после запуска программы, либо посредством копирования программой некоторой информации на диск и последующей перезагрузки операционной системы. В любом случае после обновления система выполнит еще одну перезагрузку, и задачу можно будет считать выполненной. Единственным недостатком является необходимость в операционной системе Windows 2000 или более поздней версии. Таким образом, данный метод не подойдет пользователям, на чьих компьютерах либо вообще не установлена операционная система, либо они работают под управлением альтернативной системы, такой как Linux.

Одна из потенциальных проблем, связанных с обновлением из среды Windows, состоит в том, что программа запускается непосредственно в Windows, а если операционная система

нестабильна, повреждена или инфицирована, процесс обновления BIOS может прерваться, что приведет к необходимости восстановления BIOS. В подобных ситуациях существует риск полного выхода системной платы из строя. Если у вас есть малейшие сомнения в стабильности работы системы, лучше отдать предпочтение другим методам обновления (с использованием загрузочных дискет, компакт-дисков или USB-накопителей).

Автоматизированное создание загрузочных образов

Этот метод — второй по сложности; он работает практически с любыми операционными системами, а также вообще без ОС. Он идеально подходит для всех компьютерных систем, использующих альтернативные ОС. Возможность применения этого метода зависит исключительно от того, предоставил ли производитель материнской платы дискету или оптический диск с необходимыми файлами обновления, который впоследствии можно использовать для создания других загрузочных дисков обновления.

При наличии гибкого диска можно загрузить программу создания образа с сайта производителя. После запуска эта программа предложит вставить в дисковод чистую дискету, на которой будут записаны образ загрузочного диска, содержащего собственно ядро операционной системы (вероятнее всего, DOS или одной из ее версий), а также файлы, необходимые для обновления. После создания такого диска нужно проверить в настройках BIOS последовательность загрузки, чтобы сначала выполнялось обращение к дисководу. Затем необходимо вставить дискету и перезагрузить компьютер. Операционная система начнет загружаться с гибкого диска, после чего будет автоматически запущена программа обновления. По завершении обновления следует извлечь дискету из привода и перезагрузить компьютер.

Поскольку приводы гибких дисков в большинстве современных компьютеров уже не устанавливаются (а также учитывая размеры образов BIOS новых материнских плат), многие обновления предлагаются в виде образов загрузочных компакт-дисков. Обычно они имеют вид файла `*.ISO`, содержащего точную копию исходного компакт-диска. В данном случае для выполнения обновления нужно записать этот образ на чистый CD-R или CD-RW. К сожалению, ни Windows Vista, ни XP, ни одна из более ранних версий этой операционной системы не предлагают программ создания или чтения образов компакт-дисков. Так что придется воспользоваться какой-либо сторонней программой прожига CD/DVD. Такие коммерческие программы (например, производства компаний Roxio, Nero или Sonic) иногда включаются в состав программного обеспечения, входящего в комплект поставки устройств прожига оптических дисков. Следовательно, одна из таких программ уже может быть установлена в вашей системе. Если это не так, разрешите отрекомендовать бесплатную программу ImgBurn, которую можно загрузить с сайта `www.imgburn.com`.

С помощью программы прожига скопируйте файл образа ISO на чистый CD-R или CD-RW. После этого проверьте в настройках BIOS последовательность устройств загрузки (привод компакт-дисков должен быть первым). Вставьте созданный загрузочный диск в привод и перезагрузите компьютер. Операционная система должна загрузиться с компакт-диска, после чего автоматически будет запущена программа обновления BIOS. Следуйте инструкциям, которые отображаются на экране, а по завершении обновления извлеките компакт-диск из привода и перезагрузите компьютер.

Создание загрузочных носителей вручную

Многие производители материнских плат предлагают обновления в виде флеш-утилит DOS и предназначенных для них файлов образов. Эти утилиты следует запускать вручную с загрузочного диска. Для этого можно использовать любой носитель — дискету, компакт-диск или флеш-карту, — и совершенно не важно, какая операционная система установлена в компьютере, Windows или Linux, и установлена ли она вообще. Все необходимые для обновления файлы обычно находятся в архиве, который загружается с сайта производителя материнской платы. К сожалению, этот вид обновления требует от пользователя больше усилий, чем другие. Самым сложным этапом является ручное создание загрузочного носителя, на который

будут скопированы файлы. Загрузочную дискету создать исключительно просто, в то время как загрузочный компакт-диск или флеш-карту — намного сложнее.

В этом вам помогут некоторые бесплатные утилиты. Для создания загрузочного компакт-диска с целью обновления BIOS рекомендуется воспользоваться пакетом Clean Boot CD, который можно загрузить по адресу `www.nu2.nu/bootcd/#clean`. Загрузите самораспаковывающийся архив в свободную папку и запустите его на выполнение; при этом в папку будут разархивированы дополнительные файлы, необходимые для установки. После этого следуйте указаниям по копированию флеш-утилиты и файлов образов в соответствующую папку. После того как все нужные файлы будут собраны в папке, выполните команду Build⇨Clean, и автоматически будет сформирован образ ISO загрузочного диска с файлами операционной системы и обновления BIOS. Затем с помощью любой программы прожига оптических дисков (например, ImgBurn) можно скопировать образ компакт-диска на чистый носитель CD-R или CD-RW.

После прожига компакт-диска загрузитесь с него, перейдите к папке, в которой помещены флеш-утилита и файлы образов BIOS, и введите команду выполнения обновления. Например, для материнских плат производства Intel используется утилита `IFLASH.EXE`, а файлы образов имеют расширения `*.BIO`. Команда запуска обновления в данном случае имеет следующий вид:

```
IFLASH /PF XXX.BIO
```

где `XXX.BIO` — имя файла образа BIOS.

Данная процедура применима и для создания загрузочного флеш-диска USB, однако в этом случае вас также подстерегают некоторые сложности, правда, несколько отличные от тех, которые возникают при создании загрузочного компакт-диска. Но и здесь приходит на помощь бесплатная утилита форматирования, доступная по адресу `tinyurl.com/ydao7p`. Чтобы сделать флеш-диск загрузочным, программа потребует предоставить системные файлы DOS (`command.com`, `io.sys` и `msdos.sys`), которые она перенесет в процессе форматирования на флеш-диск. В данном случае можно воспользоваться любой версией DOS, но я рекомендую DOS 6.22. Если у вас нет этих системных файлов, можете загрузить их в виде образа загрузочной дискеты с сайта `www.bootdisk.com`.

Примечание

Производители BIOS и материнских плат добавили поддержку загрузки с флеш-дисков только в 2001 году, так что, если ваша система датирована 2001 или более ранним годом, возможности загрузки с флеш-диска может не быть.

Естественно, перед загрузкой с флеш-диска его нужно вставить в порт USB, а в настройках BIOS назначить его первым загрузочным устройством. Следует отметить, что в настройках BIOS флеш-диск может быть упомянут как некоторый съемный носитель или обычный жесткий диск. В большинстве систем, если во время включения компьютера флеш-диск не подключен к порту USB, он автоматически удаляется из последовательности устройств загрузки.

После форматирования флеш-диска как загрузочного добавьте на него флеш-утилиты и файлы образов с жесткого диска. Затем перезагрузите компьютер, предварительно вставив в порт флеш-диск и настроив последовательность устройств загрузки в настройках BIOS. С флеш-диска должна загрузиться операционная система DOS, после чего в командной строке нужно ввести корректную команду обновления BIOS.

Совет

Перед запуском процедуры обновления BIOS отсоедините от системного блока все устройства USB и FireWire, за исключением, возможно, клавиатуры и мыши. Если загрузка выполняется с флеш-диска USB, никакие другие устройства USB не должны быть подключены к компьютеру. В некоторых системах наличие дополнительных внешних устройств может вызвать некорректное обновление BIOS.

Если в настройках BIOS установлен параметр Byte Merge (это относится к Award BIOS), отключите его до начала обновления. Дело в том, что в некоторых старых системах обновление BIOS при установленном параметре Byte Merge может вызвать срыв процедуры обновления, в результате чего будет повреждена системная BIOS. После обновления можете установить этот параметр снова. Некоторые обновления BIOS учитывают данную проблему, так что, возможно, в будущем мы с ней уже не столкнемся.

Восстановление Flash BIOS

Во время перепрограммирования микросхемы Flash BIOS на экране монитора появится предупреждение примерно следующего содержания:

```
The BIOS is currently being updated. DO NOT REBOOT OR POWER DOWN
until the update is completed (typically within three minutes)...
(В настоящее время происходит обновление BIOS. До завершения
процесса модификации (обычно в течение трех минут) не перезагружайте
 и не выключайте систему.)
```

Если невнимательно отнестись к этому предупреждению или если в процессе обновления BIOS что-нибудь случится, базовая система ввода-вывода будет повреждена. В зависимости от модели системной платы может возникнуть необходимость в замене микросхемы Flash BIOS микросхемой, перепрограммированной производителем системной платы или поставщиком аналогичных микросхем. И это — насущная необходимость, поскольку без ПЗУ с базовой системой ввода-вывода материнская плата не может выполнять свои функции. Именно по этой причине я держу под рукой программатор ПЗУ — он исключительно полезен при наличии в материнской плате съемных микросхем ROM. За считанные минуты я могу "перепрошить" микросхему ПЗУ и снова вставить ее в материнскую плату. Если вы тоже хотите купить программатор ПЗУ, рекомендую модель EPROM+ производства компании Andromeda Research Labs (`www.arlabs.com`).

Во многих современных компьютерах микросхема Flash BIOS впаивается в системную плату, поэтому идея о ее замене и последующем перепрограммировании весьма сомнительна. Но это не означает, что единственный выход из положения состоит в замене системной платы. В большинстве материнских плат, содержащих впаянную микросхему Flash BIOS, для этого используется специальная процедура восстановления содержимого BIOS. Она скрыта в специальной защищенной части флеш-ПЗУ, зарезервированной для этой цели, которая называется *блоком загрузки*. В этом блоке хранится процедура, используемая для восстановления основного программного кода BIOS.

Примечание

Ввиду малого размера блока загрузки выполнение процедуры не сопровождается какими-либо текстовыми пояснениями. Как правило, экран остается чистым, как будто ничего не происходит. Основными признаками выполнения процедуры восстановления BIOS являются шум встроенного динамика и индикатор доступа к устройству, на котором находится обновление. Как правило, при нормальном ходе процесса обновления одиночный звук воспроизводится в его начале и несколько звуков --- в конце. Мигание индикаторов на носителе указывает на чтение информации с него и запись в ПЗУ.

Разные модели материнских плат и версии BIOS требуют различных процедур восстановления. Большинство материнских плат (в том числе выпускаемые Intel) содержат перемычку конфигурирования BIOS, позволяющую установить несколько режимов функционирования ПЗУ, в том числе его восстановление. На рис. 5.7 показана эта перемычка на типичной материнской плате.

Наряду с установкой перемычки для процедуры восстановления BIOS требуется наличие в приводе оптических или гибких дисков носителя с файлом образа BIOS. Некоторые материнские платы воспринимают оба типа этих устройств, однако большинство — только одно из них. Абсолютное большинство старых материнских плат поддерживает восстановление BIOS только с гибкого диска. В то же время новые материнские платы могут вообще не поддерживать дисководы; к тому же их BIOS слишком велика для того, чтобы поместиться на обычную дискету. В данном случае существует одно общее правило. Если файл образа BIOS достаточно мал, чтобы поместиться на дискету (1,44 Мбайт или менее), а материнская плата содержит контроллер гибких дисков, значит, для восстановления BIOS следует использовать гибкий диск. Если привода гибких дисков в системе нет, нужно на время подключить его к контроллеру. Как специалист могу сказать, что на всякий случай под рукой всегда нужно иметь привод гибких дисков и шлейф к нему, даже если эту технологию вы считаете отжившей свой

век. Гибкий диск, вставленный в привод, должен содержать только файл образа BIOS с расширением `.BIO`, при этом диск необязательно должен быть загрузочным. Более того, если записать на дискету дополнительные файлы, на нее может не поместиться сам файл образа `.BIO`.

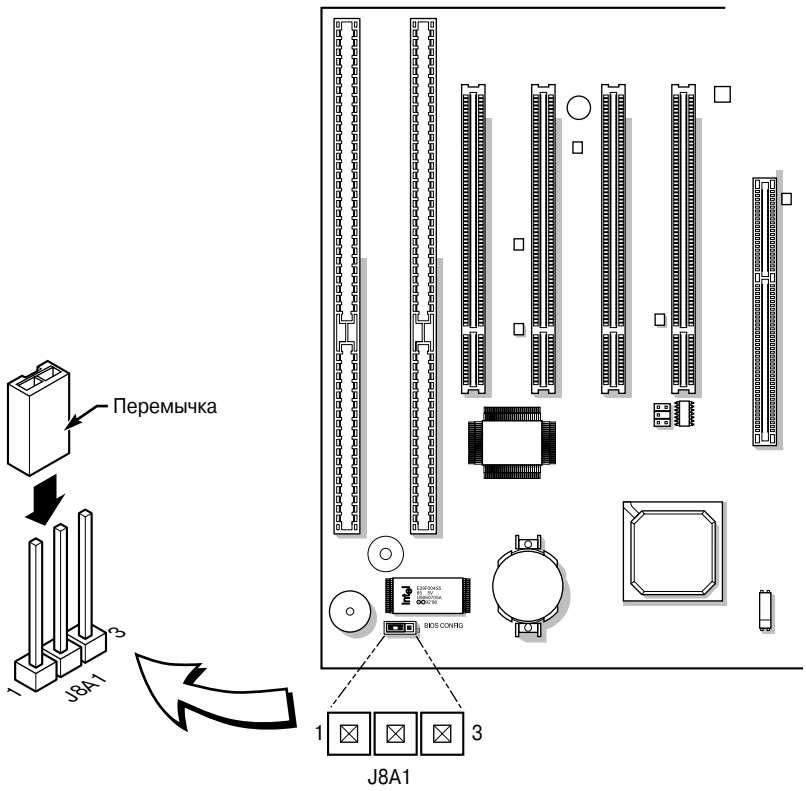


Рис. 5.7. Перемычка конфигурирования BIOS

Перед началом процедуры восстановления BIOS с гибкого или оптического диска нужно загрузить с сайта производителя материнской платы образ восстанавливаемой BIOS. Как можно догадаться, это придется сделать на другом компьютере, поскольку компьютер с поврежденной BIOS по определению не может функционировать. Файл `.BIO` может быть доступен для загрузки отдельно, а может входить в состав некоторого архивного файла наряду с утилитами и документацией. Для восстановления BIOS нужен только файл образа — все остальное использоваться не будет. Также необходимо проверить, правильно ли в системе установлен привод гибких или оптических дисков.

Для того чтобы восстановить BIOS с помощью гибкого диска, выполните следующие действия.

1. Скопируйте файл образа BIOS (`*.BIO`) на чистую дискету.
2. Вставьте дискету в дисковод компьютера, BIOS которого подлежит восстановлению.
3. Отключите питание системы и снимите перемычку конфигурирования BIOS, переведя тем самым микросхему в режим восстановления (см. рис. 5.7).
4. Включите питание системы; восстановление должно начаться автоматически. В начале процедуры вы услышите писк; в ходе восстановления индикатор чтения привода гибких дисков должен мигать.

5. Процедура восстановления обычно продолжается от двух до пяти минут, после чего система останется включенной, автоматически отключится или попросит вас отключить питание.
6. Отключите питание системы, извлеките из привода дискету с образом BIOS и верните на место перемычку конфигурирования BIOS.

На новых материнских платах, не имеющих контроллера гибких дисков, или в случае, когда размер файла образа BIOS превышает 1,44 Мбайт, можно использовать восстановление с оптического диска. Несмотря на то что сам привод может поддерживать любые оптические диски (CD или DVD), записывать файл `*.BIO` следует на носитель CR-R или CD-RW, после чего диск нужно закрыть ("финализировать"). Для прожига компакт-диска можно воспользоваться бесплатной программой `ImgBurn` (`www.imgburn.com`), которая проста в использовании и к тому же способна работать в старых версиях Windows.

Для восстановления BIOS с помощью оптического диска выполните следующие действия.

1. Запишите на компакт-диск копию файла образа BIOS (`*.BIO`), после чего "финализируйте" диск.
2. Вставьте компакт-диск в привод компьютера, BIOS которого подлежит восстановлению.
3. Отключите питание системы и снимите перемычку конфигурирования BIOS, переведя тем самым микросхему в режим восстановления.
4. Включите питание системы; восстановление должно начаться автоматически.
5. Процедура восстановления должна завершиться в течение двух–пяти минут, после чего система останется включенной, автоматически отключится или попросит вас отключить питание.
6. Отключите питание системы, извлеките из привода дискету с образом BIOS и установите на место перемычку конфигурирования BIOS.

Примечание

Операция восстановления BIOS может привести к повреждению настроек BIOS в микросхеме CMOS RAM. Если после обновления BIOS и включения компьютера вы увидите сообщение об ошибке контрольной суммы "CMOS/GPNV Checksum Bad... Press F1 to Run Setup", нажмите клавишу <F1>, в меню программы настройки BIOS выберите пункт загрузки параметров по умолчанию (Load Defaults) и нажмите клавишу <F10>, чтобы сохранить параметры и выйти из программы.

Даже если перемычки конфигурирования BIOS на материнской плате отсутствуют, все равно должна существовать процедура восстановления BIOS. Например, некоторые версии микросхем AMI BIOS содержат программу блока загрузки, которая запускается и без перемычки восстановления. Если BIOS повреждена, эта процедура пытается найти на гибком диске файл `AMIBOOT.ROM`, и если найдет, переносит его содержимое в системную BIOS. В этом случае достаточно загрузить файл образа BIOS, переписать его на чистую дискету, переименовать в `AMIBOOT.ROM`, отключить питание восстанавливаемой системы, вставить записанную дискету в привод и снова включить питание компьютера. После этого процесс восстановления начнется автоматически.

Некоторые BIOS производства компании Award также содержат загрузочный блок, обладающий способностью восстанавливать BIOS. Он предназначен для автоматической загрузки с гибкого диска при повреждении основной BIOS. Для восстановления прежде всего загрузите последние файлы обновления BIOS, извлеките их из архива и скопируйте на отформатированный системный гибкий диск программу `awdflash.exe` и образ BIOS (`*.bin`). После этого на загрузочной дискете создайте файл `AUTOEXEC.BAT` всего с одной строкой: `awdflash.exe` *`имя_файла_образа`*`.bin`. Отключите питание восстанавливаемого компьютера, вставьте дискету в привод и снова включите питание. Система будет загружена с гибкого диска, и автоматически начнется процесс восстановления BIOS.

В любой из описанных процедур следует выждать несколько минут после того, как индикатор обращения к дисководу перестанет мигать, извлечь дискету и перезагрузить компьютер. После перезагрузки восстановленная система BIOS должна корректно возобновить свою работу. Если этого не случилось, возможно, процесс восстановления не был завершен корректно или микросхема CMOS материнской платы не имеет зарезервированного блока загрузки (содержащего команды восстановления).

Примечание

Описанная выше процедура восстановления BIOS представляет собой самый быстрый и простой метод обновления BIOS на большом количестве компьютеров в производственной среде (в частности, когда на компьютерах еще нет установленной операционной системы или выполняется ее обновление). Кстати, именно этот метод используется при сборке новых компьютерных систем.

Распределение CMOS-памяти

В оригинальной системе AT микросхема Motorola 146818 использовалась как часы (14 байт) и как энергонезависимая память (50 байт), в которую можно было записать любую информацию. В компьютере IBM AT эти 50 байт использовались для записи системной конфигурации.

В современных компьютерах микросхема Motorola 146818 не используется. Часть ее функций передана набору микросхем системной логики (южный мост) или микросхеме Super I/O. Вместо нее также могут использоваться специальная батарейка и модуль памяти NVRAM (Non-Volatile RAM) таких компаний, как Dallas и Benchmarq.

В табл. 5.1 описано назначение всех 64 байт стандартного модуля CMOS-памяти. В них хранятся данные, определяющие конфигурацию системы. Эти данные записываются и считываются программой Setup BIOS.

Таблица 5.1. Распределение CMOS-памяти в компьютерах AT

Адрес HEX	Адрес DEC	Размер поля, байты	Назначение
00h	0	1	Текущая секунда в двоично-десятичном коде (коде BCD) (00–59)
01h	1	1	Установленная секунда “будильника” в BCD
02h	2	1	Текущая минута в BCD (00–59)
03h	3	1	Установленная минута “будильника” в BCD
04h	4	1	Текущий час в BCD (00–24)
05h	5	1	Установленный час “будильника” в BCD
06h	6	1	Текущий день недели в BCD (00–06)
07h	7	1	Текущая дата (день месяца в BCD) (00–31)
08h	8	1	Текущий месяц в BCD (00–12)
09h	9	1	Текущий год в BCD (00–99)
0Ah	10	1	Регистр состояния A
0Bh	11	1	Регистр состояния B
0Ch	12	1	Регистр состояния C
0Dh	13	1	Регистр состояния D
0Eh	14	1	Байт состояния диагностики
0Fh	15	1	Коды отключения
10h	16	1	Типы накопителей на гибких дисках
11h	17	1	Зарезервирован
12h	18	1	Типы накопителей на жестких дисках
13h	19	1	Зарезервирован
14h	20	1	Установленные устройства
15h	21	1	Младший байт размера основной памяти
16h	22	1	Старший байт размера основной памяти
17h	23	1	Младший байт размера дополнительной (extended) памяти
18h	24	1	Старший байт размера дополнительной (extended) памяти
19h	25	1	Расширенный тип накопителя 0 на жестких дисках (0–255)

Окончание табл. 5.1

Адрес HEX	Адрес DEC	Размер поля, байты	Назначение
1Ah	26	1	Расширенный тип накопителя 1 на жестких дисках (0–255)
1Bh	27	9	Информация пользовательского типа накопителя 0 на жестких дисках
24h	36	9	Информация пользовательского типа накопителя 1 на жестких дисках
2Dh	45	1	Дополнительные параметры BIOS Setup
2Eh	46	1	Старший байт контрольной суммы CMOS-памяти
2Fh	47	1	Младший байт контрольной суммы CMOS-памяти
30h	48	1	Младший байт реального размера дополнительной памяти
31h	49	1	Старший байт реального размера дополнительной (extended) памяти
32h	50	1	Номер столетия в BCD (00–99)
33h	51	1	Информационный флаг процедуры POST
34h	52	2	Зарезервированы
36h	54	1	Опции BIOS Setup, относящиеся к набору микросхем
37h	55	7	Пароль на включение питания (обычно в зашифрованном виде)
3Eh	62	1	Старший байт контрольной суммы дополнительной CMOS-памяти

BCD — Binary-Coded Decimal (двоично-десятичное число).
POST — Power On Self Test (самотестирование при включении питания).

Следует отметить, что в современных системных платах устанавливаются микросхемы CMOS-памяти объемом 2 или 4 Кбайт и даже более. Эта дополнительная память используется для сохранения информации об устройствах Plug-and-Play. Приведенная в табл. 5.1 информация может не соответствовать тем данным, которые записаны в CMOS-памяти вашей системной платы; кроме того, она отличается у каждого производителя системной BIOS. Это всего лишь пример того, насколько тесна взаимосвязь BIOS с аппаратным обеспечением материнской платы.

Существуют программы и утилиты, позволяющие сохранять и затем восстанавливать конфигурацию CMOS RAM. Однако подобные программы предназначены исключительно для конкретных версий BIOS и моделей системных плат, поэтому не подходят для обновления парка разнообразных систем.

В табл. 5.2 приведены значения так называемого *байта состояния диагностики*, которые могут быть сохранены системной BIOS в CMOS-памяти. Проанализировав его значение с помощью той или иной диагностической программы, можно выяснить, формировались ли в компьютере коды ошибок и какие проблемы возникали в процессе его работы.

Таблица 5.2. Значение байта состояния диагностики

Номер бита									
7	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**0**	**Байт HEX**	**Описание**
1	•	•	•	•	•	•	•	80	Пропало питание микросхемы часов
•	1	•	•	•	•	•	•	40	Неправильная контрольная сумма памяти CMOS
•	•	1	•	•	•	•	•	20	При выполнении POST обнаружена неправильная конфигурация
•	•	•	1	•	•	•	•	10	Ошибка при сравнении размеров памяти в процессе выполнения POST
•	•	•	•	1	•	•	•	08	Не удалась инициализация жесткого диска или адаптера
•	•	•	•	•	1	•	•	04	Неправильное время, отсчитываемое часами
•	•	•	•	•	•	1	•	02	Адаптеры не соответствуют установленной конфигурации
•	•	•	•	•	•	•	1	01	Пауза в считывании идентификатора адаптера
•	•		•	•	•	•	•	00	Нет ошибок (нормально)

Если байт диагностического состояния имеет значение, отличное от нуля, то при загрузке компьютера обычно выводится сообщение о конфигурационной ошибке CMOS. Такие ошибки можно исправить, заново запустив программу настройки BIOS.

Вопросы совместимости с датой “2000 год”

Все современные системы должны быть совместимы с датами XXI века; для этого используются обновления BIOS или программ. Однако, если речь идет о системах, выпущенных до 1999 года, вам следует проверить совместимость систем с датой “2000 год”.

Среда предварительной загрузки

Стандартная версия Phoenix FirstBIOS, а также версия Pro поддерживают стандартную *среду предварительной загрузки* с графическим интерфейсом пользователя, который позволяет работать с программой настройки BIOS, выполнять диагностику, запускать утилиту резервного копирования, а также полностью восстанавливать исходное состояние системы. Все эти приложения (за исключением BIOS Setup) сохраняются в защищенной области HPA — скрытом разделе, расположенном после области данных жесткого диска. Количество и тип приложений, доступных при использовании среды предварительной загрузки, зависят от компании, которая занималась разработкой и производством компьютерной системы. На рис. 5.8 представлен пример реализации Phoenix BIOS Pro компанией IBM/Lenovo. Для отображения данной оболочки достаточно нажать клавишу <Enter> при выполнении процедуры POST.

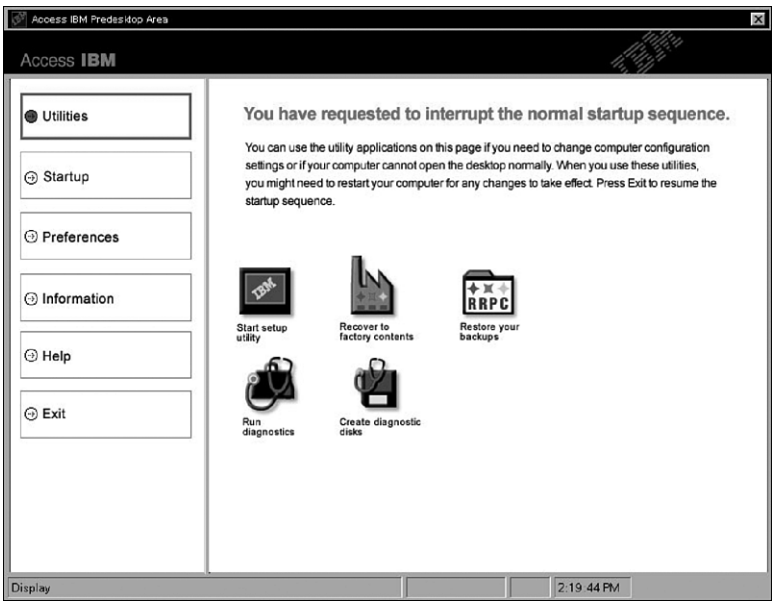


Рис. 5.8. Пример реализации Phoenix FirstBIOS Pro компанией IBM

Среда предварительной загрузки с графическим интерфейсом пользователя может весьма пригодиться для восстановления работоспособного состояния системы. Например, многие крупные OEM-производители компьютерных систем, прежде чем продавать компьютеры, устанавливают не только Windows, но и все выпущенные на текущий момент пакеты обновлений, а также драйверы устройств, уникальные для определенной конфигурации. После этого вносятся другие изменения, например рисунки рабочего стола, изменяется интерфейс, устанавливаются документация и утилиты, упрощающие работу с системой. И наконец, устанавливаются различные приложения, такие как DVD-плееры, офисные приложения и т.д.

Подобные настройки довольно сложно воспроизвести, если пользователь захочет все сделать с самого начала, поэтому производители предоставляют возможность легко восстановить состояние системы, в том числе операционную систему, драйверы, приложения и т.д.

Как правило, для этого используется несколько компакт-дисков, однако пользователь может их потерять или повредить. В результате восстановление системы значительно усложнится. В то же время, используя такие версии BIOS, как Phoenix FirstBIOS, производитель компьютерной системы может сохранить все необходимые данные на жестком диске, причем эти данные будут доступны только в меню предварительной загрузки в BIOS.

Изначально для этого использовался скрытый раздел, который можно было по ошибке повредить или удалить с помощью специального программного обеспечения создания разделов, а также других утилит. В новых компьютерных системах все необходимые данные сохраняются в скрытой области HPA, для доступа к которой используются команды, определяемые стандартом PARTIES (Protected Area Run Time Interface Extension Services), поддерживаемым всеми жесткими дисками ATA-4 и более новых стандартов. Для того чтобы жесткий диск воспринимался операционной системой как диск меньшего объема, используется команда `SET MAX ADDRESS`. Многие производители компьютерных систем используют для размещения защищенной области HPA последние 3 Гбайт на жестком диске. Весь участок, который начинается с адреса, определяемого командой `SET MAX ADDRESS`, и заканчивается фактическим концом диска, считается областью HPA, доступ к которой возможен только с помощью команд `PARTIES`. Содержимое защищенной области HPA, а также структура жесткого диска, на котором она расположена, показаны на рис. 5.9.

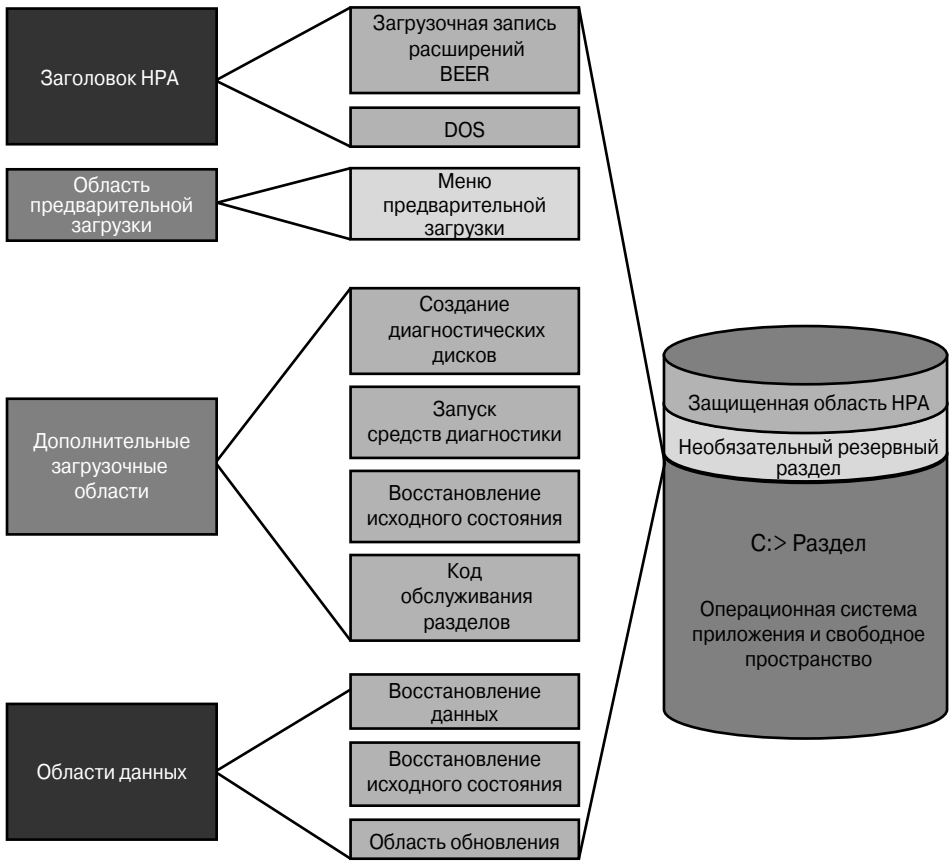


Рис. 5.9. Структура защищенной области HPA

Область HPA оказывается более защищенной, чем скрытый раздел, поскольку любые данные, которые находятся "после конца" диска, просто недоступны для обычных приложений, а также специализированных утилит, таких как Partition Magic и Partition Commander. Единственный способ удалить защищенную область HPA — указать с помощью команды `SET MAX ADDRESS` адрес, соответствующий фактическому концу диска. Некоторым пользователям это действительно необходимо, поскольку восстановить систему можно и с помощью компакт-дисков (которые далеко не всегда поставляются вместе с современными компьютерами), а для диагностики можно воспользоваться специальными утилитами, записанными на дискете или загрузочном компакт-диске. Кроме того, если вы заменяете жесткий диск, можно временно отобразить область HPA, после чего скопировать ее на новый диск. Для установки области HPA на новом диске можно также воспользоваться компакт-дисками, поставляемыми вместе с компьютером.

Многие компьютеры, в которых используется Phoenix BIOS, поставляются со специальным программным обеспечением для восстановления и диагностики, записанным в области HPA, поскольку это является составной частью новой управляемой среды Phoenix BIOS (cME), которая используется многими крупными производителями настольных и портативных систем начиная с 2003 года.

Параметры CMOS

Микросхема CMOS RAM перед использованием компьютера должна содержать информацию об установленных дисках системы и выбранных пользовательских параметрах. Программа настройки BIOS позволяет выбрать такие параметры.

Запуск программы Setup BIOS

Для запуска этой программы необходимо во время загрузки системы нажать определенную клавишу или комбинацию клавиш. Обычно название этой клавиши отображается на экране во время выполнения теста POST. Если этот тест проходит настолько быстро, что вы не успеваете прочитать сообщение, попробуйте воспользоваться клавишей <Pause> и немного "задержать" сообщение на экране. Если после этого нажать любую клавишу, система продолжит загрузку в обычном режиме.

Ниже представлены стандартные клавиши запуска этой программы для BIOS различных производителей, которые необходимо нажимать во время выполнения процедуры POST.

- **AMI BIOS** — <Delete> или <F1>
- **Phoenix BIOS** — <F2> или <F1>
- **Award BIOS** — <Delete> или <Ctrl+Alt+Esc>
- **Microid Research BIOS** — <Esc>

Если ни одна из этих клавиш не обеспечивает запуска программы настройки BIOS, почитайте документацию к своей системной плате или обратитесь к ее производителю.

В некоторых оригинальных компьютерных системах для запуска программы настройки BIOS используются особые клавиши.

- **IBM Aptiva/Valuepoint или ThinkPad** — <F1> (во время выполнения процедуры POST или включения питания)
- **Ноутбуки Toshiba** — <Esc> (после включения системы) и <F1>
- **Старые версии Phoenix BIOS** — <Ctrl+Alt+Esc> или <Ctrl+Alt+S> (в режиме командной строки)
- **Compaq** — <F10> (во время выполнения процедуры POST)

После запуска программы появится ее основной экран с меню и подменю. В следующих разделах мы рассмотрим всю систему меню, характерную для большинства материнских плат

производства Intel. Несмотря на то что не все материнские платы имеют подобные настройки, а некоторые производители используют иную терминологию, предлагаемое общее описание поможет вам разобраться в их смысловом значении.

Основное меню программы Setup BIOS

В большинстве современных программ Setup BIOS основное меню содержит параметры, приведенные в табл. 5.3.

Примечание

Параметры системных BIOS в основном одинаковы, поэтому в качестве примера я выбрал меню программы настройки, используемое одной из современных системных плат Intel. Производители системных плат подгоняют базовую систему ввода-вывода под определенную плату, т.е. одна и та же версия BIOS может иметь совершенно разные параметры. Предлагаемый обзор даст общее представление о том, как различные настройки BIOS влияют на режим работы компьютера.

Таблица 5.3. Параметры основного меню программы Setup BIOS

Параметр	Описание
Maintenance (Поддержка)	Определение рабочей частоты процессора и удаление паролей. Это меню доступно только в режиме конфигурирования, устанавливаемом с помощью перемычки на системной плате
Main (Основные параметры)	Параметры процессора, а также даты и времени
Advanced (Дополнительные параметры)	Установка дополнительных параметров набора микросхем системной логики
Security (Безопасность)	Установка паролей и активизация других средств безопасности
Power (Питание)	Установка параметров управления питанием
Boot (Загрузка)	Определение параметров загрузки
Exit (Выход)	Сохранение или отмена установленных параметров

При выборе любого из этих пунктов открывается дополнительное меню, содержащее подразделы настроек.

Параметры меню Maintenance

Параметры этого меню предназначены для установки рабочей частоты процессора и удаления паролей. Во всех старых системных платах рабочие параметры процессора устанавливаются с помощью перемычек на системной плате. В системных платах Intel имеется специальная конфигурационная перемычка, которую следует установить в положение `Configure`, чтобы активизировать меню Maintenance в BIOS.

Это меню отображается только в том случае, если система работает в режиме конфигурирования. Для того чтобы активизировать режим, выключите компьютер и переставьте конфигурационную перемычку из положения Normal в положение Configure (см. рис. 5.7). В современных системных платах Intel имеется лишь данная перемычка, поэтому найти ее не составит труда. При последующем включении компьютера автоматически запустится программа BIOS Setup, в которой появится меню Maintenance, пункты которого перечислены в табл. 5.4. Укажите необходимые изменения и сохраните их, затем выключите систему и установите перемычку в режим Normal.

Таблица 5.4. Параметры меню Maintenance

Параметр	Значение	Описание
Board ID	—	Уникальный идентификатор материнской платы
C1E	Enabled/Disabled	Разрешение понижать напряжение питания процессора при отсутствии рабочей нагрузки
Clear All Passwords	OK/Cancel	Очистка паролей пользователя и администратора

Окончание табл. 5.4

Параметр	Значение	Описание
Clear Trusted Platform Module	OK/Cancel	Очистка модуля TPM[1] при передаче прав собственности другому пользователю компьютера
CPU Frequency Multiplier	User Defined	Множитель частоты шины процессора относительно частоты кварцевого генератора. Настройка доступна только при отключении принятой по умолчанию частоты (параметр Default Frequency Ratio)
CPU Microcode Update Revision	---	Показывает версию обновления микрокода процессора
CPU Stepping Signature	---	Версия обновления процессорного ядра
Default Frequency Ratio	Enabled/ Disabled	Enabled: использование стандартного множителя частоты процессора. Disabled: изменение множителя частоты процессора вручную
Fixed Disk Boot Sector	Enable/Disable	Защита от вирусов главной загрузочной записи (MBR) жесткого диска. Enable: MBR защищена от записи
Microcode Revision	---	Показывает версию микрокода процессора
Processor Stepping	---	Показывает поколение процессорного ядра
Ratio Actual Value	---	Показывает соотношение частоты ядра и частоты шины
Reset Intel AMT to default factory settings	---	Восстановление заводских настроек технологии AMT от Intel[2]
Use Maximum Multiplier	Automatic/ Disabled	Доступно только в процессорах с разблокированным множителем тактовой частоты. Установка максимального значения множителя или его значения, принятого по умолчанию

Следует отметить, что новые процессоры Intel работают только на номинальной или пониженной частоте (используется так называемая *блокировка частоты*), в то время как другие процессоры позволяют увеличить тактовую частоту (т.е. "разогнать" процессор).

Если пользователь забыл установленный пароль, необходимо активизировать с помощью перемычки системной платы режим конфигурирования, запустить программу настройки BIOS и удалить все типы паролей с помощью команды Clear All Passwords меню Maintenance. При выполнении этой команды старый пароль останется неизвестным — он просто будет стерт (по желанию можно установить новый пароль). Таким образом, защищенность компьютерной системы можно обеспечить, только перекрыв доступ к содержимому системного блока, поскольку каждый, кто сможет переставить перемычку конфигурирования, сможет стереть пароль и получить доступ к системе. Именно поэтому хорошие компьютерные корпуса оснащены замком.

Параметры меню Main

Это меню известно еще с первых версий программы настройки BIOS для компьютеров серии 286. В нем устанавливаются системные дата и время, параметры жесткого диска и дисководов, а также основные параметры видео. Программы настройки BIOS современных систем более сложные и содержат большое количество подменю, так что объем параметров в самом меню Main довольно скудный.

В новых системах в меню Main дополнительно отображается информация о версии BIOS, типе и скорости процессора, объеме памяти, а также о настройках кодов коррекции ошибок (ECC) в основной и кэш-памяти. Главное меню также используется для установки системных даты и времени.

В табл. 5.5 приведены параметры меню Main.

[1] TPM — аппаратное устройство, предназначенное для подтверждения идентичности и проверки рабочих параметров в среде с доверительными отношениями. Защищает пользовательские данные, вырабатывая индивидуальную цифровую подпись, подтверждающую идентичность платформы и жесткого диска, для которых разрешено обращение к конкретным данным. — *Примеч. ред.*

[2] Технология AMT (Advanced Management Technology) предназначена для удаленного обнаружения и устранения разнообразных проблем. Позволяет выполнять удаленную установку обновлений программ, настройку компьютера и прочие операции даже при выключении целевых систем или блокировке операционной системы. — *Примеч. ред.*

Таблица 5.5. Параметры меню Main

Параметр	Значение	Назначение
Additional System Information	---	Отображение информации о материнской плате, системе, корпусе и т.д.
BIOS Version (Версия BIOS)	---	Отображение версии BIOS
Core Multiplexing Technology	Enabled/ Disabled	Disabled: отключение всех ядер процессора, кроме одного. Это может понадобиться при работе в старых операционных системах, которые не поддерживают несколько ядер. В некоторых моделях процессоров оставшееся ядро может получить доступ к дополнительной кэш-памяти, что увеличит быстродействие некоторых приложений
Front Side Bus (FSB) Frequency	---	Отображение частоты шины процессора
Hyper-Threading Technology	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки технологии Hyper-Threading
L2 Cache RAM	---	Отображение объема кэш-памяти второго уровня
Language	English/ French	Выбор языка для BIOS
Processor Speed	---	Отображение скорости процессора
Processor Type (Тип процессора)	---	Отображение типа процессора
System Bus Speed	---	Отображение скорости системной шины
System Date	мм/дд/гг	Установка текущей даты
System Memory Speed	---	Отображение скорости системной памяти
System Time	чч:мм:сс	Установка текущего времени
Total Memory	---	Отображение общего объема физической памяти

В общий объем установленной памяти BIOS более ранних версий входили основная и дополнительная память. Основная память, иногда называемая *обычной*, представляла собой первые 640 Кбайт ОЗУ. Весь объем памяти, начинавшийся с 1024 Кбайт, назывался *дополнительной* памятью.

Объем физической памяти отображается исключительно в информационных целях — его нельзя изменить. Если отображаемое число не совпадает с суммарным объемом модулей памяти, установленных в системе, значит, некоторые из них повреждены, некорректно установлены либо не совместимы с материнской платой.

Параметры меню Advanced

В этой системе меню можно установить параметры, определяемые набором микросхем системной логики. Это та часть настроек BIOS, которая специфична для конкретной модели набора микросхем, используемого системной платой. В настоящее время на рынке представлено великое множество различных наборов микросхем системной логики, и каждый из них имеет уникальные параметры. Самые распространенные настройки, которые можно встретить в меню Advanced, приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6. Параметры меню Advanced

Параметр	Назначение
PCI Configuration	Настройка приоритетов прерываний (IRQ) отдельных разъемов PCI
PCI Express Configuration	Настройка разъемов PCI Express
Memory Configuration	Конфигурация контроллера и модулей памяти
Boot Configuration	Конфигурирование устройств Plug and Play, а также клавиши <NumLock>
Chipset Configuration	Конфигурирование дополнительных параметров набора микросхем
Peripheral Configuration	Конфигурирование периферийных портов и устройств
Drive Configuration	Конфигурирование устройств ATA
Floppy Configuration	Конфигурирование жестких дисков
Event Log Configuration	Конфигурирование протоколирования событий
Video Configuration	Конфигурирование видеосистемы
USB Configuration	Конфигурирование поддержки USB
Fan Control Configuration	Конфигурирование работы вентилятора
Hardware Monitoring	Отображение рабочего напряжения, температуры и скорости вентилятора

Параметры подменю PCI Configuration

Подменю PCI Configuration используется для выбора приоритета прерываний (IRQ) плат расширения, подключаемых в разъемы PCI. При выборе значения Auto базовая система ввода-вывода и операционная система самостоятельно назначают прерывания IRQ для каждого разъема, за исключением специальных плат PCI, использующих уникальные значения прерываний. Параметры подменю PCI Configuration приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7. Параметры подменю PCI Configuration

Параметр	Значение	Назначение
PCI Slot 1 IRQ Priority	Auto/3/5/9/10/11	Выбор приоритетного прерывания для шины данных PCI 1
PCI Slot 2 IRQ Priority	Auto/3/5/9/10/11	Выбор приоритетного прерывания для шины данных PCI 2
PCI Slot 3 IRQ Priority	Auto/3/5/9/10/11	Выбор приоритетного прерывания для шины данных PCI 3
PCI Slot 4 IRQ Priority	Auto/3/5/9/10/11	Выбор приоритетного прерывания для шины данных PCI 4

Если отключены интегрированные устройства, такие как последовательные и параллельные порты, то их стандартные прерывания также доступны для выбора.

Параметры подменю PCI Express Configuration

В этом подменю конфигурируются параметры шины и разъемов PCI Express. В табл. 5.8 приведен типичный набор настроек этого подменю.

Таблица 5.8. Параметры подменю PCI Express Configuration

Параметр	Значение	Назначение
Compliance Test Pattern	Enabled/Disabled	Включение и отключение проверки соответствия плат PCI Express стандарту
Link Stability Algorithm	Enabled/Disabled	Проверка наличия соединения x16 PCIe с графической картой x16
PCIE x16 Link Retrain	GFX Card/Enabled/ Disabled	Используется для конфигурирования самонастройки устройств. Некоторые карты PCI Express определяются некорректно. Перестройка связей позволяет системе использовать несколько итераций для правильного определения и конфигурирования карты, что также увеличивает время загрузки
PEG Negotiated Width	---	Отображает количество активизированных каналов для карты, вставленной в разъем PCIe x16 (x1/x4/x8/x16). Эта информация полезна при решении вопросов производительности карт PCIe x4, x8 и x16 при активной интегрированной графике и отключенном параметре PEG Allow>1 в меню Advanced Chipset

Параметры подменю Memory Configuration

Параметры, приведенные в табл. 5.9, определяют конфигурацию памяти. Некоторые из этих настроек можно изменить с целью “разгона” памяти, однако это может вызвать неустойчивую работу системы и прочие проблемы. В последнем случае рекомендуется вернуть исходные значения измененных параметров.

Таблица 5.9. Параметры подменю Memory Configuration

Параметр	Значение	Назначение
CPS Override	Auto/Enabled/Disabled	Во включенном состоянии позволяет контроллеру DRAM устанавливать общие тайминги для разных банков памяти
Memory Frequency	Разные варианты	Установка скорости памяти вручную
Memory Correction	Non-ECC/ECC	Включение и отключение проверки ошибок памяти, если система и все модули памяти поддерживают коды ECC
Memory Mode	---	Отображение режима работы памяти: одно- или двухканальный
CDRAM CAS# Latency	2.0/2.5/3.0	Количество тактов, необходимых для адресации столбца в памяти. Соответствует CL
SDRAM Frequency	Auto/266 MHz/333 MHz/400 MHz	Позволяет изменить установленную тактовую частоту памяти
SDRAM RAS Act. To Pre.	8/7/6/5	Время между чтением и предвари тельным изменением. Соответствует tRAS,min

Окончание табл. 5.9

Параметр	Значение	Назначение
SDRAM RAS# Prechange	4/3/2	Время, необходимое для перехода к новой строке
CDRAM RAS# to CAS# delay	4/3/2	Количество тактов между адресациями строки и столбца. Соответствует tRCD
SDRAM Timing Control	Auto/Manual-Agressive/ Manual-User Defined	Настройка таймингов памяти: автоматическая, самая агрессивная или выбираемая пользователем
Total Memory	—	Отображение общего объема физической памяти

ECC — это аббревиатура от *error correcting code* (код коррекции ошибок). Схема ECC предполагает использование дополнительных битов на модулях памяти для обнаружения ошибок памяти и коррекции их работы на лету. Однако, для того, чтобы можно было использовать алгоритм ECC, вам потребуются набор микросхем и системная плата с поддержкой ECC, а также более дорогостоящие модули памяти ECC DIMM.

Параметры подменю Boot Configuration

В табл. 5.10 приведены системные параметры этапа загрузки системы, в том числе PnP и клавиатуры.

Таблица 5.10. Параметры подменю Boot Configuration

Параметр	Значение	Назначение
ASF Support	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки стандартного формата предупреждения (ASF)
Display Setup Prompt	On/Off	Отображение сообщения "F2 to enter BIOS setup" во время загрузки
Limit CPUID MaxVal	Enabled/Disabled	Enable: разрешение некоторым старым операционным системам загружаться на процессорах с расширенными функциями CPUID
Numlock	Off/On	Включение или отключение функции NumLock дополнительной клавиатуры при запуске компьютера
Plug&Play O/S	No/Yes	No: все системные устройства конфигурирует BIOS. Yes: устройства PnP конфигурирует операционная система

Параметры меню Chipset Configuration

Параметры набора микросхем системной логики открывают доступ к самому ядру системы. Из-за большого разнообразия доступных наборов микросхем, а также архитектур материнских плат состав их свойств в настройках BIOS может разительно отличаться.

Многие материнские платы имеют средства разгона системы, позволяющие плавно повышать частоту системной шины (а следовательно, и процессора) и независимо регулировать скорости других шин. Эти настройки особенно полезны при тестировании систем на стойкость к перегрузкам после первоначальной сборки.

Настройки набора микросхем можно использовать для разгона процессора и связанных шин, таких как PCI и AGP. С этой целью некоторые производители разделяют настройку скорости специализированных шин и системной шины. Если вы собираетесь разгонять процессор, учтите, что это может дестабилизировать систему, а также сократить срок жизни процессора. К тому же подобные действия снимают с производителя любые гарантийные обязательства. Также потребуются дополнительные капиталовложения на отвод дополнительного тепла, выделяемого процессором при разгоне. В целом, если вам непонятно, для чего предназначены конкретные настройки, не изменяйте их или переведите в автоматический режим. При возникновении каких-либо проблем лучше восстановить все значения частот, установленные по умолчанию.

В табл. 5.11 приведены параметры подменю Chipset Configuration.

Таблица 5.11. Параметры подменю Chipset Configuration

Параметр	Значение	Назначение
AGP/PCI Burn Mode	Default 63.88/31.94 MHz 68.05/34.02 MHz 69.44/34.72 MHz 70.83/35.41 MHz 72.22/36.11 MHz 73.60/36.80 MHz	Уменьшение или увеличение скорости шины AGP/PCI; скорость главной шины при этом не изменяется. Если выбрано значение, отличное от заданного по умолчанию (66.66/33.33 MHz), параметр Host and I/O Burning Mode автоматически устанавливается равным значению, установленному по умолчанию (Default)
CSA Device	Auto/Disable	Включение и отключение интерфейса потоковой архитектуры (CSA). CSA устанавливает прямое быстрое соединение с интегрированным адаптером Gigabit Ethernet в обход шины PCI. Auto: интерфейс включается, если устройство обнаружено на шине, и отключается в противном случае
DDR2 Voltage	Autonatic/1.8/1.9	Automatic: напряжение устанавливается в соответствии с обнаруженной памятью. Установка напряжения вручную предназначена для ''разгона'' памяти
Extended Burn-in Mode	Enabled/Disabled	Режим Enabled позволяет пользователю выбирать дополнительные значения для ''разгона'' системы
Extended Configuration	Default/User Defined	Выбор настроек расширенных параметров конфигурации: автоматическое или определяемое пользователем
Host Burn-in Mode	<Процент>	Процент изменения тактовой частоты для коррекции быстродействия системы. Максимальное значение зависит от типа системной платы и обычно составляет 30%
Host Burn-in Mode Type	Positive/Negative	Интерпретация процента из предыдущего параметра как положительного (Positive) или отрицательного (Negative) числа
Host Spread Spectrum	Down/Center	Коррекция средней тактовой частоты системных часов во избежание электромагнитных помех. Увеличивает время теста POST
HPET	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки высокоточного таймера событий (HPET)
IOAPIC Enable	Enabled/Disabled	Включение и отключение программируемого контроллера прерываний ввода-вывода (IAPIC)
ISA Enable Bit	Enabled/Disabled	Во включенном состоянии распознает только 16-разрядные адреса ввода-вывода, которые не являются псевдонимами 10-разрядных адресов ISA (из диапазона, назначенного порту ISA). Это препятствует возникновению конфликтов ресурсов с устройствами ISA, которые имеются в системе (например, последовательными и параллельными портами), и позволяет устройствам ISA отображаться на VGA-совместимый диапазон адресов. Этот параметр должен быть установлен при использовании некоторых старых плат расширения
MCH Voltage Override	Default 1.525 V 1.600 V 1.625 V 1.725 V	Установка повышенного напряжения на контроллере памяти (MCH) или северном мосту с целью ''разгона''
PCI Burn-in Mode	Default 36.36 MHz 40.00 MHz	Выбор повышенной частоты шины PCI с целью ''разгона''. По умолчанию установлено значение 33,33 МГц
PCI Express Burn-in Mode	Default 101.32 MHz 102.64 MHz 103.96 MHz 105.28 MHz 106.6 MHz 107.92 MHz 109.24 MHz	Выбор повышенной частоты шины PCI Express с целью ''разгона''. По умолчанию установлено значение 100,00 МГц
PCI Latency Timer	32/64/96/128/160/ 192/224/248	Количество тактов шины, в течение которых агент удерживает шину PCI при поступлении запроса к шине от другого агента
PEG Allow>1	Enabled/Disabled	Enabled: позволяет системе связываться с устройствами x4, x8 и x16 в разъеме PCI Express x16, оставляя активной и интегрированную графику PCIe. Disabled: все устройства, вставленные в разъем PCI Express x16, подключаются по шине x1, если включен контроллер интегрированной графики PCIe
Watchdog Timer	Enabled/Disabled	Enabled: выполняется мониторинг аппаратных и программных сбоев и предпринимаются действия по их устранению

Параметры меню Peripheral Configuration

Эти параметры (табл. 5.12) используются для конфигурирования устройств, интегрированных в системную плату, например последовательных и параллельных портов, интегрированного звукового адаптера и портов USB.

Таблица 5.12. Параметры меню Peripheral Configuration

Параметр	Значение	Назначение
Auxiliary Configuration	Enabled/Disabled	Включение и отключение вспомогательного разъема питания
Base I/O Address (for the Parallel Port)	278/378	Определение адреса ввода-вывода параллельного порта, если он включен
Base I/O Address (for the Serial Port)	3F8/2F8/3E8/2E8	Определение адреса ввода-вывода первого последовательного порта, если он включен
ECP Mode Use DMA	---	По умолчанию используется канал DMA 3
Front Panel 1394 Port 1	1394A/1394B	Установка режима для первого порта IEEE 1394 передней панели
Front Panel 1394 Port 1	1394A/1394B	Установка режима для второго порта IEEE 1394 передней панели
Interrupt (for the Parallel Port)	IRQ5/IRQ7	Выбор прерывания для параллельного порта, если он включен
Interrupt (for the Serial Port)	IRQ3/IRQ4	Выбор прерывания для последовательного порта, если он включен
Legacy Front Panel Audio	Enabled/Disabled	Enabled: система предполагает отсутствие звукового разъема High Definition (присутствует только обычный разъем). Disabled: разъем High Definition присутствует в системе
Parallel Port Mode	Output only Bi-directional EPP ECP	Output only: AT-совместимый режим. Bidirectional: PS/2-совместимый двунаправленный режим. EPP: расширенный, высокоскоростной двунаправленный режим для устройств, отличных от принтера. ECP: высокоскоростной двунаправленный режим для принтеров и сканеров
Onboard 1394	Enabled/Disabled	Включение и отключение интегрированного порта IEEE 1394
Onboard Audio	Enabled/Disabled	Включение и отключение интегрированного звукового адаптера
Onboard LAN Boot ROM	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки из сети
Onboard LAN	Enabled/Disabled	Включение и отключение интегрированного сетевого адаптера
Parallel Port	Disabled/Enabled/ Auto	Включение и отключение параллельного порта. Auto: автоматическое назначение адреса 378h и прерывания IRQ7. Звездочка рядом с адресом указывает на конфликт с другим устройством
Secondary SATA Controller	Enabled/Disabled	Включение и отключение вторичного контроллера SATA
Serial Port	Disabled/Enabled/ Auto	Включение и отключение последовательного порта. Auto: автоматическое назначение адреса 3F8h и прерывания IRQ4. Звездочка рядом с адресом указывает на имеющийся конфликт с другим устройством
Trusted Platform Module	Enabled/Disabled	Включение и отключение микросхемы защиты TPM

Рекомендуется отключать последовательные и параллельные порты, если они не используются. При этом высвобождаются ресурсы, которые могут использовать другие устройства, к тому же сокращается время загрузки.

Параметры меню Drive Configuration

Среди всех настроек BIOS параметры жесткого диска считаются самыми важными.

Как и большинство прочих настроек BIOS, рекомендованы параметры, установленные по умолчанию или назначенные автоматически. Когда установлен режим Auto, BIOS отправляет устройству специальную команду идентификации, в ответ на которую оно передает сведения о своей правильной конфигурации. С этого момента BIOS может корректно выбрать оптимальный режим работы практически всех жестких дисков ATA и SATA. После выбора режима Auto для жесткого диска его идентификация выполняется в ходе теста POST при каждой загрузке системы. Таким образом, система может автоматически найти все новые установленные диски после первого же включения питания.

В дополнение к режиму Auto большинство старых BIOS предлагает таблицу из 47 типов устройств со стандартными параметрами. Каждый из предопределенных типов устройств имеет заданное количество цилиндров, секторов и головок, множитель предкомпенсации записи цилиндров и номер цилиндра для парковки головок. Эти типы часто использовались много лет назад, и в современных системах ни одно из дисковых устройств по определению не может соответствовать старым параметрам.

Имейте в виду, что системы, выпущенные в 1997 году и ранее, обычно поддерживают максимальный объем дисков 8,4 Гбайт, если не было выполнено обновление BIOS. Системы, выпущенные после 1997 года, поддерживают дисковые устройства объемом до 137 Гбайт (поддержка 48-разрядной адресации LBA), а начиная с 2002 года — и более высокоемкие. В общем, более старым системам для поддержки высокоемких дисков может потребоваться обновление BIOS.

В табл. 5.13 представлены параметры меню Drive Configuration.

Таблица 5.13. Параметры меню Drive Configuration

Параметр	Значение	Назначение
Access Mode	CHS/LBA/Large/Auto	Выбор режима преобразования адресов для устройств объемом менее 137 Гбайт. Режим CHS (цилиндры–головки–секторы) поддерживает диски объемом до 528 Мбайт. Режим логической блочной адресации LBA поддерживает диски объемом до 137 Гбайт. Режим Large поддерживает диски объемом больше 528 Мбайт, однако не поддерживает режим LBA
ATA/IDE Configuration	Disabled/Legacy/ Enhanced	Тип интегрированного контроллера ATA. Disabled: отключение контроллера. Legacy: включение до двух каналов PATA для ОС, требующих обычные операции IDE. Enhanced: включение всех ресурсов PATA и SATA
Cable Detected	—	Отображает тип кабеля, подключенного к интерфейсу IDE: 40- или 80-жильный или Serial ATA
Configure SATA as...	IDE/ACHI/DAID	Режим IDE предназначен для обратной совместимости с драйверами и операционными системами, не поддерживающими интерфейс SATA. ACHI: включение расширенного интерфейса контроллера, поддерживающего такие функции, как Native Command Queuing (NCQ), Hot plugging и т.д. RAID: включение поддержки ACHI и RAID-массивов. Сам RAID-массив должен быть сконфигурирован с помощью специальной утилиты
DMA Mode	Auto SWDMA 0 SWDMA 1 SWDMA 2 MWDMA 0 MWDMA 1 WDMA 2 UDMA 0 UDMA 1 UDMA 2 UDMA 3 UDMA 4 UDMA 5	Задание режима DMA устройства
Drive Installed	—	Отображение типа установленного устройства
Hard Disk Pre-Delay	Disabled 3 Seconds 6 Seconds 9 Seconds 12 Seconds 15 Seconds 21 Seconds 30 Seconds	Определение задержки перед идентификацией устройств, установленных в системе. Это дополнительное время необходимо старым дискам для раскрутки
Intel RAID Technology	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки технологии Intel Matrix Storage RAID
Legacy IDE Channels	PATA Pri only PATA Sec only PATA Pri and Sec SATA P0/P1 only SATA P0/P1, PATA Sec SATA P0/P1, PATA Pri	Конфигурирование ресурсов PATA и SATA для ОС, требующих поддержки старых операций IDE. P0 — разъем SATA 0; P1 — разъем SATA 1
Maximum Capacity	—	Отображение емкости устройства
Onboard Chip SATA	IDE Controller Sata Disabled	IDE Controller: будут определяться каналы IDE и SATA. SATA Disabled: не будут определяться каналы SATA
PCI IDE Bus Master	Disabled/Enabled	Позволяет устройству PCI ATA инициировать транзакции в качестве главного устройства
PIO Mode	Auto/0/1/2/3/4	Установка режима программируемого ввода-вывода
Primary IDE Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале IDE ([None], если устройство не установлено)

Окончание табл. 5.13

Параметр	Значение	Назначение
Primary IDE Slave	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале IDE ([None], если устройство не установлено)
Secondary IDE Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале IDE ([None], если устройство не установлено)
Secondary IDE Slave	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале IDE ([None], если устройство не установлено)
S.M.A.R.T	Auto/Disable/Enable	Включение и отключение поддержки технологии самоанализа жестких дисков (S.M.A.R.T), предназначенной для идентификации повреждений жесткого диска на ранних стадиях
First SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Second SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Third SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Fourth SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Fifth SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Sixth SATA Master	[устройство]	Отображение устройства, установленного на данном канале SATA ([None], если устройство не установлено)
Type	Auto/User	Определение режима конфигурирования устройств IDE. Auto: считывание параметров устройства. User: ввод характеристик вручную
Use Automatic Mode	Enabled/Disabled	Позволяет вручную задать загрузочное устройство для старых операционных систем, которые поддерживают только четыре устройства. Это значит, что следует использовать один контроллер IDE для четырех устройств

Режим функционирования контроллера SATA имеет важное значение. Эта настройка управляет функционированием жестких дисков SATA и их интерпретацией системой, а также влияет на установку ОС и работу драйверов.

Одним из требований к SATA является способность эмулировать интерфейс ATA в полном объеме. Это значит, что устройство SATA может поддерживаться теми же драйверами и программами, которые поддерживают устройства PATA. Однако такая тесная связь исключает поддержку дополнительных возможностей интерфейса SATA, например очереди команд NCQ. Для поддержки функций, выходящих за рамки стандартного интерфейса ATA, в SATA поддерживается более совершенный интерфейс, называемый *ACHI* (Advanced Host Controller Interface).

Контроллер SATA в большинстве материнских плат имеет три режима работы.

- **IDE.** Эмуляция старого интерфейса ATA без поддержки ACHI и RAID.
- **ACHI.** Поддержка всех функций SATA без RAID.
- **RAID.** Поддержка всех функций SATA, включая RAID и ACHI.

Все операционные системы и программы, поддерживающие устройства ATA, будут поддерживать и SATA, если контроллер работает в режиме IDE. Это значит, что систему Windows XP можно установить на устройство SATA, не нажимая клавишу <F6> для загрузки дополнительных драйверов. В то же время, если выбран режим ACHI или RAID, стандартные драйверы ATA работать не будут, и вместо них нужно использовать драйверы ACHI/RAID. В данном случае при установке Windows XP на устройство SATA нужно нажать клавишу <F6> и установить с гибкого диска драйверы ACHI/RAID. Следует отметить, что система Windows Vista имеет драйверы для большинства контроллеров SATA непосредственно на установочном DVD; также можно дописать эти драйверы и на инсталляционный диск Windows XP.

Переключение режима SATA в BIOS *после* установки операционной системы может вызвать проблемы, если устройство SATA является загрузочным, а корректные драйверы не были предварительно загружены. К примеру, если изменить режим SATA, а затем попытаться

загрузить Windows XP, скорее всего, отобразится синий экран со следующим сообщением об ошибке:

```
STOP: 0x0000007B (parameter1, parameter2, parameter3, parameter4)
INACCESSIBLE_BOOT_DEVICE
```

В данном случае возвращение режима контроллера в IDE позволит снова загрузить систему. После этого можно установить драйверы ACHI/RAID и снова переключиться в режим ACHI или RAID. В системе Windows Vista с этой проблемой вы вряд ли столкнетесь, поскольку большинство драйверов ACHI/RAID содержится на установочном диске.

Функция предварительного ожидания (Pre-delay) предназначена для доступа к медленно раскручивающимся дискам. Некоторые старые диски не успевают раскрутиться к тому моменту, когда BIOS начинает их искать в ходе загрузки. В результате отобразится сообщение об ошибке жесткого диска, и загрузка выполнена не будет. Дополнительное время задержки позволяет диску прийти в состояние готовности к тому моменту, когда начнется идентификация устройств. Естественно, при этом процесс загрузки замедляется, так что, если в системе установлены современные диски, задержку лучше отключить.

Параметры меню Floppy Configuration

В этом меню можно установить параметры дисковода (табл. 5.14).

Таблица 5.14. Параметры меню Floppy Configuration

Параметр	Значение	Назначение
Diskette Controller	Enabled/Disabled	Включение и отключение интегрированного контроллера дисковода
Diskette Write Protect	Enabled/Disabled	Включение и отключение защиты от записи на устройстве
Floppy A	Disabled 360 KB 5 1/4" 1.2 MB 5 1/4" 720 KB 3 1/2" 1.44 MB 3 1/2" 2.88 MB 3 1/2"	Выбор типа дисковода

Установив защиту от записи дискеты, можно предотвратить несанкционированное копирование конфиденциальных данных или заражение дискеты вирусами, которые могут быть в системе.

Параметры подменю Event Logging

Эти параметры используются для конфигурирования процесса регистрации событий в SMBIOS и AMT. *SMBIOS* (System Management BIOS) — это DMI-совместимый метод удаленного управления компьютерами в сети. *DMI* (Desktop Management Interface) — это специальный протокол, с помощью которого программное обеспечение взаимодействует с системной платой. *AMT* (Active Management Technology) — это технология удаленного доступа и устранения ошибок, включая инспекцию аппаратного и программного обеспечения, а также операции восстановления.

Используя SMBIOS и AMT, системный администратор может удаленно получить необходимую информацию о системе. Программы, подобные Intel LANDesk Management Suite, позволяют получить следующую информацию DMI:

- данные BIOS, например дату последнего обновления и текущую версию;
- системные данные, например тип установленного оборудования и серийные номера;
- данные о ресурсах системы, например объем установленной памяти, объем кэш-памяти и скорость процессора;
- динамические данные, например протоколы событий и ошибок.

В табл. 5.15 приведены параметры меню Event Logging.

Таблица 5.15. Параметры меню DMI Event Logging

Параметр	Значение	Назначение
Clear All DMI Event Log	Yes/No	Yes: журнал событий DMI будет очищен при следующем тесте POST, после чего параметр автоматически устанавливается в значение No
DMI Event Log	Enabled/Disabled	Включение и отключение регистрации ошибок POST в журнале событий DMI
ECC Event Logging	Enabled/Disabled	Включение и отключение регистрации ошибок ECC в журнале событий DMI
Event Log Capacity	—	Показывает, имеется ли доступное пространство в журнале событий
Event Log Validity	—	Показывает, правильная ли информация содержится в журнале событий
Mark DMI Events As Read	[Enter]	Пометка всех событий в журнале DMI как прочитанных
View Event Log	[Enter]	После нажатия клавиши <Enter> отображаются все записи в журнале событий

Некоторые системные платы, поддерживающие код коррекции ошибок (ECC), поддерживают и регистрацию событий ECC. Для того чтобы узнать, проводится ли обнаружение (и корректировка) ошибок в системе, воспользуйтесь параметром View Log.

Параметры меню Video Configuration

В этом меню можно установить параметры видеосистемы. В табл. 5.16 приведены параметры типового меню системы BIOS современной материнской платы.

Таблица 5.16. Параметры меню Video Configuration

Параметр	Значение	Назначение
AGP Aperture Size	4MB 8MB 16MB 32MB 64MB (по умолчанию) 128MB 256MB	Определение максимального объема системной памяти, которую операционная система может использовать для графики. В основном используется для буферизации текстур видеоадаптерами AGP
DVMT Mode	DVMT/Fixed/Both	DVMT: динамическое выделение видеопамяти по запросу приложений; эта память высвобождается по завершении работы программы. Fixed: память выделяется при инициализации драйвера и имеет постоянный объем. Both: комбинирование методов Fixed и DVMT, что позволяет гарантировать наличие минимального объема видеопамяти, одновременно используя гибкость динамического выделения
Frame Buffer Size	1 MB 8 MB 16 MB	Установка размера буфера кадра, т.е. общего объема системной памяти, зарезервированного BIOS для видео. Больший размер буфера приводит к улучшенному воспроизведению видеоряда
Onboard Video Memory Size	32 MB 64 MB 128 MB 256 MB	Объем системной памяти, используемой для прямого доступа к графическому адаптеру
PCI/VGA Palette Snoop	Enabled/Disabled	Некоторые графические адаптеры VGA и декодеры MPEG должны иметь возможность просматривать палитру видеокарты, чтобы определять, какие цвета в настоящий момент доступны. Этот параметр следует оставлять отключенным, если само устройство во время установки не требует его включения
Primary Video Adapter	AGP/PCI/PCIe/Onboard /Auto	Выбор основного адаптера, на который будет выводиться информация при загрузке системы
Secondary Video Adapter	AGP/PCI/PCIe/Onboard /Auto	Выбор дополнительного графического адаптера

Это меню особенно полезно при работе с двумя мониторами. С помощью его параметров один из мониторов можно выбрать в качестве основного (который отображает информацию при загрузке системы). В качестве основного адаптера можно выбрать карту, установленную в соответствующий тип разъема: PCI Express, AGP или PCI.

Параметры подменю USB Configuration

Подменю USB Configuration используется для настройки портов USB. В табл. 5.17 представлены параметры этого меню в типичной BIOS.

Таблица 5.17. Подменю USB Configuration

Параметр	Значение	Назначение
USB 2.0	Enabled/Disabled	Включение и отключение шины USB. Отключение используется для защиты информации
USB 2.0 Legacy Support	Full-Speed/ High-Speed	Переключение скорости передачи данных по шине USB для старых устройств: 12 Мбит/с (Full-Speed) или 480 Мбит/с (Hi-Speed)
USB ECHI Controller	Enabled/Disabled	Включение и отключение высокоскоростной передачи данных (Hi-Speed)
USB Function	Enabled/Disabled	Включение и отключение возможности изменения настроек в меню USB Configuration. Эта настройка доступна только при переключении перемычки в режим конфигурирования
USB Legacy	Enabled/Disabled	Поддержка старых устройств USB, таких как клавиатура и мышь
USB Ports	Enabled/Disabled	Включение и отключение всех портов USB
USB ZIP Emulation Type	Floppy/Hard Disk	Установка типа эмуляции Zip-устройств USB

Режим Legacy USB обеспечивает поддержку мыши и клавиатуры с интерфейсом USB независимо от операционной системы и драйверов. Возможны ситуации, когда клавиатура и мышь не будут работать до загрузки операционной системы, поддерживающей USB. Речь идет об использовании такого рода устройств в DOS, а также в диагностических программах и других приложениях, работающих в ОС, которые не поддерживают шину USB.

Следует отметить, что, даже несмотря на отключенный параметр Legacy USB, компьютер распознает клавиатуру USB при работе в меню BIOS и во время процедуры POST. Если режим Legacy USB отключен, компьютер будет работать так, как описано ниже.

1. При включении компьютера отключается режим Legacy USB.
2. Начинается процедура POST.
3. Поддержка Legacy USB временно активизируется, что позволяет использовать клавиатуру USB для запуска программы настройки BIOS или меню Maintenance.
4. По окончании процедуры POST режим Legacy USB отключается (если только в настройках BIOS ему не был присвоен параметр Enabled).
5. Загружается операционная система, в процессе чего распознаются мышь и клавиатура USB. Эти устройства активизируются только после загрузки операционной системой драйверов USB.

Для установки операционной системы, поддерживающей USB, активизируйте в BIOS режим Legacy USB и следуйте выводимым на экран инструкциям. После загрузки операционной системы и настройки драйверов USB режим Legacy USB больше не применяется, и драйверы USB выполняют все необходимые функции. Тем не менее рекомендуется не отключать режим Legacy USB, чтобы клавиатура USB оставалась работоспособной в DOS при проведении диагностики или же в операционной системе, не поддерживающей USB.

Стоит отметить, что режим Legacy USB предназначен исключительно для мыши и клавиатуры — он не подходит для концентраторов USB или каких-либо других устройств. Для обеспечения работы прочих USB-устройств необходима операционная система, поддерживающая интерфейс USB с помощью системных драйверов.

Параметры подменю Fan Control Configuration

В большинстве компьютеров для охлаждения корпуса используется один или несколько вентиляторов. В табл. 5.18 представлены параметры подменю Fan Control Configuration в BIOS типового высокопроизводительного компьютера.

Таблица 5.18. Параметры подменю Fan Control Configuration

Параметр	Значение	Назначение
Automatic Fan Detection	Next Boot Disable Always	Определение добавления новых вентиляторов только при следующей загрузке (Next Boot); всегда (Always), что несколько замедляет загрузку, или никогда (Disable)
Processor Zone Rasponse	Agressive/ Normal/Slow	Способ коррекции частоты вращения вентилятора процессора. В менее эффективных моделях теплоотводов следует установить режим Agressive, в более эффективных — Slow
Unlock Intel(R) QST	No/Yes	Разблокировав технологию QST (Quiet System Technology), можно управлять вентилятором с помощью программ
CPU Fan Control	Enabled/ Disabled	Разрешается регулировать скорость вращения вентилятора процессора для уменьшения шума. Если управление не разрешено, вентилятор работает на 100%-ной мощности
System Fan Control	Enabled/ Disabled	Разрешается регулировать скорость вращения системного вентилятора для уменьшения шума. Если управление не разрешено, вентилятор работает на 100%-ной мощности

Многие современные системные платы оснащены микросхемами мониторинга, которые позволяют получить сведения о температуре, напряжении и скорости вращения вентиляторов. Соответствующие данные отображаются в одном из разделов программы BIOS Setup. Как правило, подобные системные платы поставляются с программным обеспечением, которое позволяет просматривать характеристики системы в среде Windows (табл. 5.19).

Таблица 5.19. Параметры контроля над оборудованием

Параметр	Назначение
+1.5V in	Уровень напряжения по каналу +1,5 В
+12V in	Уровень напряжения по каналу +12 В
+3.3V in	Уровень напряжения по каналу +3,3 В
+5V in	Уровень напряжения по каналу +5 В
Ambient Air Temperature	Температура внешнего термодиода
Aux Fan	Скорость вращения дополнительного вентилятора
Chassis Inlet Fan	Скорость вращения переднего вентилятора
Chassis Outlet Fan	Скорость вращения заднего вентилятора
CPU Cooling Fan	Скорость вращения вентилятора процессора
CPU Temperature	Температура процессора
ICH Temperature	Температура контроллера ввода-вывода (южного моста)
MCH Temperature	Температура контроллера памяти (северного моста)
VCORE Voltage	Напряжение на операционном ядре процессора

Параметры меню Security

В большинстве BIOS можно установить два типа пароля — администратора (Supervisor) и пользователя (User). Пароль администратора открывает доступ к настройкам BIOS, а пароль пользователя — к загрузке компьютера.

Если установлен пароль администратора, при запуске программы настройки BIOS открывается диалоговое окно с предложением ввести этот пароль. При вводе правильного пароля пользователь получает доступ к параметрам BIOS, в противном случае в доступе к параметрам BIOS будет отказано.

Если установлен пароль пользователя, перед началом загрузки BIOS будет предложено ввести его. При вводе правильного пароля загрузка компьютера будет продолжена. Следует отметить, что если в системе установлен только пароль администратора, то ее загрузка осуществляется без ввода пароля. Если установлены оба типа паролей, то для продолжения загрузки необходимо ввести хотя бы один из них. В большинстве систем пароль имеет длину семь или восемь символов.

Многие системные платы имеют переключатель, с помощью которого можно удалить все типы паролей BIOS, если вы забыли пароль. Этот переключатель в целях безопасности никак не помечен, а найти его можно только в документации к системной плате.

Пароли можно удалить также с помощью меню Maintenance, но в этом случае необходимо знать пароль доступа к программе настроек BIOS (т.е. пароль администратора). Для удаления паролей воспользуйтесь опцией Clear All Passwords. Если она не доступна, удалите пароль, выбрав функцию Set Password и нажав клавишу <Enter> в окне запроса.

В табл. 5.20 приведены параметры меню Security.

Таблица 5.20. Параметры меню Security

Параметр	Значение	Назначение
Chassis Intrusion	Enabled/Disabled	Включение и отключение сенсора снятия крышки корпуса
Clear User Password	Yes/No	Удаление пароля пользователя
Security Option	Setup/System	Когда требовать ввод пароля: при входе в настройки BIOS или перед загрузкой системы (если эти пароли установлены)
Set Supervisor Password	—	Ввод пароля администратора длиной до семи букв и цифр
Set User Password	---	Ввод пароля пользователя длиной до семи букв и цифр
User Access Level	Limited No Access View Only Full	Определение прав доступа пользователя к настройкам BIOS: ограниченные, полные, только для чтения или запрет доступа. Параметр доступен только при наличии установки паролей администратора и пользователя
User Password	---	Индикатор установки пароля пользователя
VT Technology	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки технологии виртуализации
XD Technology	Enabled/Disabled	Включение и отключение поддержки технологии запрета выполнения из памяти, способной предотвратить атаки с методикой переполнения буфера

В большинстве системных плат для обнуления пароля в том случае, если пользователь его забыл, предназначена специальная перемычка или переключатель. В системной плате Intel следует установить конфигурационную перемычку и выбрать в меню Maintenance программы настройки BIOS команду Clear Password. Если же не удается найти этот переключатель, попробуйте извлечь из системной платы батарейку и через 15–20 минут установить ее на место (это время микросхема может подпитываться от конденсатора). Учтите, что в результате будут стерты и все остальные параметры BIOS, в том числе загрузочного жесткого диска, так что не забудьте перед обнулением CMOS записать существующие настройки.

Параметры меню Power

Управление электропитанием — это автоматический перевод компьютера на пониженное энергопотребление в периоды неактивности. В настоящее время существуют две системы управления питанием: *APM* (Advanced Power Management — расширенное управление электропитанием), которая поддерживается практически всеми системами, начиная с систем на базе процессоров 386 и 486, и *ACPI* (Advanced Configuration and Power Interface — расширенный интерфейс конфигурирования и электропитания), используемая во всех новых компьютерах с 1998 года. Отличие между этими системами следующее: в APM основная роль в управлении питанием отводится аппаратному обеспечению, а в ACPI — программному обеспечению и BIOS, что, естественно, упрощает настройку этой системы и работу с ней. Вместо использования многочисленных параметров BIOS достаточно активизировать поддержку интерфейса ACPI и задать параметры энергопитания в системе Windows 98 или более поздней версии.

В табл. 5.21 приведены используемые большинством BIOS параметры управления питанием.

Таблица 5.21. Параметры меню Power

Параметр	Значение	Назначение
ACPI Suspend Mode	S1 State S3 State	Определение спящего режима ACPI
After Power Failure	Stay Off Last State Power On	Выбор режима работы после сбоя электропитания и его восстановления. Stay Off: оставаться выключенным до нажатия кнопки питания. Last State: восстановление состояния энергоснабжения, существовавшего на момент сбоя. Power On: восстановление полного электроснабжения компьютера

Окончание табл. 5.21

Параметр	Значение	Назначение
APM	Enabled/ Disabled	Включение и отключение расширенного управления электропитанием
EIST	Enabled/ Disabled	Включение и отключение поддержки технологии электроснабжения процессора Enhanced Intel Speedstep Technology, позволяющей динамически корректировать напряжение на процессоре и его тактовую частоту в зависимости от нагрузки
Energy Lake	Enabled/ Disabled	Включение и отключение технологии Energy Lake, предназначенной для поддержания состояния системы и целостности данных в периоды сбоев электропитания
Hard Drive	Enabled/ Disabled	Включение и отключения питания жестких дисков в ждущем режиме APM
Inactivity Timer	Off 1 Minute 5 Minutes 10 Minutes 20 Minutes 30 Minutes 60 Minutes 120 Minutes	Период неактивности перед переводом компьютера в ждущий режим APM
Intel Quick Resume Technology	Enabled/ Disabled	Включение и отключение поддержки технологии QRT --- составной части технологии Viiv
Keyboard Select	Disable/ Keyboard	Keyboard: разрешить выход из ждущего состояния при нажатии клавиши на клавиатуре PS/2
Video Repost	Enabled/ Disabled	Разрешение или запрет инициализации BIOS видеосистемы при выходе из ждущего режима. Эта настройка активна, только если для параметра ACPI Suspend State установлено значение S3
Wake on LAN from S5	Stay Off Power-On	Только в программном режиме ACPI определяет, как отвечать на сигнал Wake-up из сети. Эта настройка доступна только в материнских платах Intel с интегрированным сетевым адаптером
Wake on Modem Ring	Stay Off Power-On	Определяет действие в ответ на сигнал модема PCI
Wake on PS/2 Mouse from S3	Stay Off Power-On	Определяет действие в ответ на перемещение мыши или щелчок мышью PS/2

При переходе в режим ожидания BIOS приостанавливает жесткий диск и снижает (или выключает) энергопотребление видеосистемы. Монитор в данном случае должен соответствовать спецификации *VESA DPMS* (Display Power Management Signaling — сигнализация управления питанием монитора). В этом режиме система чувствительна к внешним воздействиям, т.е. реагирует на нажатие клавиш, перемещение мыши, сигналы факс-модема или сетевого адаптера. Возникновение одного из описанных событий приведет к немедленной активизации монитора.

В большинстве современных компьютеров операционная система берет на себя все функции управления электропитанием, позволяя даже переопределить настройки BIOS (естественно, если и материнская плата, и ОС поддерживают спецификацию ACPI).

Параметры меню Boot (Boot Sequence или Order)

В этом меню определяются параметры процесса загрузки системы (табл. 5.22). Если операционная система поставляется на загрузочном компакт-диске (например, Windows XP), воспользуйтесь данным меню для настройки инициализации привода оптических дисков перед работой с жестким диском.

Таблица 5.22. Параметры меню Boot

Параметр	Значение	Назначение
1st ATAPI CD-ROM Drive	Зависит от установленных устройств	Выбор из доступных приводов оптических дисков. В списке может отображаться до четырех устройств
1st Hard Disk Drive	Зависит от установленных устройств	Выбор из доступных жестких дисков. В списке может быть отображено до восемнадцати устройств

Окончание табл. 5.22

Параметр	Значение	Назначение
1st Removable Device	Зависит от установленных устройств	Выбор из доступных съемных дисков. В списке отображается до четырех устройств
1st Boot Device	Removable Device Hard Drive ATAPI CD-ROM Network Disabled	Выбор типа первого загрузочного устройства
2nd Boot Device	Removable Device Hard Drive ATAPI CD-ROM Network Disabled	Выбор типа второго загрузочного устройства
3rd Boot Device	Removable Device Hard Drive ATAPI CD-ROM Network Disabled	Выбор типа третьего загрузочного устройства
4tht Boot Device	Removable Device Hard Drive ATAPI CD-ROM Network Disabled	Выбор типа четвертого загрузочного устройства
AddOn ROM Display Mode	Enabled/Disabled	Enabled: сообщения ПЗУ карты адаптера видимы. Disabled: сообщения ПЗУ карты адаптера скрыты
Boot to Network	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки из сети
Boot to Optical Devices	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки с оптических дисков (CD и DVD)
Boot to Removable Devices	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки со съемных носителей (гибких дисков и устройств USB)
Halt On	All Errors No Errors All, But Keyboard	Определение, какие типы ошибок должны вызвать прерывание процесса загрузки
Intel Rapid BIOS Boot	Enabled/Disabled	Пропуск некоторых тестов при загрузке
PXE Boot to LAN	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки из сети среды выполнения загрузки PXE
Scan User Flash Area	Enabled/Disabled	Разрешение или запрет сканирования флеш-памяти на предмет наличия двоичных пользовательских файлов, выполняемых в процессе загрузки
Silent Boot	Enabled/Disabled	Disabled: отображение обычных сообщений POST. Enabled: отображение логотипа производителя компьютера вместо сообщений POST
USB Boot	Enabled/Disabled	Включение и отключение загрузки с устройств USB
USB Mass Storage Emulation Type	Auto All Removable All Fixed Disc Size	Эмуляция типа для устройств USB. Auto: автоматический выбор типа в зависимости от характеристик устройства USB. All Removable: эмулируются съемные диски. На таких устройствах должна содержаться главная загрузочная запись (MBR). All Fixed Disc: эмулируются жесткие диски. Size: тип эмулируемого устройства зависит от емкости устройства USB
ZIP Emulation Type	Floppy Hard Disk	Установка типа эмуляции для Zip-устройств USB

Это меню BIOS позволяет настроить загрузочные устройства компьютера и порядок их инициализации, а также предоставляет доступ к подменю Hard Drive и Removable Devices. Последние необходимы для настройки порядка инициализации загрузочных устройств; например, если первыми для загрузки будут задействованы жесткие диски, можно войти в соответствующее подменю и указать, что вторичный жесткий диск будет инициализирован первым, а основной — вторым. Как правило, базовая схема инициализации прямо противоположна подобной.

В списках меню Boot отображается до двенадцати жестких дисков и до четырех приводов съемных дисков, так что можно выбрать предпочтительную последовательность загрузки. В старых системах выбирать можно только из четырех устройств: первичный и вторичный ведущий и ведомый диски. Параметры BIOS позволяют установить более одного загрузочного жесткого диска и выбрать из них нужный на уровне BIOS, а не с помощью специальной программы диспетчера загрузки. Этот подход особенно удобен при работе с несколькими операционными системами.

Современные компьютеры также позволяют загружать операционную систему с внешних устройств USB, в том числе с флеш-карт.

Параметры меню Exit

В этом меню (табл. 5.23) определяется порядок сохранения установленных значений параметров, а также загрузки и сохранения значений, заданных по умолчанию.

Таблица 5.23. Параметры меню Exit

Параметр	Назначение
Exit Saving Changes	Выход из программы и сохранение изменений в CMOS-памяти
Exit Discarding Changes	Выход из программы без сохранения каких-либо изменений параметров
Load Optimal Defaults	Загрузка значений параметров по умолчанию, установленных производителем
Load Custom Defaults	Загрузка пользовательских значений параметров по умолчанию
Save Custom Defaults	Сохранение пользовательских значений параметров по умолчанию
Discard Changes	Отмена внесенных изменений без закрытия программы настройки BIOS

Установив оптимальные значения параметров, сохраните их как значения по умолчанию, заданные пользователем, которые можно быстро восстановить в случае сбоя. В противном случае все значения придется вводить заново. Установленные значения параметров BIOS сохраняются в CMOS-памяти, которая питается от батарейки, расположенной на системной плате.

Дополнительные параметры программы настройки BIOS

В некоторых системах в программе настройки BIOS используются дополнительные параметры, которые приведены в табл. 5.24.

Таблица 5.24. Дополнительные параметры программы Setup BIOS

Параметр	Назначение
Virus Warning	Если некоторая программа попытается записать какую-либо информацию в загрузочный сектор или таблицу разделов, при установленном значении Enabled отображается предупреждение. После его появления незамедлительно проверьте диск с помощью антивирусной программы. Эта функция защищает только главный загрузочный сектор, но не весь диск. Использование программ, записывающих данные в главный загрузочный сектор (таких, как FDISK), может привести к выдаче сообщения об опасном воздействии вируса
CPU Internal Cache/External Cache	Позволяет отключить кэш-память первого или второго уровня. Необходимо отключать при тестировании памяти, а при нормальной работе системы обязательно включать
Quick Power On Self Test	При установке значения Enabled не выполняются некоторые операции процедуры POST. Если вы полностью уверены в своей системе, можете включить этот параметр; в большинстве же случаев рекомендуется установить значение Disabled и выполнять процедуру POST полностью
Swap Floppy Drive	Этот параметр функционирует при установке двух дисководов. При установке значения Enabled физическому устройству B: будет присвоена логическая буква A, а устройству A: — буква B
Boot Up Floppy Seek	При установке значения Enabled BIOS выясняет формат всех установленных дисководов (40 или 80 дорожек). Поскольку лишь устаревшие модели (360 Кбайт) имеют 40 дорожек, для ускорения загрузки установите значение Disabled
Boot Up System Speed	При выборе значения High система будет работать с максимальным быстродействием, а при выборе значения Low частота шины будет составлять 8 МГц. Иногда такое снижение быстродействия необходимо для устаревших программ, схема защиты от копирования которых не срабатывает при загрузке на полной скорости. В современных системах этот параметр не используется

Окончание табл. 5.24

Параметр	Назначение
Gate A20 Option	Адресная шина A20 позволяет обращаться к памяти за первым мегабайтом. При установке значения Fast набор микросхем автоматически управляет шиной (максимальное быстродействие), а при выборе значения Normal управление шиной осуществляется с помощью контроллера клавиатуры. Установив значение Fast, можно увеличить быстродействие операционных систем, работающих в защищенном режиме (Windows 9x/2000/XP)
Typematic Rate Setting	При установке значения Disabled следующие два параметра (Typematic Rate и Typematic Delay) станут недоступными. При установке значения Enabled можно определить частоту и задержку повторения символов
Typematic Rate	Установка одного из следующих значений частоты повторения символов в секунду: 6, 8, 10, 12, 15, 20, 24 или 30
Typematic Delay (Msec)	Установка одного из следующих значений задержки повторения символов: 250, 500, 750 или 1000 мс
Report No FDD For WIN 95	Если в системе не используется дисковод, для освобождения прерывания IRQ6 выберите значение Yes. После этого установите значение Disabled параметра Onboard FDC Controller, описанного ранее
ROM Shadowing	Микросхемы ROM, как правило, обладают невысоким быстродействием (порядка 150 нс) и обрабатывают только 8 бит данных за такт, в то время как обновление данных в микросхемах RAM (32- или 64-разрядных) осуществляется за 60 или 10 (и меньше) наносекунд. Затенение — это процесс копирования кода BIOS из памяти ROM в ОЗУ, благодаря чему процессор сможет считывать драйверы BIOS, пользуясь преимуществами высокого быстродействия оперативной памяти

Plug and Play BIOS

Установка и конфигурирование устройств в PC-совместимом компьютере — довольно сложный процесс. Пользователь должен назначить устройству прерывание, порты ввода-вывода и каналы DMA, т.е. ресурсы, не используемые в данный момент другими устройствами. Прежде это выполнялось с помощью перемычек и переключателей на плате устанавливаемого устройства. При неверном выборе параметров возникал конфликт устройств, который чаще всего становился причиной других ошибок (например, система отказывалась загружаться).

Технология Plug and Play значительно упростила процесс установки и конфигурирования новых устройств. Пользователю необходимо лишь вставить плату в свободный разъем, и система автоматически выделит ей необходимые ресурсы.

Технология Plug and Play состоит из следующих основных компонентов:

- Plug and Play BIOS;
- Extended System Configuration Data (ESCD);
- операционная система Plug and Play.

При загрузке компьютера, поддерживающего технологию Plug and Play, BIOS инициализирует конфигурирование устройств, соответствующих спецификации Plug and Play. Если адаптер в системе уже установлен, то BIOS считывает конфигурационную информацию из таблицы ESCD[3], инициализирует устройство и продолжает загрузку. Если же устройство впервые появилось в системе, BIOS запрашивает у ESCD свободные ресурсы. Получив их, она конфигурирует новое устройство. Если же с помощью свободных ресурсов новое устройство сконфигурировать невозможно, BIOS продолжает загрузку компьютера, после чего конфигурированием занимается операционная система. Параметры всех корректно сконфигурированных устройств записываются в таблицу ESCD.

[3] ESCD — таблица распределения свободных ресурсов компьютера.

Идентификаторы устройств, соответствующих спецификации Plug and Play

Каждое устройство, соответствующее спецификации Plug and Play, должно иметь идентификационный номер, по которому система может распознать его, и установить необходимые драйверы. Идентификационный номер определяется производителем устройства и должен быть уникальным.

Каждый производитель устройств Plug and Play имеет уникальный трехсимвольный идентификационный номер. Эти символы он дополняет кодом модели устройства, в результате чего получается идентификационный номер устройства. Таким образом, производитель устройства несет ответственность за назначение уникального номера каждой отдельной модели выпускаемой им продукции.

Примечание

Исчерпывающий список идентификационных номеров устройств PnP можно найти в файле PCDEVS.TXT, входящем в состав программы диагностики PCI32. Эта программа доступна по адресу:

```
http://members.datafast.net.au/dft0802
```

Интерфейс ACPI

С помощью ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) определяется стандартный метод взаимодействия аппаратного обеспечения, операционной системы и приложений для управления питанием компьютера. В предыдущей системе управления питанием APM (Advanced Power Management) основное внимание уделялось энергопотреблению процессора, жесткого диска и монитора. ACPI же контролирует не только энергопотребление, но и конфигурацию устройств Plug and Play. При использовании ACPI конфигурирование устройств Plug and Play и управление энергопотреблением осуществляются на уровне операционной системы, а не с помощью программы установки параметров BIOS.

Спецификация ACPI была создана компаниями Intel, Microsoft и Toshiba. Ее первая версия увидела свет в 1996 году. Поддержка спецификации ACPI стала одним из главных требований для получения сертификации PC'97, что заставило производителей материнских плат и BIOS интегрировать ACPI в свою продукцию. Сама компания Intel интегрировала поддержку ACPI в южный мост PIIX4E в апреле 1998 года, а Microsoft внедрила ACPI в операционную систему Windows 98, увидевшую свет 25 июня 1998 года. На момент выхода Windows 2000 спецификация ACPI полностью вытеснила APM в качестве основной системы управления электропитанием и управляющего интерфейса.

Система ACPI позволяет автоматически включать и отключать устройства по мере их необходимости. Это могут быть как внутренние (например, жесткие диски, сетевые адаптеры и приводы оптических дисков), так и внешние подключенные к компьютеру устройства (например, телевизоры, видеомагнитофоны, телефоны и стереосистемы). Эта же технология позволяет и внешним устройствам включать или активизировать компьютер. Например, после вставки видеокассеты в видеомагнитофон может включиться компьютер, который, в свою очередь, включит широкоформатный телевизор и высококачественную аудиосистему.

Интерфейс ACPI позволяет системным инженерам реализовывать различные схемы управления питанием оборудования с помощью одного и того же программного драйвера. ACPI также использует структуры данных Plug and Play BIOS и управляет интерфейсом PnP, создавая независимый от операционной системы интерфейс конфигурирования и управления. Компания Microsoft включает поддержку интерфейса ACPI во все операционные системы, начиная с Windows 98.

В процессе загрузки операционная система выполняет ряд тестов аппаратного обеспечения для определения совместимости с ACPI. Если какое-либо из устройств не поддерживает ACPI, то для него используется система управления питанием APM. Иногда при инициали-

зации ACPI может появиться сообщение об ошибке на красном (проблемы с аппаратным обеспечением или BIOS) или синем (проблемы с программным обеспечением) экране. Коды ошибок ACPI приведены в табл. 5.25.

Таблица 5.25. Коды ошибок ACPI

Код ошибки	Описание
1xxx-	Ошибка на этапе инициализации драйвера ACPI. Как правило, означает, что драйвер не может прочитать одну или несколько таблиц ACPI
2xxx-	Ошибка интерпретатора машинного языка ACPI
3xxx-	Ошибка дескриптора события драйвера ACPI
4xxx-	Ошибки управления температурой

Чаще всего эти ошибки являются следствием частичной или полной несовместимости реализации поддержки ACPI в BIOS или драйвере устройства. Если вы столкнулись с проблемами ACPI, обратитесь к производителю системной платы за обновлениями BIOS.

Сообщения об ошибках BIOS и MBR

После включения питания компьютера начинает выполняться процедура тестирования POST. При возникновении ошибки появляется сообщение о ее причине. Если не удается инициализировать видеоадаптер, коды ошибок будут звуковыми.

Кроме того, код ошибки в шестнадцатеричном виде отправляется в порт ввода-вывода с адресом 80h. Этот код может быть интерпретирован специальной платой, помещенной в разъем расширения (рис. 5.10).

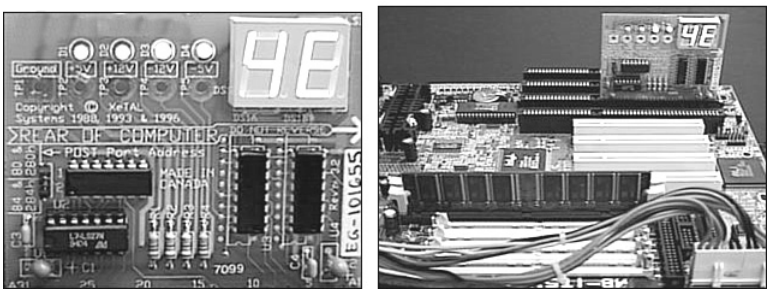


Рис. 5.10. С помощью такой платы можно узнать причину появления ошибки

Платы POST включают в себя двухразрядный шестнадцатеричный дисплей, используемый для вывода номера тестовой программы, выполняемой в определенный момент времени. Перед выполнением каждого теста шестнадцатеричный числовой код номера программы передается в порт. В том случае, если происходит сбой тестовой программы, который приводит к блокированию машины, шестнадцатеричный код последнего выполняемого теста остается на дисплее платы.

Большинство тестовых программ выполняется в системе еще до включения видеоплаты, в частности при использовании дисплеев EGA и VGA. Таким образом, множество ошибок, приводящих к "зависанию" системы, могут произойти до того, как появится возможность вывести коды ошибок на монитор. Далеко не все ошибки приводят к генерированию звукового сигнала, поэтому при возникновении проблем определенного рода (например, при сбое памяти в банке 0) система может показаться совершенно безжизненной. В этом случае для определения причины "зависания" следует воспользоваться платой POST.

Коды ошибок, отображаемых платой POST, полностью зависят от базовой системы ввода-вывода. Некоторые версии BIOS содержат более расширенные процедуры POST, передавая

этой плате более информативные коды. Для приобретения платы POST в исполнении ISA или PCI обратитесь к компании JDR Microdevices или другим производителям.

В большинстве версий BIOS существует целый ряд звуковых сигналов, используемых для выявления простых, но в то же время неисправимых ошибок, сообщения о которых не могут быть выведены на экран. Звуковые сигналы похожи на коды POST и отличаются только тем, что для их считывания используется не специальная плата, а встроенный динамик.

Подробнее сообщения об ошибках, звуковые сигналы и коды ошибок, используемых в наиболее распространенных версиях BIOS, рассматриваются в следующем разделе.

Основные сообщения об ошибках загрузки BIOS

При включении компьютера загрузчик операционной системы, размещенный в ROM BIOS системной платы, считывает первый физический сектор каждого загрузочного устройства, имеющий следующие характеристики: цилиндр 0, головка 0, сектор 1 в режиме CHS или адрес логического блока 0 в режиме LBA. Код первого сектора загружается в RAM, после чего два последних байта кода проверяются на соответствие значению сигнатуры 55AAh. Найденное совпадение указывает ROM на наличие работоспособной записи MBR, т.е. ROM может передать дальнейшее управление загрузкой коду главной загрузочной записи.

Если два последних байта не совпадают со значением 55AAh, ROM продолжает просматривать первые физические секторы следующих загрузочных устройств в загрузочной последовательности до тех пор, пока не будет найдена запись MBR. Если необходимое устройство с требуемыми байтами сигнатуры, указывающими на MBR, не найдено, ROM инициирует прерывание 18h, которое вызывает подпрограмму для вывода на экран сообщения об ошибке. Тип сообщения зависит от производителя и версии микросхемы ROM. Подробнее эти сообщения обсуждаются в следующем разделе.

Сообщения об ошибках загрузки IBM BIOS

Если не найден действенный главный загрузочный сектор или работоспособное загрузочное устройство, печально известная BIOS очень старых компьютеров IBM отображает следующие строки командного интерпретатора ROM BASIC:

```
The IBM Personal Computer Basic
Version C1.10 Copyright IBM Corp 1981
62940 Bytes free
Ok
```

Интерпретатор IBM ROM BASIC

Карты распределения памяти большинства компьютеров подобны совместимым с ними оригинальным системам IBM, за исключением модуля Cassette BASIC (также называемого ROM BASIC). Это может показаться удивительным, но на задней панели первых компьютеров IBM находилось гнездо для подключения кассетного магнитофона. Когда-то он использовался для загрузки программ и данных с кассетной ленты. Стоимость накопителей на гибких магнитных дисках в то время была очень высока, поэтому для подобных целей использовалась магнитная лента. За короткое время гибкие диски быстро упали в цене, поэтому кассетный порт в последующих системах IBM и в совместимых с ними больше не использовался.

Оригинальные компьютерные системы содержали не более 16 Кбайт памяти в базовой конфигурации. В этих системах не было накопителей на гибких магнитных дисках, что не позволяло загрузить файлы с дискеты или переписать на нее. Большинство пользователей в то время могли заняться разработкой собственных программ на языке BASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) или воспользоваться сторонними программами. Первые версии IBM включали в себя интерпретатор языков BASIC, встроенный в микросхему ROM BIOS, конструкция которого позволяла обращаться к кассетному порту, расположенному на задней панели.

Как ни странно, в компьютерах IBM зависимость ROM BASIC сохранялась до начала 1990-х годов! Я бы сравнил это с наличием аппендикса у человека. ROM BASIC в системах IBM представляет собой "рудиментарный орган", который использовался в доисторических системах, но в настоящее время не имеет никакого функционального значения.

Для того чтобы получить какое-то представление о ROM BASIC, достаточно в одной из старых систем IBM отключить все имеющиеся дисководы. В этом случае при полном отсутствии загрузочных устройств большинство систем IBM отобразит странный (образца 1981 года) экран ROM BASIC.

Сообщение ROM BASIC, приведенное в начале этого раздела, означало, что жесткий диск не распознается, поэтому его появление на экране монитора многих пользователей приводило в ужас. В системах, совместимых с IBM, интерпретатор Cassette BASIC отсутствовал, поэтому разработчикам пришлось придумывать различные сообщения для отображения ситуаций, возникающих при обращении системы IBM к этому языку. Аналоги, содержащие BIOS от компании AMI, выводят, например, малопонятное сообщение следующего содержания:

```
NO ROM BASIC -- SYSTEM HALTED
```

Если главный загрузочный сектор (или загрузочное устройство) не найден, компьютеры IBM с более новой BIOS выводят на экран изображение, представленное на рис. 5.11.

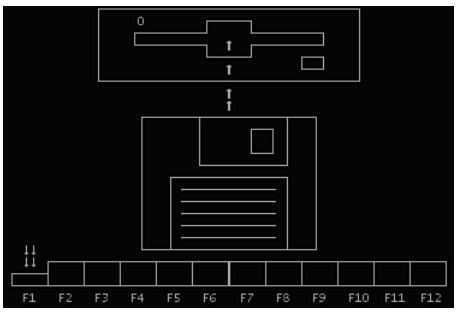


Рис. 5.11. Если компьютер IBM не в состоянии обнаружить главную загрузочную запись, может появиться подобное загадочное изображение

В сообщении на рис. 5.11 образно показано, что пользователь должен вставить загрузочный гибкий диск в дисковод A: и нажать клавишу <F1>.

Сообщения об ошибках загрузки AMI BIOS

В системах с AMI BIOS при отсутствии записи MBR или загрузочного устройства отображается такое сообщение:

```
NO ROM BASIC -- SYSTEM HALTED
```

Это сообщение, казалось бы, указывает на проблемы в работе ROM BIOS, что совершенно не соответствует действительности. В микросхему AMI ROM не включен командный интерпретатор языка BASIC (как и все другие микросхемы ROM, кроме их очень старых версий в компьютерах IBM). Таким образом, вместо запуска интерпретатора BASIC или вывода на экран сообщения об отсутствии установленных загрузочных устройств пользователи видят неверное по своей сути сообщение. На самом деле сообщение указывает на то, что ни один из загрузочных носителей не содержит байты сигнатуры, ссылающиеся на работоспособную главную загрузочную запись (MBR) в первом физическом секторе носителя (будь то жесткий диск, компакт-диск и т.д.).

Сообщения об ошибках загрузки Compaq BIOS

В системах с Compaq BIOS при отсутствии записи MBR или загрузочного устройства отображается следующее сообщение:

```
Non-System disk or disk error
replace and strike any key when ready
```

Это сообщение тоже довольно странное, поскольку аналогичное (или очень похожее) сообщение выводится при отсутствии или порче системных файлов в загрузочной записи тома

(VBR) DOS/Windows 9x/Me. Поэтому данное сообщение, выведенное, например, в системе Compaq, не дает понять, где искать проблему — в MBR, VBR или в системных файлах.

Сообщения об ошибках загрузки Award BIOS

В системах с Award BIOS при отсутствии записи MBR или загрузочного устройства отображается следующее сообщение:

```
DISK BOOT FAILURE, INSERT SYSTEM DISK AND PRESS ENTER
```

По крайней мере, в нем нет ничего загадочного, и пользователю явно предписывается вставить системный диск и нажать клавишу <Enter>.

Сообщение об ошибках загрузки Phoenix BIOS

Система, использующая Phoenix BIOS, в зависимости от характера возникшей ошибки выведет на экран или сообщение:

```
No boot device available -
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

или

```
No boot sector on fixed disk -
 strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

Первое сообщение выводится, если в системе не найдено загрузочное устройство или с него невозможно выполнить чтение; второе — если загрузочный сектор найден, но не содержит правильной сигнатуры.

Сообщения об ошибках загрузки MBR

Если байты сигнатуры не повреждены, базовая система ввода-вывода выполняет код основного раздела загрузочной записи, который, в свою очередь, проверяет байты индикатора загрузки в таблицах каждого из четырех разделов. Номера этих байтов — 446 (1BEh), 462 (1CEh), 478 (1DEh) и 494 (1EEh) соответственно. Наличие указанных байтов является признаком того, что некоторая таблица разделов содержит активный (загрузочный) раздел. Значение 80h одной из величин смещения байтов указывает, что таблица содержит активный раздел, причем все остальные значения должны быть равны 00h. В соответствии с правилами, изначально установленными IBM и Microsoft, возможны два состояния данных четырех байтов индикатора загрузки:

- все четыре байта равны 00h, что указывает на отсутствие активного (т.е. загрузочного) раздела;
- только один байт индикатора равен 80h, все остальные равны 00h. Это указывает на наличие одного загрузочного раздела.

В первом случае (все четыре байта равны 00h) главная загрузочная запись возвращает управление ПЗУ материнской платы, которое выводит на экран одно из приведенных выше сообщений. Такая ситуация может возникнуть, если с диска удалены существующие разделы и не созданы новые, а также если ни один из разделов не назначен активным. Если это произошло случайно, можете загрузиться с дискеты или компакт-диска и запустить программу `FDISK` или `DISKPART`, после чего сделать активным раздел, содержащий операционную систему.

Если же только один байт индикатора загрузки равен 80h, а все остальные равны 00h, стандартный процесс загрузки будет продолжен и из активного раздела будет загружена запись VBR (Volume Boot Record) тома.

Некорректная таблица разделов

Все остальные комбинации значений байтов индикаторов загрузки недопустимы, и, если таковые будут обнаружены, программа MBR выдаст сообщение об ошибке и прекратит выполнение. К примеру, если значение 80h имеет несколько байтов (что свидетельствует о на-

личии нескольких активных разделов) либо если значения байтов отличны от 80h или 00h, появится следующее сообщение об ошибке:

```
Invalid partition table
```

Если вы столкнулись с таким сообщением, попробуйте перезагрузить компьютер с альтернативного носителя и попытаться получить доступ к данным проблемного устройства. В зависимости от степени повреждения таблицы разделов, MBR или других секторов может понадобиться удаление и воссоздание разделов, что приведет к полной потере всех содержащихся в них данных. Если содержащаяся в этих разделах информация имеет особую ценность и ее резервная копия не была создана, можно предварительно попытаться восстановить данные с помощью специализированных утилит.

Ошибка загрузки операционной системы

После успешной проверки программой MBR байтов индикаторов загрузки (т.е. если одно из их значений равно 80h, а остальные — 00h) остальная информация в строке активного раздела таблицы проверяется на наличие адреса начального сектора данного раздела. Этот адрес определяется по значениям CHS (цилиндр/головка/сектор) или LBA (адрес логического блока). Значение CHS используется в устройствах емкостью менее 8,4 Гбайт, а значение LBA — в дисках большего объема (сегодня в эту категорию попадают практически все жесткие диски). Первый сектор раздела содержит *загрузочную запись тома* (VBR), также называемую *загрузочной записью операционной системы*, так как она создается при установке ОС. После того как адрес первого сектора раздела найден, программа MBR считывает его содержимое.

Если чтение первого сектора активного раздела завершилось неудачей, будет предпринято еще пять попыток. Если и это не позволило считать запись VBR, будет выведено следующее сообщение об ошибке, после чего система остановится:

```
Error loading operating system
```

Как правило, такое сообщение свидетельствует о наличии на диске физического повреждения, что весьма плачевно. Однако существуют и другие причины. Например, в системной BIOS могли быть заданы некорректные параметры диска или в таблице разделов MBR была повреждена запись об активном разделе (в частности, она указывает на сектор, находящийся за пределами физического диска).

Если вы неожиданно столкнулись с подобной ошибкой, прежде всего проверьте параметры устройства в настройках BIOS, затем просмотрите таблицу разделов и наконец выполните диагностику устройства. Если устройство оказалось поврежденным полностью или частично, для восстановления жизненно важных данных придется обратиться в специализированный сервисный центр.

Ошибка отсутствия операционной системы

Если программа MBR успешно считала код загрузочной записи тома, будет выполнена проверка последних двух байтов на наличие сигнатуры 55AAh. Если это значение не найдено, отобразится следующее сообщение об ошибке, после чего система остановится:

```
Missing operating system
```

Если вы только что создали разделы и еще не выполнили форматирование высокого уровня (т.е. форматирование операционной системой) или в разделе еще не установлена ОС, такая ошибка будет вполне закономерной.

ГЛАВА 6

Оперативная память

Основные понятия

В этой главе описывается как логическая, так и в физическая организация памяти. Здесь описываются микросхемы и модули памяти, которые можно установить в компьютере, и приводятся их характеристики.

Кроме того, рассматривается логическая структура памяти, определяющая различные области с точки зрения их использования системой. Поскольку логическая компоновка памяти происходит в процессоре, вопросы ее отображения на физическую структуру довольно сложны для понимания. В этой главе вы найдете достоверную информацию, которая развеет все мифы, ассоциированные с памятью, и позволит эффективнее использовать компьютер.

Оперативная память — это рабочее пространство процессора компьютера. В нем во время работы хранятся программы и данные, которыми оперирует процессор. Оперативная память часто рассматривается как временное хранилище, потому что данные и программы в ней сохраняются только при включенном компьютере или до нажатия кнопки сброса. Перед выключением питания или нажатием кнопки сброса все данные, изменявшиеся во время работы, необходимо сохранить на устройстве долгосрочного хранения (обычно это жесткий диск). При очередном включении питания сохраненная информация вновь может быть загружена в память.

Оперативную память иногда называют *памятью с произвольным доступом* (Random Access Memory — RAM). Это означает, что обращение к данным, хранящимся в оперативной памяти, не зависит от порядка их расположения в ней. Однако этот термин вносит некоторую путаницу и является причиной заблуждений. Дело в том, что *память, доступная только для чтения* (Read-Only Memory — ROM), также имеет произвольный доступ, но отличается от RAM тем, что ее содержимое не пропадает при выключении питания и в нее ничего нельзя записать. Несмотря на то что жесткие диски также могут использоваться в качестве *виртуальной памяти с произвольным доступом*, их не относят к категории RAM.

За несколько лет определение RAM превратилось из обычной аббревиатуры в термин, означающий основное рабочее пространство памяти, создаваемое микросхемами *динамической* оперативной памяти (Dynamic RAM — DRAM) и используемое процессором для выполнения программ. Одним из свойств микросхем DRAM (и, следовательно, оперативной памяти в целом) является динамическое хранение данных, что означает, во-первых, возможность многократной записи информации в оперативную память и, во-вторых, необходимость постоянного обновления данных (т.е., в сущности, их перезапись) примерно каждые 15 мс (миллисекунд). Существует и так называемая *статическая оперативная память* (Static RAM — SRAM), не требующая постоянного обновления данных. Следует заметить, что в любом случае данные сохраняются в оперативной памяти только до выключения питания.

Примечание

В памяти DRAM и SRAM данные сохраняются только до тех пор, пока подается напряжение. Однако в случае флеш-памяти это не так. Именно поэтому флеш-память нашла широкое применение в цифровых фотоаппаратах, USB-брелоках и других подобных устройствах. В ПК устройство на основе флеш-памяти распознается как дисковый накопитель (а не ОЗУ), доступ к которому осуществляется стандартным образом — по букве диска, как при работе с любым жестким диском или оптическим накопителем.

Под компьютерной памятью обычно подразумевается ОЗУ (RAM), т.е. физическая память системы, которая состоит из микросхем или модулей памяти, используемых процессором для хранения основных, запущенных в текущий момент, программ и данных. При этом термин *хранилище данных* относится не к оперативной памяти, а к таким устройствам, как жесткие диски и накопители на магнитной ленте (которые, тем не менее, можно использовать как разновидность RAM, получившую название *виртуальная память*).

Термин *оперативная память* часто означает не только микросхемы, которые составляют устройства памяти в системе, но и такие понятия, как логическое отображение и размещение. *Логическое отображение* —это способ представления адресов памяти на фактически установленных микросхемах. *Размещение* — это расположение информации (данных и команд) определенного типа по конкретным адресам памяти системы.

Новички часто путают оперативную память с памятью на диске, поскольку емкость устройств памяти обоих типов выражается в одинаковых единицах — мега- или гигабайтах. Попытаемся объяснить связь между оперативной памятью и памятью на диске с помощью следующей простой аналогии.

Представьте себе небольшой офис, в котором некий сотрудник обрабатывает информацию, хранящуюся в картотеке. В нашем примере шкаф с картотекой будет выполнять роль жесткого диска системы, на котором длительное время хранятся программы и данные. Рабочий стол будет представлять оперативную память системы, которую в текущий момент обрабатывает сотрудник, — его действия подобны работе процессора. Он имеет прямой доступ к любым документам, находящимся на столе. Однако, прежде чем конкретный документ окажется на столе, его необходимо отыскать в шкафу. Чем больше в офисе шкафов, тем больше документов можно хранить в них. Если рабочий стол достаточно большой, можно одновременно работать с несколькими документами.

Добавление к системе жесткого диска подобно установке еще одного шкафа для хранения документов в офисе — компьютер может постоянно хранить большее количество информации. Увеличение объема оперативной памяти в системе подобно установке большего рабочего стола — компьютер может работать с большим количеством программ и данных одновременно.

Впрочем, есть одно различие между хранением документов в офисе и файлов в компьютере: когда файл загружен в оперативную память, его копия все еще хранится на жестком диске. Обратите внимание на то, что, поскольку постоянно хранить файлы в оперативной памяти невозможно, все измененные после загрузки в память файлы должны быть вновь сохранены на жестком диске перед выключением компьютера. Если измененный файл не будет сохранен, то его первоначальная копия на жестком диске останется неизменной.

Во время выполнения программы в оперативной памяти хранятся ее данные. Микросхемы оперативной памяти (RAM) иногда называют *энергозависимой памятью*: после выключения компьютера данные, хранимые в них, будут потеряны, если они предварительно не были сохранены на диске или другом устройстве внешней памяти. Чтобы избежать этого, некоторые приложения автоматически создают резервные копии данных.

Файлы компьютерной программы при ее запуске загружаются в оперативную память, в которой хранятся во время работы с указанной программой. Процессор выполняет программно реализованные команды, содержащиеся в памяти, и сохраняет их результаты. В оперативной памяти хранятся коды нажатых клавиш при работе с текстовым редактором, а также результаты математических операций. При выполнении команды Сохранить содержимое оперативной памяти сохраняется в виде файла на жестком диске.

Физически оперативная память в системе представляет собой набор микросхем или модулей, содержащих микросхемы, которые обычно подключаются к системной плате. Эти микросхемы или модули могут иметь различные характеристики и, чтобы функционировать правильно, должны быть совместимы с системой, в которую устанавливаются.

В современных компьютерах используются запоминающие устройства трех основных типов.

- **ROM.** Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), не способное записывать данные.
- **DRAM.** Динамическое запоминающее устройство с произвольным порядком выборки.
- **SRAM.** Статическая оперативная память.

Единственным типом памяти, которую приходится приобретать и устанавливать в компьютере, является динамическая память (DRAM). Остальные ее типы встроены либо в материнскую плату (ROM), либо в процессор (SRAM), либо в другие компоненты, такие как видеокарты, жесткие диски и т.п.

Память типа ROM

В памяти типа *ROM* (Read Only Memory), или *ПЗУ* (постоянное запоминающее устройство), данные можно только хранить; изменять их нельзя. Именно поэтому данная память используется только для чтения данных. ROM также часто называют *энергонезависимой памятью*, потому что любые записанные в нее данные сохраняются при выключении питания. Поэтому в ROM помещаются команды запуска ПК, т.е. программное обеспечение, которое загружает систему.

Заметьте, что ROM и оперативная память — не противоположные понятия, как думают многие. На самом деле ROM представляет собой часть оперативной памяти системы. Другими словами, часть адресного пространства оперативной памяти отводится для отображения ROM. Это необходимо для ускорения загрузки системы после включения питания.

Основной код BIOS содержится в микросхеме ROM на системной плате, но на платах адаптеров также имеются аналогичные микросхемы. Они содержат вспомогательные подпрограммы BIOS и драйверы, необходимые для конкретной платы, особенно для тех плат, которые должны быть активизированы на раннем этапе начальной загрузки (в частности, это касается видеоадаптера). Платы, не нуждающиеся в драйверах на раннем этапе начальной загрузки, обычно не имеют ROM, поскольку их драйверы могут быть загружены с жесткого диска позже — в процессе начальной загрузки.

В настоящее время в большинстве систем используется одна из форм флеш-памяти, которая называется *электрически стираемой программируемой постоянной памятью* (Electrically Erasable Programmable Read-only Memory — EEPROM). Флеш-память действительно является энергонезависимой и перезаписываемой и позволяет пользователям легко модифицировать ROM, программно-аппаратные средства системных плат и других компонентов (таких, как видеоадаптеры, платы SCSI, периферийные устройства и т.п.).

Память типа DRAM

Динамическая оперативная память (Dynamic RAM — DRAM) используется в большинстве систем оперативной памяти современных ПК. Основное преимущество памяти этого типа состоит в том, что ее ячейки очень плотно упакованы, т.е. в небольшую микросхему можно упаковать много битов, а значит, на их основе можно организовать большой объем памяти.

Ячейки памяти в микросхеме DRAM — это крошечные конденсаторы, которые удерживают заряды. Именно так (наличием или отсутствием зарядов) и кодируются биты. Проблемы, связанные с памятью этого типа, вызваны тем, что она динамическая, т.е. должна постоянно регенерироваться, так как в противном случае электрические заряды в конденсаторах памяти будут "стекать" и данные будут потеряны. Регенерация происходит, когда контроллер памяти системы берет крошечный перерыв и обращается ко всем строкам данных в микросхемах памяти. Большинство систем имеет контроллер памяти (обычно встраиваемый в набор микросхем системной платы, однако он может быть встроен и в процессор, как в процессорах Athlon 64 и Opteron), который настроен на соответствующую промышленным стандартам частоту регенерации, равную 15 мс. Это означает, что каждые 15 мс прочитываются все строки в памяти для обеспечения регенерации данных.

Регенерация памяти, к сожалению, отнимает время у процессора. Каждый цикл регенерации по длительности занимает несколько тактов центрального процессора. В старых компьютерах циклы регенерации могли занимать до 10% (или больше) процессорного времени, но в современных системах, работающих на частотах, равных сотням мегагерц, эти расходы составляют 1% или меньше. Некоторые системы позволяют изменить параметры регенерации с помощью программы настройки BIOS. Интервал между циклами обновления называется tREF и задается не в миллисекундах, а в тактах (рис. 6.1).

Очень важно понимать, что увеличение значения интервала между циклами обновления для повышения быстродействия системы может привести к случайным произвольным ошибкам.

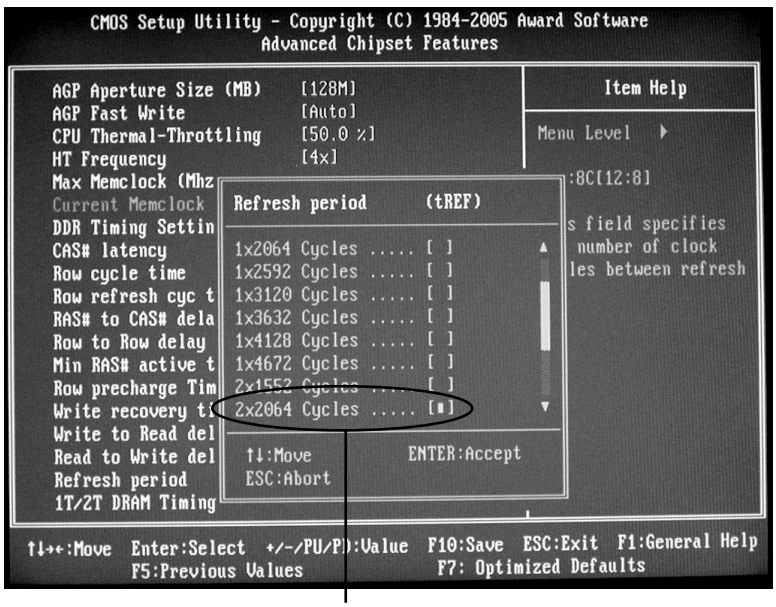


Рис. 6.1. Период обновления и другие временны*е* настройки памяти задаются в соответствующем разделе программы настройки BIOS

Произвольная ошибка — это ошибка обработки данных, не связанная с дефектом микросхемы памяти. В большинстве случаев надежнее придерживаться рекомендуемой или заданной по умолчанию частоты регенерации. Поскольку затраты на регенерацию в современных компьютерах составляют менее 1%, изменение частоты регенерации оказывает незначительное влияние на характеристики компьютера. Одним из наиболее приемлемых вариантов является использование для синхронизации памяти значений по умолчанию или автоматических настроек, заданных с помощью программы Setup BIOS. Большинство современных систем не позволяет изменять заданную синхронизацию памяти, постоянно используя автоматически установленные параметры. При автоматической установке системная плата считывает параметры синхронизации из системы определения последовательности в ПЗУ (Serial Presence Detect — SPD) и устанавливает частоту периодической подачи импульсов в соответствии с полученными данными.

В устройствах DRAM для хранения одного бита используются только один транзистор и пара конденсаторов, поэтому они более вместительны, чем микросхемы других типов памяти. В настоящее время уже выпускаются микросхемы динамической оперативной памяти объемом 2 Гбайт и больше. Это означает, что подобные микросхемы содержат более миллиарда транзисторов! А ведь процессор Core 2 Duo имеет только 230 млн. транзисторов. Откуда такая разница? Дело в том, что в микросхеме памяти все транзисторы и конденсаторы размещаются последовательно, обычно в узлах квадратной решетки, в виде очень простых, периодически повторяющихся структур, в отличие от процессора, представляющего собой более сложную схему различных структур, не имеющую четкой организации.

Транзистор для каждого одноразрядного регистра DRAM используется для чтения состояния смежного конденсатора. Если конденсатор заряжен, в ячейке записана единица; если заряда нет — записан нуль. Заряды в крошечных конденсаторах все время стекают, поэтому память должна постоянно регенерироваться. Даже мгновенное прерывание подачи питания или какой-нибудь сбой в циклах регенерации приводит к потере заряда в ячейке DRAM, а следовательно, и к потере данных. В работающей системе это приводит к появлению "синего экрана смерти", глобальным отказам системы защиты, повреждению файлов или к полному отказу системы.

Динамическая оперативная память используется в персональных компьютерах. Поскольку она недорогая, микросхемы могут быть плотно упакованы, а это означает, что запоминающее устройство большой емкости может занимать небольшое пространство. К сожалению, память этого типа не отличается высоким быстродействием, обычно она намного "медленнее" процессора. Поэтому существует множество различных типов организации DRAM, позволяющих улучшить эту характеристику.

Кэш-память — SRAM

Существует тип памяти, совершенно отличный от других, — *статическая оперативная память* (Static RAM — SRAM). Она названа так потому, что в отличие от динамической оперативной памяти (DRAM) для сохранения ее содержимого не требуется периодической регенерации. Но это не единственное ее преимущество. SRAM имеет более высокое быстродействие, чем DRAM, и может работать на той же частоте, что и современные процессоры.

Время доступа в памяти SRAM — не более 0,45 нс; это означает, что такая память может работать синхронно с процессорами на частоте 2,2 ГГц и выше. Однако для хранения каждого бита в конструкции SRAM используется кластер из шести транзисторов. Использование транзисторов без каких-либо конденсаторов означает, что нет необходимости в регенерации. (Ведь если нет конденсаторов, то и заряды не теряются.) Пока подается питание, SRAM будет помнить то, что сохранено. Почему же тогда микросхемы SRAM не используются для всей системной памяти? Ответ можно найти в табл. 6.1.

По сравнению с DRAM быстродействие SRAM намного выше, но плотность ее гораздо ниже, а цена довольно высока. Более низкая плотность означает, что микросхемы SRAM

имеют бо́льшие габариты, хотя их информационная емкость намного меньше. Большое число транзисторов и их кластеризованное размещение не только увеличивают габариты микросхем SRAM, но и значительно повышают стоимость технологического процесса по сравнению с аналогичными параметрами для микросхем DRAM. Например, емкость модуля DRAM может равняться 512 Мбайт или больше, в то время как емкость модуля SRAM приблизительно того же размера составляет только 9 Мбайт, причем их стоимость будет одинаковой. Таким образом, габариты SRAM в среднем в тридцать раз превышают размеры DRAM, то же самое можно сказать и о стоимости. Все это не позволяет использовать память типа SRAM в качестве оперативной памяти в персональных компьютерах.

Таблица 6.1. Сравнение памяти DRAM и SRAM

Тип	Быстродействие	Плотность	Стоимость
Динамическая оперативная память — DRAM	Низкое	Высокая	Низкая
Статическая оперативная память — SRAM	Высокое	Низкая	Высокая

Несмотря на это, разработчики все-таки применяют память типа SRAM для повышения эффективности ПК. Но во избежание значительного повышения стоимости устанавливается только небольшой объем высокоскоростной памяти SRAM, которая используется в качестве кэш-памяти. Кэш-память работает на тактовых частотах, близких или даже равных тактовым частотам процессора, причем обычно именно эта память непосредственно используется процессором при чтении и записи. Во время операций чтения данные предварительно записываются в высокоскоростную кэш-память из оперативной памяти с низким быстродействием, т.е. из DRAM. Еще недавно время доступа DRAM было не менее 60 нс (что соответствует тактовой частоте 16 МГц). Для преобразования времени доступа из наносекунд в мегагерцы используется следующая формула:

1/наносекунды × 1000 = МГц.

Обратное вычисление осуществляется с помощью такой формулы:

1/МГц × 1000 = наносекунды.

Сегодня память может работать на частоте 1 ГГц и выше, однако до конца 1990-х годов память DRAM была ограничена быстродействием 16 нс (16 МГц). Когда процессор ПК работал на тактовой частоте 16 МГц и ниже, DRAM могла быть синхронизирована с системной платой и процессором, поэтому кэш был не нужен. Как только тактовая частота процессора поднялась выше 16 МГц, синхронизировать DRAM с процессором стало невозможно, и именно тогда разработчики начали использовать SRAM в персональных компьютерах. Это произошло в 1986-1987 годах, когда появились компьютеры с процессором 386, работающим на частотах 16 и 20 МГц. Именно в этих ПК впервые нашла применение так называемая кэш-память, т.е. высокоскоростной буфер, созданный на микросхемах SRAM, который непосредственно обменивается данными с процессором. Поскольку быстродействие кэша может быть сравнимо с процессорным, контроллер кэша может предугадывать потребности процессора в данных и предварительно загружать необходимые данные в высокоскоростную кэш-память. Тогда при выдаче процессором адреса памяти данные могут быть переданы из высокоскоростного кэша, а не из оперативной памяти, быстродействие которой намного ниже.

Эффективность кэш-памяти выражается *коэффициентом попадания*, или *коэффициентом успеха*. Коэффициент попадания равен отношению количества удачных обращений в кэш к общему количеству обращений. Попадание — это событие, состоящее в том, что необходимые процессору данные уже предварительно считаны в кэш из оперативной памяти; иначе говоря, в случае попадания процессор может считывать данные из кэш-памяти. Неудачным считается такое обращение в кэш, при котором контроллер кэша не предусмотрел потребности в данных, находящихся по указанному абсолютному адресу. В таком случае необходимые данные не были предварительно считаны в кэш-память, поэтому процессор должен отыскать их в более

медленной оперативной памяти, а не в быстродействующем кэше. Когда процессор считывает данные из оперативной памяти, ему приходится некоторое время ожидать, поскольку тактовая частота оперативной памяти значительно ниже частоты процессора. Если процессор со встроенной в кристалл кэш-памятью работает на частоте 3,6 ГГц на шине 1333 МГц, то продолжительность цикла процессора и интегральной кэш-памяти в этом случае достигнет 0,28 нс, в то время как продолжительность цикла оперативной памяти будет в три раз больше, т.е. примерно 0,75 нс для памяти DDR2. Следовательно, в том случае, когда процессор с тактовой частотой 3,6 ГГц считывает данные из оперативной памяти, его рабочая частота уменьшается в три раза, достигая 1333 МГц. Это замедление обусловлено *периодом ожидания* (wait state). Если процессор находится в состоянии ожидания, то на протяжении всего цикла (такта) никакие операции не выполняются; процессор, по существу, ждет, пока необходимые данные поступят из более медленной оперативной памяти. Поэтому именно кэш-память позволяет сократить количество простоев и повысить быстродействие компьютера в целом.

Чтобы минимизировать время ожидания при считывании процессором данных из медленной оперативной памяти, в современных ПК обычно предусмотрены три типа кэш-памяти: *кэш-память первого уровня* (L1), *кэш-память второго уровня* (L2) и *кэш-память третьего уровня* (L3). Кэш-память первого уровня также называют *встроенным* или *внутренним кэшем*; он непосредственно встроен в процессор и фактически является частью микросхемы процессора. Во всех процессорах 486 и более новых кэш-память первого уровня интегрирована в микросхему, что значительно повысило их быстродействие по сравнению с предыдущими моделями. Кэш-память второго уровня называют *вторичным* или *внешним кэшем*. В момент своего появления он устанавливался вне микросхемы процессора; так было во всех компьютерах на основе процессоров 386, 486 и Pentium. Если кэш-память второго уровня установлена на системной плате, то она работает на ее частоте. В этом случае кэш-память второго уровня обычно помещалась рядом с разъемом процессора.

Начиная с 1999 года кэш-память второго уровня стала частью процессора, поскольку была интегрирована непосредственно в процессорное ядро наравне с кэш-памятью первого уровня. При этом кэш-память второго уровня работает на полной частоте процессора, обеспечивая на порядок большую производительность. Кэш-память второго уровня во многих старых процессорах работала на частоте, составляющей половину или одну треть частоты ядра процессора. Быстродействие кэш-памяти имеет особое значение, поэтому компьютеры с кэш-памятью, представляющей собой отдельную микросхему, установленную на системной плате, обладали небольшой производительностью. Перенос кэш-памяти в один корпус с процессором улучшил положение дел, а добавление кэш-памяти непосредственно в ядро обеспечило оптимальные результаты. Таким образом, любой процессор с кэш-памятью второго уровня, интегрированной в ядро и работающей на полной частоте процессора, обладает значительным преимуществом в быстродействии по сравнению с другими схемами использования кэш-памяти второго уровня.

Кэш-память третьего уровня впервые была представлена в процессорах для рабочих станций и серверов. Первым процессором для настольных ПК, в котором использовался кэш третьего уровня, был представленный в конце 2003 года процессор Pentium 4 Extreme Edition; он был оснащен интегрированным кэшем третьего уровня объемом 2 Мбайт. Хотя на момент представления процессоров Pentium 4 Extreme Edition, оснащенных кэш-памятью третьего уровня, казалось, что это станет стандартным свойством всех последующих процессоров, новые версии Pentium 4 Extreme Edition (а также его наследника, Pentium Extreme Edition) кэш-памятью третьего уровня уже не оснащались. Вместо этого был значительно увеличен объем кэш-памяти второго уровня. Кэш-память L3 вернулась в процессоры для ПК в 2007 году, кода были представлены процессоры AMD Phenom, а также в 2008 году, когда были представлены процессоры Intel Core i7; все эти процессоры содержат четыре ядра в одном кристалле. Кэш-память L3 оптимально подходит для процессоров, содержащих четыре и более ядра, так как обеспечивает возможность общего доступа к кэш-памяти всех ядер процессора. Я уверен, что в будущих многоядерных процессорах кэш-память L3 будет стандартным компонентом архитектуры.

Ключ к пониманию особенностей кэш-памяти и основной памяти состоит в понимании того, как память различных типов влияет на общее быстродействие системы.

Типы ОЗУ и производительность

В вопросах производительности памяти наблюдается некоторая путаница, поскольку обычно она измеряется в наносекундах, в то время как быстродействие процессоров — в мегагерцах и гигагерцах. В новых быстродействующих модулях памяти быстродействие измеряется в мегагерцах, что дополнительно усложняет ситуацию. К счастью, перевести одни единицы измерения в другие не составляет труда.

Наносекунда — это одна миллиардная доля секунды, т.е. очень короткий промежуток времени. В частности, скорость света в вакууме равна 299792 км/с, т.е. за одну миллиардную долю секунды световой луч проходит расстояние, равное всего 29,98 см, т.е. меньше длины обычной линейки.

Быстродействие микросхем памяти и систем в целом выражается в мегагерцах (МГц), т.е. в миллионах тактов в секунду, или же в гигагерцах (ГГц), т.е. в миллиардах тактов в секунду. Современные процессоры имеют тактовую частоту от 2 до 4 ГГц, хотя гораздо большее влияние на их производительность оказывает их внутренняя архитектура (например, многоядерность). Ранее были приведены формулы, позволяющие преобразовывать единицы измерения быстродействия. В табл. 6.2 представлена зависимость между быстродействием, выраженным в наносекундах (нс) и в мегагерцах (МГц).

Таблица 6.2. Зависимость между тактовой частотой в мегагерцах и продолжительностью цикла в наносекундах

Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс	Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс	Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс
4,77	210	450	2,2	1900	0,53
6	167	466	2,1	2000	0,50
8	125	500	2,0	2100	0,48
10	100	533	1,88	2200	0,45
12	83	550	1,82	2300	0,43
16	63	566	1,77	2400	0,42
20	50	600	1,67	2500	0,40
25	40	633	1,58	2600	0,38
33	30	650	1,54	2700	0,37
40	25	667	1,5	2800	0,36
50	20	700	1,43	2900	0,34
60	17	733	1,36	3000	0,333
66	15	750	1,33	3100	0,323
75	13	766	1,31	3200	0,313
80	13	800	1,25	3300	0,303
100	10	833	1,20	3400	0,294
120	8,3	850	1,18	3500	0,286
133	7,5	866	1,15	3600	0,278
150	6,7	900	1,11	3700	0,270
166	6,0	933	1,07	3800	0,263
180	5,6	950	1,05	3900	0,256
200	5,0	966	1,04	4000	0,250
225	4,4	1000	1,0	4100	0,244
233	4,3	1100	0,91	4200	0,238
250	4,0	1133	0,88	4300	0,233
266	3,8	1200	0,83	4400	0,227
300	3,3	1300	0,77	4500	0,222
333	3,0	1400	0,71	4600	0,217
350	2,9	1500	0,67	4700	0,213

Окончание табл. 6.2

Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс	Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс	Тактовая частота, МГц	Продолжительность цикла, нс
366	2,7	1600	0,63	4800	0,208
400	2,5	1700	0,59	4900	0,204
433	2,3	1800	0,56	5000	0,200

Как можно заметить, при увеличении тактовой частоты продолжительность цикла уменьшается.

В ходе эволюции компьютеров для повышения эффективности обращения к памяти создавались различные уровни кэширования, позволяющие перехватывать обращения процессора к более медленной основной памяти. Только недавно производительность модулей памяти DDR, DDR2 и DDR3 SDRAM сравнялась с производительностью шины процессора. Когда частоты шин процессора и памяти равны, производительность памяти становится оптимальной для конкретной системы.

Так, из табл. 6.2 видно, что модули DRAM, использовавшиеся в первых версиях Pentium и Pentium II до 1198 года, работали на частоте всего 16,7 МГц. При этом сами процессоры работали с частотой до 300 МГц при частоте шины 66 МГц. Все это приводило к глобальным диспропорциям в производительности процессора и памяти. Однако начиная с 1998 года промышленность перешла к выпуску более быстродействующих модулей SDRAM, способных работать на частоте шины 66 МГц. С тех пор основное внимание уделялось выравниванию быстродействия памяти и процессора.

К 2000 году скорость шины процессора и памяти увеличилась до 100 и даже 133 МГц (эти модули назывались PC100 и PC133 соответственно). В начале 2001 года быстродействие памяти удвоилось и стало равным 200 и 266 МГц; в 2002 году выпускались модули памяти DDR со скоростью 333 МГц, а в 2003 году — 400 и 533 МГц. В 2005-2006 годах рост быстродействия памяти соответствовал росту скорости шины процессора — от 667 до 800 МГц. В 2007 году скорость памяти DDR2 была доведена до 1066 МГц, и одновременно с этим была выпущена память DDR3 с такой же и более высокой частотой. В 2009 году память DDR3 стала самым популярным типом памяти, используемым в новых системах; наиболее популярны модули с частотой до 1600 МГц. В табл. 6.3 приведены основные типы модулей памяти и их быстродействие.

Таблица 6.3. Типы и производительность компьютерной памяти

Тип памяти	Пик популярности, годы	Тип модуля	Напряжение, В	Максимальная тактовая частота, МГц	Максимальная пропускная способность одноканальной памяти, Мбайт/с	Максимальная пропускная способность двухканальной памяти, Мбайт/с	Максимальная пропускная способность трехканальной памяти, Мбайт/с
FPM DRAM	1987–1995	30/72-контактный SIMM	5	22	177	---	---
EDO DRAM	1995–1998	72-контактный SIMM	5	33	266	---	---
SDR SDRAM	1998–2002	168-контактный DIMM	3,3	133	1066	---	---
Rambus DRAM	2000–2002	184-контактный RIMM	2,5	1066	2133	4266	4266
DDR SDRAM	2002–2005	184-контактный DIMM	2,5	400	3200	6400	6400
DDR2 SDRAM	2005–2008	240-контактный DDR2 DIMM	1,8	1066	8533	17066	17066
DDR3 SDRAM	2008+	240-контактный DDR3 DIMM	1,5	1600	12800	25600	38400

EDO — Extended Data Out (расширенные возможности вывода данных).

DIMM — Dual Inline Memory Module (модуль памяти с двухрядным расположением выводов).

DDR — Double Data Rate (удвоенная скорость передачи данных).
FPM — Fast Page Mode (быстрый постраничный режим).
SIMM — Single Inline Memory Module (модуль памяти с однорядным расположением выводов).
RIMM — Rambus Inline Memory Module (модуль памяти стандарта Rambus).

В следующих разделах все эти типы памяти рассматриваются более подробно.

Память FPM

Чтобы сократить время ожидания, стандартная память DRAM разбивается на *страницы*. Обычно для доступа к данным в памяти необходимо выбрать строку и столбец адреса, на что затрачивается некоторое время. Разбиение на страницы обеспечивает более быстрый доступ ко всем данным в пределах некоторой строки памяти, т.е. если изменяется не номер строки, а только номер столбца. Такой режим доступа к данным в памяти называется *быстрым постраничным режимом* (Fast Page Mode), а сама память — *FPM*. Другие варианты постраничного режима называются *Static Column* и *Nibble Mode*.

Схема повышения эффективности памяти довольно проста: память разбивается на страницы длиной от 512 байт до нескольких килобайтов. Электронная схема пролистывания позволяет при обращении к ячейкам памяти в пределах страницы сократить количество состояний ожидания. Если нужная ячейка памяти находится вне текущей страницы, то добавляется одно или больше состояний ожидания, так как система выбирает новую страницу.

Для повышения скорости доступа к памяти были разработаны и другие схемы. Одним из наиболее существенных изменений было внедрение пакетного режима доступа в процессоре 486 и более поздних. В большинстве случаев доступ к памяти является последовательным. Если же установить строку и столбец адреса в пакетном режиме, можно обращаться к следующим трем смежным адресам без дополнительных состояний ожидания. И в этом несомненное преимущество использования данного режима. Однако доступ в пакетном режиме обычно ограничивается четырьмя операциями. Чтобы объяснить это, обратимся к схеме синхронизации по количеству циклов для каждой операции доступа. Схема синхронизации типичного доступа в пакетном режиме для стандартной динамической оперативной памяти выглядит следующим образом: *x-y-y-y*, где *x* — время выполнения первой операции доступа (продолжительность цикла плюс время ожидания); *y* — число циклов, необходимых для выполнения каждой последующей операции доступа.

Схема синхронизации в пакетном режиме для стандартной DRAM со временем доступа 60 нс обычно выглядит так: 5-3-3-3. Это означает, что первая операция доступа длится пять циклов на системной шине с частотой 66 МГц, что приблизительно равно 75 нс (5×15 нс; 15 нс — длительность одного цикла), в то время как последующие операции длятся по три цикла (3×15 нс = 45 нс). Без применения пакетной технологии схема синхронизации имела бы вид 5-5-5-5, так как для каждой операции выборки из памяти требовалось бы полное время ожидания. 45-наносекундный цикл при пакетной выборке и 64-разрядной шине данных обеспечивает пропускную способность 177 Мбайт/с (22,2 МГц×8 байт).

Память DRAM, поддерживающая разбиение на страницы и пакетный режим, называется *памятью с быстрым постраничным режимом* (Fast Page Memory — FPM). Этим подчеркивается, что для доступа к данным в памяти без смены страницы требуется меньше циклов ожидания. В большинстве компьютеров 386, 486 и Pentium, увидевших свет в 1987–1995 годах, используется память FPM, имеющая форму модулей с 30 или 72 контактами.

Другой метод ускорения FPM называется *чередованием*. Он совместно использует два отдельных банка памяти, распределяя между ними четные и нечетные байты. Когда происходит обращение к одному банку, в другом банке выбираются строка и столбец адреса. К моменту окончания выборки данных в первом банке во втором заканчиваются циклы ожидания, и он готов к выборке данных. Когда данные выбираются из второго банка, в первом идет процесс выборки строки и столбца адреса для следующей операции доступа. Это совмещение (перекрытие по времени) операций доступа в двух банках сокращает время ожидания и обеспечи-

вает более быстрый поиск данных. Единственная проблема состоит в том, что для использования данного метода необходимо устанавливать идентичные пары модулей, а при этом удваивается количество модулей.

Память EDO

Начиная с 1995 года в компьютерах на основе Pentium используется новый тип оперативной памяти — *EDO* (Extended Data Out — память с расширенным выводом). Это усовершенствованный тип памяти FPM; его иногда называют *Hyper Page Mode*. Память типа EDO была разработана и запатентована компанией Micron Technology (позже лицензии приобрели многие другие изготовители).

Память EDO собирается из специально изготовленных микросхем, которые учитывают перекрытие синхронизации между очередными операциями доступа. Как следует из названия, драйверы вывода данных на микросхеме, в отличие от FPM, не выключаются, когда контроллер памяти удаляет столбец адреса в начале следующего цикла. Это позволяет совместить (по времени) следующий цикл с предыдущим, экономя приблизительно 10 нс в каждом цикле.

Таким образом, контроллер памяти EDO может начать выполнение новой команды выборки столбца адреса, пока данные считываются по текущему адресу. Это почти идентично использованию различных банков для чередования памяти, но в отличие от чередования не нужно одновременно устанавливать два идентичных модуля памяти в системе.

Для оперативной памяти EDO схема синхронизации в пакетном режиме имеет вид 5-2-2-2, а не 5-3-3-3, как для стандартной памяти FPM. Это означает, что четыре передачи данных из памяти EDO занимают 11 полных системных циклов (сравните с 14-ю полными циклами для FPM). Благодаря этому при проведении специальных тестов быстродействие увеличилось на 22%. При этом время выборки снижается с 45 нс (FPM) до 30 нс (EDO). В системах с 64-разрядной шиной данных (8 байт) пропускная способность увеличивается до 266 Мбайт/с (33,3 МГц×8 байт). Благодаря наличию кэш-памяти общая производительность системы повышается только на 5%. Хотя увеличение может показаться совсем небольшим, главное преимущество EDO состоит в том, что в запоминающих устройствах подобного типа используются те же микросхемы динамической оперативной памяти, что и в FPM. При этом стоимость таких запоминающих устройств равна стоимости FPM, но EDO обладает более высокой эффективностью, чем FPM.

Память EDO обычно выпускается в виде 72-контактных модулей SIMM. На рис. 6.4 будут показаны физические характеристики этих модулей.

Для того чтобы использовать память EDO, набор микросхем системной логики на системной плате должен поддерживать ее. Большинство наборов микросхем системной логики, выпущенных с 1995 года (Intel 430FX) по 1997 год (Intel 430TX), поддерживают этот тип памяти. Память EDO доминировала на рынке с 1995 по 1998 год. Поскольку микросхемы памяти EDO стоили столько же, сколько и стандартные микросхемы, Intel, а вслед за ней и остальные производители стали поддерживать EDO во всех наборах микросхем системной логики.

Оперативная память EDO идеальна для систем с быстродействием шины до 66 МГц. Такие шины использовались до 1997 года включительно; однако в течение 1998 года память EDO была заменена более новой и быстрой памятью *SDRAM* (Synchronous DRAM — синхронное динамическое ОЗУ). Эта новая архитектура стала новым стандартом оперативной памяти ПК.

Одним из вариантов памяти EDO была так называемая *пакетная* память EDO (burst EDO или BEDO). Для ускорения передачи данных в ней была задействована пакетная обработка операций. К сожалению, эта технология была запатентована компанией Micron и так и не стала распространенным стандартом. Для поддержки был выпущен всего один набор микросхем системной логики — Intel 440FX Natoma. Стандарт BEDO был быстро вытеснен с рынка новым стандартом SDRAM, который пришелся больше по душе производителям наборов микросхем системной логики. Как таковой стандарт BEDO так и не нашел своего места в компьютерном мире (я никогда не слышал, чтобы он использовался в какой-либо системе).

Память SDRAM

Это тип динамической оперативной памяти (DRAM), работа которой синхронизируется с шиной памяти. SDRAM передает информацию в пакетах, использующих высокоскоростной синхронизированный интерфейс. SDRAM позволяет избежать использования большинства циклов ожидания, необходимых при работе асинхронной DRAM, поскольку сигналы, по которым работает память такого типа, синхронизированы с тактовым генератором системной платы.

Как и любой другой тип оперативной памяти, SDRAM нуждается в поддержке набором микросхем системной логики. Начиная с наборов 430VX и 430TX, выпущенных в 1996 году, все наборы микросхем системной логики компании Intel полностью поддерживают SDRAM. С выходом в 1998 году популярного набора микросхем Intel 440BX модули SDRAM полностью вытеснили с рынка память EDO.

Эффективность SDRAM значительно выше по сравнению с эффективностью оперативной памяти FPM или EDO. Поскольку SDRAM — это тип динамической оперативной памяти, ее начальное время ожидания такое же, как у памяти FPM или EDO, но общее время цикла намного короче. Схема синхронизации пакетного доступа SDRAM выглядит так: 5-1-1-1, т.е. четыре операции чтения завершаются всего лишь за 8 циклов системной шины (сравните с 11 циклами для EDO и с 14 для FPM). Таким образом, память SDRAM работает на 20% быстрее, чем EDO.

Кроме того, SDRAM может работать на частоте 133 МГц (7,5 нс) и выше, что стало новым стандартом для системного быстродействия начиная с 1998 года. Фактически все новые персональные компьютеры, проданные за 1998–2000 год, имеют память типа SDRAM.

Память SDRAM поставляется в виде модулей DIMM, и, как правило, ее быстродействие оценивается в мегагерцах, а не в наносекундах. Физические характеристики модулей DIMM описываются далее и показаны на рис. 6.5.

Для четкой организации временны*х* характеристик компания Intel создала ряд спецификаций, получивших названия PC66, PC100 и PC133. (Можно подумать, что время доступа памяти PC100, работающей на частоте 100 МГц, составляет 10 нс, однако в соответствующей спецификации время доступа ограничено 8 нс, чтобы удовлетворить всем временны*м* параметрам с некоторым запасом.)

В мае 1999 года организация JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council — Объединенный совет по электронным устройствам) создала спецификацию PC133. Частота 133 МГц была достигнута за счет улучшения характеристик синхронизации и объема памяти стандарта PC100. Модули памяти PC133 быстро приобрели популярность, став идеальным выбором для системных плат с частотой шины процессора 133 МГц. Базовые модули памяти PC133 обладали быстродействием 7,5 нс и тактовой частотой 133 МГц, в то время как более новые отличались быстродействием 7 нс и частотой 143 МГц. Новые микросхемы памяти PC133 также характеризовались уменьшенным временем ожидания при выборке CAS (Column Address Strobe — строб адреса столбца), благодаря чему оптимизировалось время цикла памяти.

Примечание

Организация JEDEC при EIA (Electronic Industries Alliance — Альянс отраслей электронной промышленности), который представляет все направления в электронной промышленности, создана в 1960 году и занимается стандартизацией всех типов полупроводниковых устройств, интегральных схем и модулей. В состав JEDEC входит около трехсот компаний, включая производителей памяти, наборов микросхем и процессоров, а также практически все компании, занимающиеся сборкой компьютерных систем с использованием стандартизированных компонентов.

Основные принципы работы JEDEC просты. Предположим, некоторая компания разработала собственный тип памяти. Если память подобного типа захотят выпускать другие компании, им придется платить лицензионные отчисления компании-разработчику (разумеется, при условии, что компания захочет лицензировать свои технологии). При этом некоторые технологии могут остаться закрытыми, что усложнит производство совместимых компонентов. Кроме того, компании, которые приобрели лицензию, не имеют возможности контролировать изменения, вносимые в технологию компанией-разработчиком.

В связи с этим JEDEC старается объединить усилия разработчиков памяти для выработки общих стандартов производства микросхем и модулей памяти. Стандарты, утвержденные JEDEC, затем свободно распространяются среди компаний-участниц. Поэтому ни одна компания не может единолично влиять на развитие определенного стандарта памяти и на другие компании. В качестве утвержденных JEDEC стандартов памяти, используемых в ПК, можно привести FPM, SDRAM, DDR, DDR2 и DDR3. При этом EDO и RDRAM являются примерами закрытых стандартов. Подробные сведения о стандартах JEDEC и другая информация о полупроводниковой промышленности приведена на сайте `www.jedec.org`.

Характеристики модулей памяти SDRAM DIMM представлены в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Быстродействие памяти SDRAM

Длительность цикла, нс	Частота, МГц	Спецификация
15	66	PC66
10	100	PC66
8	125	PC100
7,5	133	PC133
7,0	143	PC133

Память SDRAM обычно выпускается в виде 168-контактных модулей, работающих на различных скоростях. В табл. 6.5 приведены характеристики модулей SDRAM.

Таблица 6.5. Скорость и пропускная способность модулей SDRAM (168 -контактный DIMM)

Стандарт	Время доступа, нс	Тактовая частота, МГц	Количество циклов в такте	Частота шины, мегатактов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с
PC66	10	66	1	66	8	533
PC100	8	100	1	100	8	800
PC133	7	133	1	133	8	106

Следует отметить, что некоторые производители предлагают модули памяти PC150 и PC166, хотя соответствующих стандартов JEDEC и Intel не существует, а значит, не выпускаются процессоры и наборы микросхем, официально поддерживающие данные стандарты. Как правило, при производстве подобных модулей памяти используются отобранные вручную микросхемы памяти с длительностью цикла 7,5 нс (133 МГц) или 7,0 нс (143 МГц), способные работать на частоте 150 и 166 МГц. Поэтому под модулями PC150 или PC166 на самом деле следует понимать модули памяти PC133, которые способны работать на повышенных частотах. Предназначены подобные модули памяти для энтузиастов, которые хотят "разогнать" систему, увеличивая частоту системной шины, процессора и памяти.

Предупреждение

В свое время модули памяти PC133 были обратно совместимы со стандартом PC100. Однако многие современные модули PC133 используют микросхемы другого объема по сравнению с тем, который использовался при производстве модулей PC100. Если необходимо модернизировать систему, в которой используется память PC100, обязательно следует изучить вопросы совместимости, прежде чем приобретать модули PC133. Сведения о совместимости с различными системами можно найти на сайтах всех основных производителей модулей памяти.

Память DDR SDRAM

Память *DDR* (Double Data Rate — двойная скорость передачи данных) — это еще более усовершенствованный стандарт SDRAM, при использовании которого скорость передачи данных удваивается. Это достигается не за счет удвоения тактовой частоты, а за счет передачи данных дважды за один цикл: первый раз — в начале цикла, второй — в его конце (рис. 6.2), при этом используются те же частоты и синхронизирующие сигналы.

Память DDR поступила на рынок в 2000 году и изначально использовалась в высокопроизводительных графических картах, так как на тот момент еще не существовало поддержи-

вающих ее наборов микросхем системной логики. Свою популярность она завоевала в 2002 году, когда на рынок поступило множество материнских плат, поддерживающих этот стандарт памяти. Память DDR SDRAM выпускается в виде 184-контактных модулей (рис. 6.6).

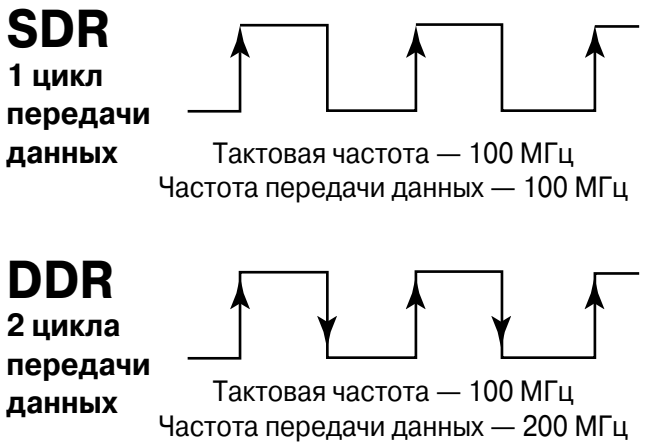


Рис. 6.2. Схема передачи данных в микросхемах SDR и DDR

Поставляемые модули DIMM памяти DDR SDRAM отличаются быстродействием, пропускной способностью и обычно работают при напряжении 2,5 В. В сущности, они представляют собой расширение стандарта SDRAM DIMM, предназначенное для поддержки удвоенной синхронизации, при которой передача данных, в отличие от стандарта SDRAM, происходит при каждом тактовом переходе, т.е. дважды за каждый цикл. Для того чтобы избежать путаницы, обычную память SDRAM часто называют *памятью с одинарной скоростью передачи данных* (Single Data Rate — SDR). Характеристики модулей памяти стандартов SDRAM и DDR SDRAM приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6. Типы и пропускная способность модулей памяти DDR SDRAM

Стандарт модуля	Формат модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, миллионов циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Пропускная способность двухканальной памяти, Мбайт/с
PC1600	DDR DIMM	DDR200	100	2	200	8	1600	3200
PC2100	DDR DIMM	DDR266	133	2	266	8	2133	4266
PC2700	DDR DIMM	DDR333	166	2	333	8	2667	5333
PC3200	DDR DIMM	DDR400	200	2	400	8	3200	6400

Ведущие производители микросхем и модулей памяти, как правило, выпускают продукцию, удовлетворяющую стандартам JEDEC. В то же время для поддержания "разгона" некоторые производители модулей покупают немаркированные и непроверенные микросхемы памяти, после чего сами проводят тесты на их реальное быстродействие и объединяют микросхемы со сходными характеристиками в модули с нестандартной маркировкой, обычно превосходящей по быстродействию официальные стандарты. В табл. 6.7 приведены характеристики популярных нестандартных модулей памяти, которые мне встречались на рынке. Однако следует учесть, что хотя быстродействие этих модулей памяти выше стандартного, чтобы получить от них полную отдачу, нужно "разогнать" всю систему.

Таблица 6.7. Типы и пропускная способность нестандартных модулей памяти DDR SDRAM

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Пропускная способность двухканальной памяти, Мбайт/с
PC3500	DDR433	216	2	433	8	3466	6933
PC3700	DDR466	216	2	466	8	3733	7466
PC4000	DDR500	250	2	500	8	4000	8000
PC4200	DDR533	266	2	533	8	4266	8533
PC4400	DDR550	275	2	550	8	4400	8800
PC4800	DDR600	300	2	600	8	4800	9600

Пропускная способность, приведенная в таблицах, указана в расчете на один модуль. Большинство наборов микросхем, поддерживающих DDR, поддерживают и двухканальные операции. Это технология, по которой два идентичных модуля DIMM функционируют, как единый банк, удваивая пропускную способность одного модуля. К примеру, если набор микросхем поддерживает модули PC3200, пропускная способность одного такого модуля составит 3200 Мбайт/с. При этом в двухканальном режиме эта пропускная способность удвоится и составит 6400 Мбайт/с. Двухканальные операции оптимизируют архитектуру ПК, обеспечивая одинаковое быстродействие процессора и памяти (имеется в виду не частота, а пропускная способность). Таким образом, данные перемещаются между шинами без каких-либо задержек.

Память DDR2 SDRAM

Память DDR2 SDRAM представляет собой более быстродействующую версию стандартной памяти DDR SDRAM — большая пропускная способность достигается за счет использования дифференциальных пар сигнальных контактов, обеспечивающих улучшенную передачу сигналов и устранение проблем с сигнальными шумами/интерференцией. Предполагалось, что DDR2 обеспечит учетверенную скорость передачи данных, однако финальные образцы предоставляют лишь удвоенную скорость передачи, а модифицированный метод передачи сигналов позволяет достичь более высокой производительности. Максимальная частота памяти DDR достигает 533 МГц, в то время как рабочая частота модулей памяти DDR2 начинается с 400 МГц и достигает 800 МГц и выше. В табл. 6.8 приведены различные типы модулей DDR2 и значения их пропускной способности.

Таблица 6.8. Типы и пропускная способность модулей памяти DDR2 SDRAM

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Двухканальная пропускная способность, Мбайт/с
PC2-3200	DDR2-400	200	2	400	8	3200	6400
PC2-4200	DDR2-533	266	2	533	8	4266	8533
PC2-5300	DDR2-667	333	2	667	8	5333	10667
PC2-6400	DDR2-800	400	2	800	8	6400	12800
PC2-8500	DDR2-1066	533	2	1066	8	8533	17066

Самым скоростным официальным стандартом JEDEC является DDR2-1066; микросхемы в нем работают на эффективной скорости 1066 МГц, в результате чего общая пропускная способность достигает 8533 Мбайт/с. Однако, как и в случае с DDR, многие поставщики выпускают и более быстродействующие модули памяти для "разогнанных" систем. Эти модули имеют нестандартную маркировку и обеспечивают большую производительность, чем предписывается стандартом. В табл. 6.9 приведены самые быстродействующие нестандартные модули памяти, которые мне приходилось встречать на рынке. Учтите, что, поскольку скорость этих модулей опережает быстродействие стандартных материнских плат и наборов микросхем системной логики, вы не получите от них полной отдачи, пока не "разгоните" систему до нужной тактовой частоты.

Таблица 6.9. Типы и пропускная способность нестандартных модулей памяти DDR2 SDRAM для "разогнанных" систем

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Двухканальная пропускная способность, Мбайт/с
PC2-6000	DDR2-750	375	2	750	8	6000	12000
PC2-7200	DDR2-900	450	2	900	8	7200	14400
PC2-8000	DDR2-1000	500	2	1000	8	8000	16000
PC2-8800	DDR2-1100	550	2	1100	8	8800	17600
PC2-8888	DDR2-1111	556	2	1111	8	8888	17777
PC2-9136	DDR2-1142	571	2	1142	8	9136	18272
PC2-9200	DDR2-1150	575	2	1150	8	9200	18400
PC2-9600	DDR2-1200	600	2	1200	8	9600	19200
PC2-10000	DDR2-1250	625	2	1250	8	10 000	20000

Кроме более высокого быстродействия и пропускной способности, память стандарта DDR2 обладает и другими достоинствами. К ним относится пониженное по сравнению с памятью DDR напряжение (1,8 вместо 2,5 В), благодаря чему модули памяти DDR2 потребляют меньше энергии и выделяют меньше тепла. Микросхемы DDR2, обладающие большим количеством контактных выводов, поставляются в корпусе FBGA (Fine-pitch Ball Grid Array) вместо TSOP (Thin Small Outline Package), используемого для большинства микросхем DDR и SDRAM. Микросхемы FBGA соединены с подложкой (как правило, самим модулем памяти) посредством близко расположенных шаровых припоев, размещенных на поверхности микросхемы.

Массовое производство модулей DDR2 началось во второй половине 2003 года, а соответствующие наборы микросхем появились в начале 2004 года. Кроме того, некоторые модели производительных видеоадаптеров оснащались различными вариантами DDR2, такими как GDDR2 (Graphics DDR2 — память DDR2 для графических адаптеров). Наборы микросхем для процессоров Intel поддерживают память DDR2 уже достаточно давно, в то время как процессоры Athlon 64 и Opteron компании AMD на протяжении 2005 года поддерживали только память DDR.

Модули DDR2 напоминают обычные DDR DIMM, однако имеют больше контактов и несколько иную конфигурацию установочных зазоров, что не позволит по ошибке вставить их в разъемы для модулей DDR. В конструкции модулей DDR2 предусмотрено 240 контактов, что существенно больше, чем в модулях DDR и SDRAM DIMM.

Сообщество JEDEC начало работу над спецификацией DDR2 в апреле 1998 года; сам стандарт был опубликован в сентябре 2003 года. Производство микросхем и модулей памяти DDR2 началось в середине 2003 года (вначале выпускались только образцы), а массовое производство материнских плат, наборов микросхем системной логики и систем, поддерживающих память DDR2, было налажено только в середине 2004 года. На тот момент уже появились варианты спецификации DDR2, такие как GDDR2 (графическая DDR2), предназначенные для плат графических адаптеров. Следует отметить, что компания AMD несколько опоздала с выпуском материнских плат и наборов микросхем для своих процессоров с поддержкой DDR2. Дело в том, что в процессоры Athlon 64 и Opteron был интегрирован контроллер памяти DDR. Системы на базе процессоров AMD начали поддерживать память DDR2 только в середине 2006 года, когда свет увидели материнские платы с гнездом Socket AM2 и соответствующие процессоры. (Системные платы с гнездом Socket F, также известным как 1207 FX, тоже поддерживали память DDR2.)

Интересно отметить, что компания AMD отстала в переходе от памяти DDR к DDR2 от компании Intel практически на два года. Это связано с тем, что AMD интегрировала контроллер памяти в Athlon 64 и во все последующие модели процессоров, а не в северный мост, как это делала Intel. Несмотря на все премущества интеграции контроллера памяти в процессор, один из недостатоков состоит в невозможности быстрого перехода к использованию новых стандартов памяти, так как это требует внесения изменений в архитектуру процессора и гнездо

для его установки. Однако, выпустив процессоры Core i7 в 2008 году, компания Intel также перенесла контроллер памяти из набора микросхем в процессор; в результате теперь обе компании оказались в однинаковых условиях с точки зрения обеспечения поддержки новых стандартов памяти.

Память DDR3

DDR3 — это последний стандарт памяти, выпущенный организацией JEDEC, еще больше увеличивший быстродействие и надежность и снизивший энергопотребление модулей памяти. Над этой спецификацией работа началась в июне 2002 года, а первые модули DDR3 и поддерживающие их наборы микросхем (серия Intel 3xx) для процессоров Intel были выпущены уже в середине 2007 года. В связи с высокой стоимостью и ограниченной поддержкой память DDR3 не получала широкого распространения до конца 2008 года, когда Intel представила процессор Core i7 с интегрированным трехканальным контроллером памяти DDR3. В начале 2009 года компания AMD представила процессоры Phenom II в исполнении Socket AM3, поддерживающие память стандарта DDR3, что привело к дальнейшему росту данного стандарта памяти. На протяжении 2009 года благодаря поддержке со стороны Intel и AMD память DDR3 достигла паритета с памятью DDR2 по цене, после чего продажи DDR3 начали возрастать.

Модули DDR3 используют улучшенную схему обработки сигнала, включающую самокалибровку и синхронизацию. Также они могут оснащаться встроенным термодатчиком. Память DDR3 работает на напряжении 1,5 В, что примерно на 20% ниже, чем 1,8 В, подаваемые на модули DDR2. Пониженное напряжение в совокупности с другими архитектурными новшествами, как ожидается, понизит потребляемую модулем памяти мощность примерно на 30%.

Модули DDR3 нашли применение в системах с частотой шин процессора и памяти от 1333 МГц, что выше максимального порога, поддерживаемого памятью DDR2 (1066 МГц). В стандартных (т.е. не "разогнанных") компьютерных системах модули DDR3 моделей PC3-10600 и PC3 -12800 обеспечат пропускную способность до 10667 и 12800 Мбайт/с соответственно. В двухканальном режиме этот показатель достигнет невероятного значения — 25600 Мбайт/с. Процессоры с поддержкой трехканального режима, такие как Core i7, характеризуются полосой пропускания 32000 и 38400 Мбайт/с при использовании памяти DDR3-1333 и DDR3-1600 соответственно. В табл. 6.10 представлены стандарты памяти DDR3 и соответствующая им пропускная способность.

Таблица 6.10. Типы и пропускная способность стандартных модулей памяти DDR3

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Двухканальная пропускная способность, Мбайт/с	Трехканальная пропускная способность, Мбайт/с
PC3-6400	DDR3-800	400	2	800	8	6400	12800	19200
PC3-8500	DDR3-1066	533	2	1066	8	8533	17066	25600
PC3-10600	DDR3-1333	667	2	1333	8	10667	21333	32000
PC3-12800	DDR3-1600	800	2	1600	8	12800	25600	38400

MTps — миллионов операций передачи данных в секунду.
MBps — мегабайт в секунду.
DIMM — Dual Inline Memory Module.
DDR — Double Data Rate.

Наиболее производительным из утвержденных комитетом JEDEC стандартов является стандарт DDR3-1600, который предполагает работу микросхем с эффективной частотой 1600 МГц; подобные модули обладают пропускной способностью 12800 Мбайт/с и обозначаются как PC3-12800. Однако, как и в случае модулей DDR и DDR2, многие производители предлагают нестандартные модули для любителей "разгона". Подобные модули предназначены для работы на повышенных частотах и/или с уменьшенными таймингами (временен*ы*ми задержками).

В табл. 6.11 представлена информация о популярных нестандартных модулях DDR3, которые мне довелось увидеть. Обратите внимание на то, что, поскольку частота работы памяти выходит за пределы стандартных характеристик материнских плат и набора микросхем, вы не сможете воспользоваться преимуществами подобных модулей, если не будете "разгонять" систему или если ваша системная плата не поддерживает функции "разгона". Кроме того, поскольку подобные модули используют обычные микросхемы, которые работают в нестандартном режиме, необходимо применять более высокое напряжение питания по сравнению со стандартными 1,5 В для памяти DDR3. Для обеспечения стабильности я обычно не рекомендую "разогнанную" (оверклокерскую) память и советую отдавать предпочтение стандартным модулям DDR3 с напряжением питания 1,5 В.

Таблица 6.11. Типы и пропускная способность модулей памяти DDR3 для оверклокеров

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байты	Пропускная способность, Мбайт/с	Двухканальная пропускная способность, Мбайт/с	Трехканальнная пропускная способность, Мбайт/с
PC3-11000	DDR3-1375	688	2	1375	8	11000	22000	33000
PC3-13000	DDR3-1625	813	2	1625	8	13000	26000	39000
PC3-14400	DDR3-1800	900	2	1800	8	14400	28800	43200
PC3-14900	DDR3-1866	933	2	1866	8	14933	29866	44800
PC3-15000	DDR3-1866	933	2	1866	8	14933	29866	44800
PC3-16000	DDR3-2000	1000	2	2000	8	16000	32000	48000

MTps — миллионов операций передачи данных в секунду. *MBps — мегабайт в секунду.*
DIMM — Dual Inline Memory Module. *DDR — Double Data Rate.*

240-контактные модули DDR3 идентичны по форме и размерам модулям DDR2, однако имеют отличную конфигурацию установочных зазоров, что не позволит вставить их в разъемы DDR2, на которые подается более высокое напряжение. Модули DDR2 и DDR3 не взаимозаменяемы.

Память RDRAM

Стандарт Rambus DRAM (RDRAM) представляет собой радикально новую архитектуру модулей памяти, которые устанавливались в высокопроизводительных компьютерах с 1999 по 2002 год. Компании Intel и Rambus подписали соглашение о сотрудничестве в 1996 году, в соответствии с которым Intel обязалась поддерживать память стандарта RDRAM до 2001 года. Уверенность в том, что любая предложенная этой компанией память будет безоговорочно поддержана потребителями, стала причиной вложения компанией Intel больших средств в развитие компании Rambus. Так как стандарт RDRAM был запатентован компанией Rambus, он не встретил особой поддержки в среде производителей наборов микросхем системной логики и материнских плат. В ответ на это компания Intel заверила общественность в своей поддержке этой памяти и выпустила в 1998 году первые наборы микросхем и материнские платы, поддерживающие эту память.

К сожалению, с продвижением на рынке наборов микросхем поддержки памяти RDRAM возникли проблемы ввиду большой задержки их выхода в свет. В то же время память DDR SDRAM быстро завоевывала рынок. Все это заставило компанию Intel пересмотреть свое отношение к технологии Rambus и прекратить инвестиции. После 2001 года Intel продолжала поддерживать память RDRAM, установленную в выпущенных ранее системах, однако новые наборы микросхем системной логики и системные платы были предназначены для DDR SDRAM. Более того, все последующие наборы микросхем и системные платы Intel поддерживают установку исключительно модулей памяти DDR и DDR2.

Без поддержки Intel в виде разработки соответствующих наборов микросхем лишь очень небольшая часть компьютеров, проданных после 2002 года, была оснащена модулями памяти RDRAM. Отсутствие поддержки со стороны основных производителей системных плат и на-

боров микросхем ведет к тому, что роль стандарта RDRAM в будущем компьютерной индустрии станет весьма незначительной.

Стандарт RDRAM использует уникальную шину данных между микросхемами памяти, посредством которой специализированные устройства могут взаимодействовать на очень высокой скорости. Стоит отметить, что данная технология была разработана для игровых компьютерных приставок и применяется в таких системах, как Nintendo 64 и Sony Playstation 2.

Обычные типы памяти (FPM/RDO и SDRAM) иногда называют *устройствами с широким каналом*. Ширина канала памяти равна ширине шины данных процессора (в системах Pentium — 64 бит). Максимальная производительность памяти SDRAM в исполнении DIMM составляет 100×8 (или 800) Мбайт/с (частота × количество данных, передаваемых за один такт).

С другой стороны, память RDRAM является *устройством с узким каналом* передачи данных. Количество данных, передаваемых за один такт, достигает только 16 бит (2 байт), не считая двух дополнительных битов контроля четности, однако скорость передачи данных гораздо выше. В настоящее время происходит постепенный переход от параллельной конструкции модулей памяти к последовательной, что напоминает процесс, происходивший в свое время с другими шинами ПК.

Одноканальные 16-разрядные модули памяти RIMM работали вначале с частотой 800 МГц, благодаря чему общая пропускная способность достигала 800×2 (или 1,6) Гбайт/с для одного канала, что совпадает с характеристиками памяти PC1600 DDR-SDRAM. В первых системах Pentium 4 использовались оба банка памяти одновременно, создавая двухканальную структуру с пропускной способностью 3,2 Гбайт/с, что соответствует быстродействию шины оригинального процессора Pentium 4. Одной из особенностей конструкции RDRAM является уменьшенное время ожидания между передачами данных. Это связано с циклически повторяющимися передачами, выполняемыми одновременно и только в одном направлении.

Современные модули памяти RIMM работают не только с исходной частотой 800 МГц, но и с частотами 1066 и 1200 МГц и существуют как в одноканальных 16-разрядных, так и в многоканальных 32- и 64-разрядных версиях, пропускная способность которых превышает 9,6 Гбайт/с.

Каждая отдельная микросхема, последовательно соединенная с последующей, называется RIMM (Rambus Inline Memory Module). Внешне модуль RIM выглядит подобно DIMM, однако они не взаимозаменяемы. Вся работа с памятью организуется между контроллером памяти и отдельным (а не всеми) устройством. Один канал Rambus содержит три разъема RIMM и может поддерживать до 32 устройств RDRAM (микросхем RDRAM) и больше при использовании буфера. В то же время в большинстве материнских плат устанавливается только два модуля на канал, чтобы избежать проблем с искажением сигнала.

Шина памяти RDRAM обеспечивает обмен данными между всеми устройствами и модулями, подключенными к шине, причем каждый модуль оснащен входными и выходными контактами, расположенными на противоположных сторонах платы. Следовательно, любые разъемы RDRAM, не содержащие модуль RIMM, требуют установки электропроводного непрерывного модуля для замыкания шины передачи данных. Сигналы, дошедшие до конечной области шины, ликвидируются системной платой.

Изначально 16-разрядный канал RIMM работал на частоте 800 МГц, что обеспечивало пропускную способность 1,6 Гбайт/с — такую же, как у модулей PC1600 DDR SDRAM. В системах на базе процессоров Pentium 4 обычно одновременно используются два банка памяти; таким образом, общая пропускная способность возрастает до 3,2 Гбайт/с, что совпадает с тактовой частотой процессоров Pentium 4. В конструкции RDRAM задержка между передачами данных уменьшена до предела, поскольку они выполняются синхронно в замкнутой системе, причем в одном направлении.

Новые версии модулей RIMM работают на частоте 1600 МГц, однако для их поддержки было выпущено совсем мало моделей наборов микросхем и материнских плат.

Каждая микросхема RDRAM в модуле RIMM1600 представляет собой обособленное устройство, подключенное к 16-разрядному каналу данных. Кроме того, микросхемы RDRAM имеют внутреннее ядро со 128-разрядной шиной, разделенной на восемь 16-разрядных банков памяти, работающих на частоте 100 МГц. Другими словами, каждые 10 нс (100 МГц) каждая микросхема RDRAM может передать 16 байтов данных в ядро и обратно. Широкий внутренний и узкий внешний высокоскоростные интерфейсы являются ключевой характеристикой памяти RDRAM.

Для повышения производительности было предложено еще одно конструктивное решение: передача управляющей информации отделена от передачи данных по шине. Для этого предусмотрены независимые схемы управления, а на адресной шине выделены две группы контактов: для команд выбора строки и столбца и для передачи информации по шине данных шириной 2 байта. Шина памяти работает на частоте 400 МГц, однако данные передаются по фронтам тактового сигнала, т.е. дважды в тактовом импульсе. Правая граница тактового импульса называется *четным* циклом, а левая — *нечетным*. Синхронизация осуществляется с помощью передачи пакетов данных в начале четного цикла. Максимальное время ожидания составляет 2,5 нс.

Отношение между тактовым сигналом и циклами передачи данных было показано на рис. 6.2. Пять полных циклов тактового сигнала соответствуют десяти циклам данных.

Архитектура RDRAM также поддерживает множественные чередующиеся транзакции, одновременно выполняемые в отдельных временны*х* областях, поэтому следующая передача данных может быть начата до завершения предыдущей.

Не менее важно то, что память RDRAM потребляет мало энергии. Напряжение питания модулей памяти RIMM, как и устройств RDRAM, составляет только 2,5 В. Напряжение низковольтного сигнала изменяется от 1,0 до 1,8 В, т.е. перепад напряжений равен 0,8 В. Кроме того, RDRAM имеет четыре режима пониженного потребления энергии и может автоматически переходить в режим ожидания на завершающей стадии транзакции, что позволяет еще больше снизить потребляемую мощность.

Как уже упоминалось, микросхемы RDRAM устанавливаются в модули RIMM, по размеру и форме подобные DIMM, но не взаимозаменяемые. Существуют модули памяти RIMM, объем которых достигает 1 Гбайт и более. Эти модули могут устанавливаться в системе по одному, поскольку каждый из них технически представляет собой сразу несколько банков памяти. Модули RIMM устанавливаются попарно только в том случае, если существующая системная плата поддерживает двухканальные модули RDRAM, а также если в системе применяются 16-разрядные модули RIMM.

Существующие модули памяти RIMM можно разделить по быстродействию на четыре основные группы, обычно работающие в двухканальной среде. Таким образом, модули RIMM обычно устанавливают парами — по одной паре в каждой группе разъемов. Каждая группа разъемов ROMM представляет собой один канал. В 32-разрядной версии в одно устройство объединено несколько каналов, при этом согласование пар необязательно. В табл. 6.12 сравниваются различные типы модулей RDRAM. Обратите внимание на то, что во избежание путаницы с наименованиями модулей DDR, такими как PC800, в именах указана реальная пропускная способность модулей.

Таблица 6.12. Типы и пропускная способность модулей RDRAM

Стандарт модуля	Тип микросхемы	Частота шины, МГц	Количество циклов данных за такт	Скорость шины, млн. циклов в секунду	Ширина шины, байт	Пропускная способность, Мбайт/с
RIMM1200	PC600	300	2	600	2	1200
RIMM1400	PC700	350	2	700	2	1400
RIMM1600	PC800	400	2	800	2	1600
RIMM2100	PC1066	533	2	1066	2	2133

Компания Intel изначально сконцентрировала усилия на внедрении памяти Rambus, что, казалось, позволяло достичь значительного успеха на рынке. К сожалению, задержки в выпуске соответствующих наборов микросхем, возникшие из-за технических сложностей конструкции памяти RDRAM, стали причиной того, что большинство производителей памяти вернулись к выпуску модулей SRDAM или перешли на выпуск DDR SDRAM. В результате оставшиеся производители подняли цену на RDRAM RIMM в три и более раза, примерно сравняв ее со стоимостью аналогичной по объему памяти DIMM.

Примечание

К огорчению производителей микросхем памяти, компания Rambus получила патенты на стандартную память и конструкции DDR SDRAM. Поэтому, независимо от того, производят ли эти компании память SDRAM, DDR или RDRAM, им приходится выплачивать определенную сумму компании Rambus в качестве авторского гонорара. Судебные иски компаний, оспаривающих эти патенты, заметных результатов не принесли.

После того как в 2003 году поддержка памяти RDRAM практически сошла на нет, этот тип памяти быстро исчез с рынка. Так что если ваш компьютер оборудован модулями памяти RIMM, не имеет смысла вкладывать средства в модернизацию его памяти.

Модули памяти

Процессор и архитектура системной платы (набора микросхем) определяют емкость физической памяти компьютера, а также типы и форму используемых модулей памяти. За последние годы скорость передачи данных и быстродействие памяти значительно выросли. Скорость и разрядность памяти определяются процессором и схемой контроллера памяти. В современных компьютерах контроллер памяти включен в набор микросхем системной логики материнской платы. В том случае, если система физически может поддерживать определенный объем памяти, типом программного обеспечения будут обусловлены более конкретные ее характеристики.

Мы уже обсудили типы и частоты работы памяти, а также ширину шины памяти. Современные модули памяти являются 64-разрядными и в зависимости от архитектуры контроллера памяти могут работать в одно-, двух- или трехканальном режиме. В одноканальном режиме память считывает и записывает 64 бит данных за один раз; в двух- и трехканальном режиме это значение увеличивается до 128 и 192 бит соответственно. За исключением невезучего стандарта памяти RDRAM, память является одним из немногих компонентов ПК, работающих в параллельном режиме. Большинство других компонентов ПК перешло на использование последовательных интерфейсов.

Максимальный поддерживаемый объем определяется несколькими факторами. Прежде всего, это объем, который может адресовать процессор. Эта характеристика зависит от количества адресных линий процессора. Первые процессоры для ПК (8086/8088) содержали 20 адресных линий, что позволяло адресовать до 1 Мбайт памяти (2 в степени 20) ОЗУ. В процессорах 286/386SX количество адресных линий возросло до 24, что позволило адресовать до 16 Мбайт (2 в степени 24). Современные x86-совместимые процессоры содержат от 32 до 36 адресных линий, что позволяет адресовать от 4 до 64 Гбайт ОЗУ. Современные x86-64-совместимые (64-разрядные) процессоры содержат 40 адресных линий, что приводит к увеличению максимального поддерживаемого объема ОЗУ до 1 Тбайт.

Режим процессора также накладывает ограничения на адресуемый объем памяти. Например, при работе в реальном режиме процессор способен адресовать до 1 Мбайт памяти.

Несмотря на то что современные 64-разрядные процессоры и способны адресовать до 1 Тбайт памяти, современные системные платы и/или наборы микросхем ограничены объемом 8, 16 или 24 Гбайт. Определенные ограничения связаны и с типом программного обеспечения. 32-разрядные версии Windows XP, Vista и Windows 7 поддерживают до 4 Гбайт памяти, в то время как 64-разрядные версии — до 8, 16 или 192 Гбайт в зависимости от издания.

Примечание

Подробные сведения об ограничениях поддерживаемого объема памяти представлены в главе 4.

Модули SIMM, DIMM и RIMM

Изначально оперативная системная память устанавливалась в виде отдельных микросхем, которые благодаря своей конструкции получили название *микросхемы с двухрядным расположением выводов* (Dual Inline Package — DIP). Системные платы оригинальных систем IBM XT и AT содержали до 36 разъемов, предназначенных для подключения микросхем памяти. В дальнейшем микросхемы памяти устанавливались на отдельных платах, которые, в свою очередь, подключались в разъемы шины. Я до сих пор помню, сколько времени отнимала эта утомительная и однообразная работа.

Нельзя обойти стороной еще один важный недостаток такой организации памяти — микросхемы постепенно "выползали" из своих гнезд. Виной тому был жесткий температурный режим. Компьютеры постоянно включались и выключались, в результате чего микросхемы нагревались и охлаждались. Изменение длины контактов микросхем приводило к тому, что микросхемы постепенно сами выталкивали себя из гнезд. Когда в конце концов контакт обрывался, это приводило к ошибке памяти. Чтобы устранить проблему, нужно более плотно вставить микросхему в гнездо, однако представьте себе, сколько лишней работы предполагало обслуживание нескольких десятков компьютеров в компании.

Альтернативой этому подходу было только припаивание контактов микросхем к материнской плате или карте расширения. Однако такое постоянное прикрепление вызывало другую проблему — в случае выхода из строя одного из модулей памяти его приходилось выпаивать или вырезать кусачками, одновременно припаивая новую микросхему. Этот подход был более дорогостоящим, к тому же существовал риск повреждения микросхем.

Получалось так, что микросхемы должны быть одновременно и припаянными, и легко заменяемыми. Этот принцип нашел свое применение в модулях SIMM. В качестве альтернативы установке отдельных микросхем памяти в абсолютном большинстве настольных систем используют модули SIMM, DIMM или RIMM. Это небольшие платы с микросхемами памяти, которые вставляются в специальные разъемы материнской платы. Отдельные микросхемы припаяны к плате модуля, так что их индивидуальное удаление и замена невозможны. Если какая-либо микросхема модуля выходит из строя, приходится заменять весь модуль. Таким образом, модуль памяти можно рассматривать как одну большую микросхему.

Сегодня существуют два основных типа модулей SIMM, три — модулей DIMM и только один тип модулей RIMM. Все они используются в настольных системах. Типы модулей различаются количеством выводов, шириной строки памяти или типом памяти.

К основным типам модулей SIMM относятся 30-контактный (8 бит плюс 1 дополнительный бит контроля четности) и 72-контактный (32 бит плюс 4 дополнительных бита контроля четности), обладающие различными свойствами. 30-контактный модуль SIMM имеет меньшие размеры, чем 72-контактный, причем микросхемы памяти в обоих случаях могут быть расположены как на одной стороне платы, так и на обеих. Модули SIMM широко использовались с конца 1980-х до конца 1990-х годов, однако сейчас их можно найти только в устаревших системах.

Как уже отмечалось, существуют три типа модулей DIMM, которые обычно содержат стандартные микросхемы SDRAM или DDR SDRAM и отличаются друг от друга физическими характеристиками. Стандартный модуль DIMM имеет 168 выводов, по одному радиусному пазу с каждой стороны и два паза в области контакта. Модуль DDR DIMM имеет 184 вывода, по два паза с каждой стороны и только один паз в области контакта. Модуль DDR2 DIMM имеет 240 выводов, два разъема на правой и левой стороне модуля и один — в центре контактной области. Длина тракта данных модулей DIMM может достигать 64 бит (без контроля четности) или 72 бит (с контролем четности или поддержкой кода коррекции ошибок ECC). На каждой стороне платы DIMM расположены различные выводы сигнала. Именно поэтому они называются модулями памяти с *двухрядным* расположением выводов. Эти мо-

дули примерно на один дюйм (25 мм) длиннее модулей SIMM, но благодаря своим свойствам содержат гораздо больше выводов.

Примечание

Многие пользователи, в том числе профессионалы, неверно трактуют термины "односторонний" и "двухсторонний" в контексте модулей памяти. На самом деле эти термины не имеют ничего общего с местом расположения микросхем памяти (на одной или двух сторонах модуля), а также не указывают, соответствует ли этот модуль типу SIMM или DIMM (т.е. расположены ли контактные выводы на одной стороне модуля или на обеих). На самом деле данные термины используются для обозначения модулей с одним или двумя банками микросхем памяти. Двухбанковый модуль DIMM имеет два 64-разрядных банка логически объединенных микросхем, т.е. оснащен в два раза бо́льшим количеством 64-разрядных рядов памяти, чем односторонний модуль. Как правило, микросхемы при этом размещаются по обе стороны модуля; таким образом, термин "двухсторонний" часто применяется для указания на то, что модуль оснащен двумя банками памяти, но это неверно с технической точки зрения. Модули с одним банком памяти (неправильно обозначаемые как односторонние) также могут иметь микросхемы памяти, установленные с обеих сторон модуля, в то время как модули с двумя банками (неверно обозначаемые как двухсторонние) могут представлять собой модуль с микросхемами, установленными лишь на одной стороне. Таким образом, вместо терминов "односторонний" и "двухсторонний" имеет смысл использовать более адекватные и технически обоснованные термины "однобанковый" и "двухбанковый".

Сигнальные выводы, расположенные на разных сторонах платы RIMM, также различны. Существуют три физических типа модулей RIMM: 16/18-разрядная версия со 184 выводами, 32/36-разрядная версия, имеющая 232 вывода, и 64/72-разрядная версия, содержащая 326 выводов. Размеры разъемов, используемых для установки модулей памяти, одинаковы, но расположение пазов в разъемах и платах RIMM различно, что позволяет избежать установки несоответствующих модулей. Любая системная плата поддерживает только один тип модулей памяти. Вначале наиболее распространенным типом являлась 16/18-разрядная версия; 32-разрядная версия модулей памяти была представлена в конце 2002 года, а 64-разрядная появилась в 2004 году.

Стандартный 16/18-разрядный модуль RIMM имеет 184 вывода, по одному пазу с каждой стороны и два симметрично расположенных паза в области контакта. Для приложений, не поддерживающих код коррекции ошибок (ECC), используются 16-разрядные версии, в то время как 18-разрядные включают в себя дополнительные биты, необходимые для поддержки ECC.

На рис. 6.3–6.9 показаны 30-контактный (8 бит) модуль SIMM, 72-контактный (32 бит) модуль SIMM, 168-контактный модуль SDRAM DIMM, 184-контактный модуль DDR SDRAM (64 бит) DIMM, 240-контактные модули DDR2 и DDR3 DIMM и 184-контактный модуль RIMM. Контакты пронумерованы слева направо и расположены с обеих сторон модуля SIMM. Контакты с каждой стороны модуля DIMM отличаются, а у модуля SIMM обе стороны идентичны. Обратите внимание на то, что размеры указаны как в миллиметрах, так и в дюймах (в скобках), а модули выпускаются как с проверкой четности ECC (используется один

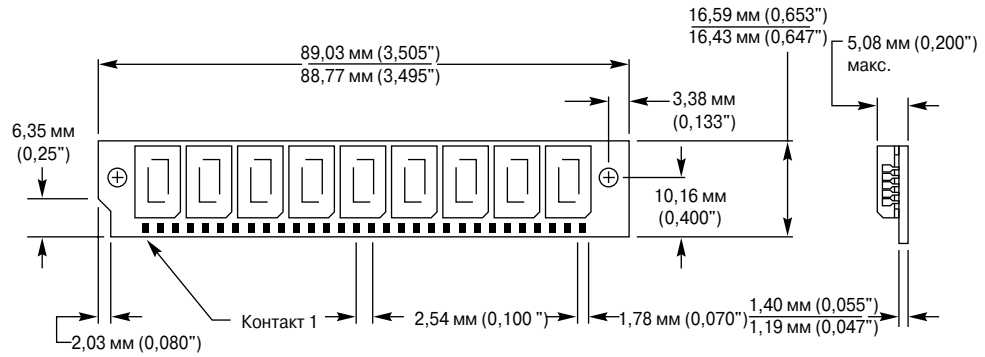


Рис. 6.3. Модуль SIMM (30-контактный)

дополнительный бит ECC, или четности, на каждые 8 бит данных, в результате чего ширина шины данных составляет 9 бит), так и без нее (в результате ширина шины данных составляет 8 бит).

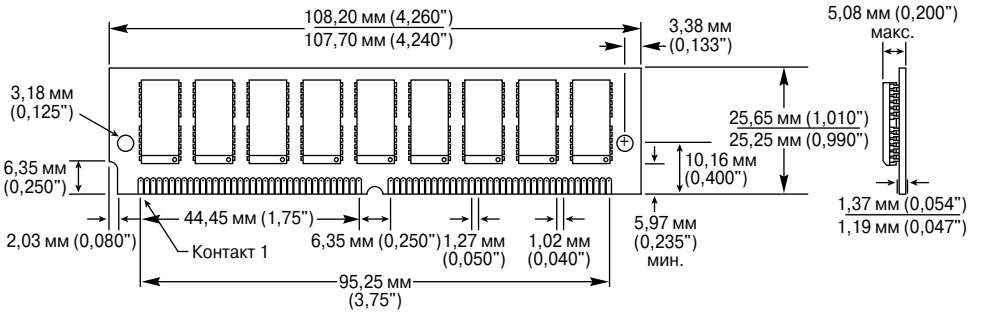


Рис. 6.4. Модуль SIMM (72-контактный)

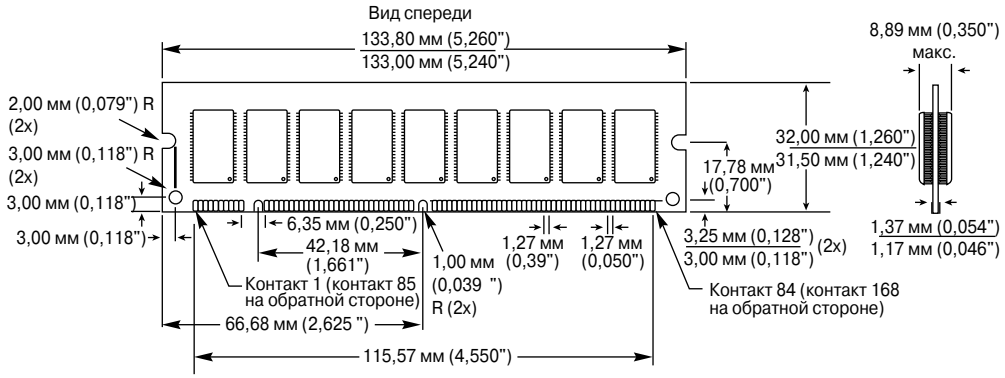


Рис. 6.5. Модуль SDRAM DIMM (168-контактный)

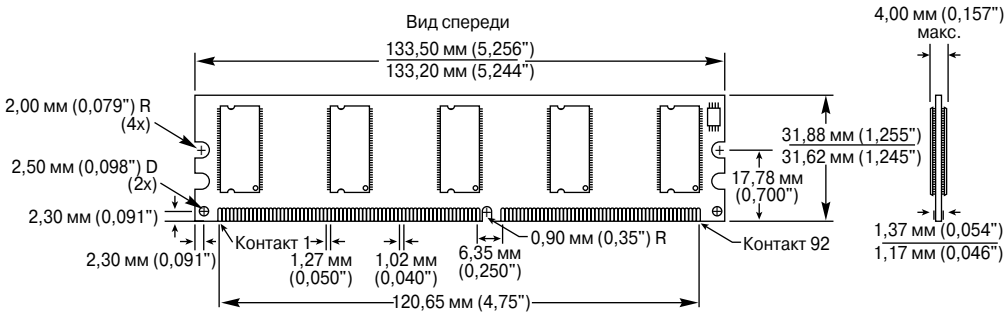


Рис. 6.6. Модуль DIMM памяти DDR SDRAM (184-контактный)

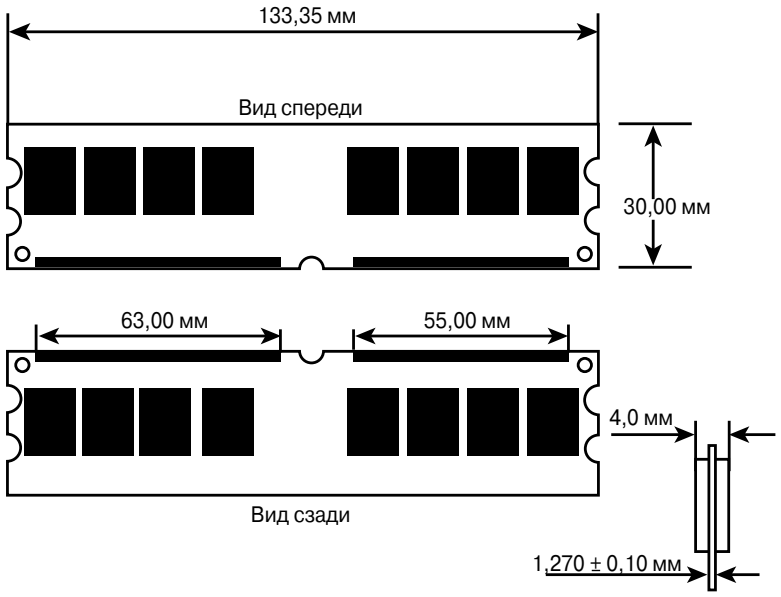


Рис. 6.7. Модуль DDR2 DIMM (240-контактный)

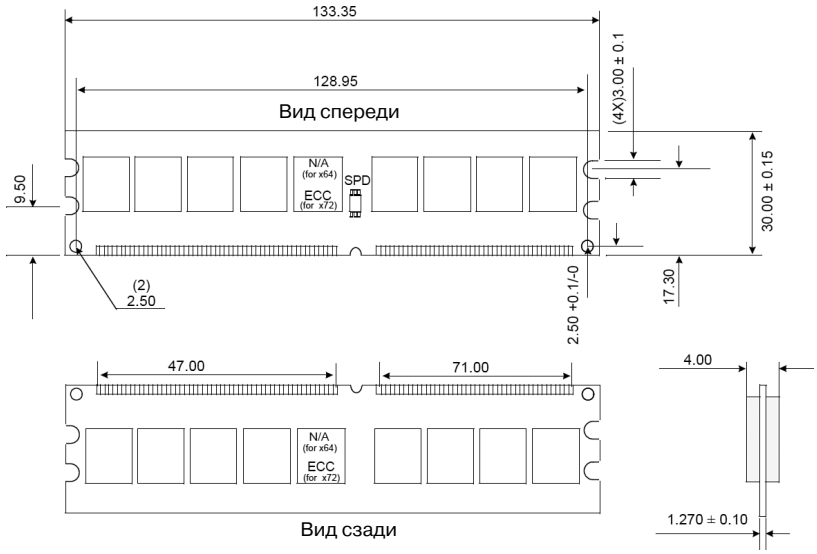


Рис. 6.8. Модуль DDR3 DIMM (240-контактный)

Модули памяти весьма компактны, учитывая их емкость. В настоящее время существует несколько их разновидностей, имеющих разные значения емкости и быстродействия. В табл. 6.13 приведены доступные емкости модулей SIMM, DIMM и RIMM.

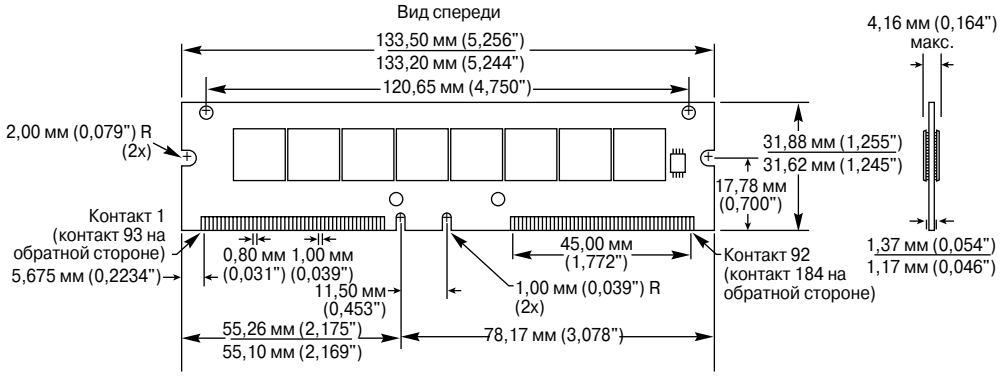


Рис. 6.9. Модуль RIMM (184-контактный)

Таблица 6.13. Емкость модулей SIMM, DIMM и RIMM

Емкость	Модули без контроля четности	Модули с контролем четности
	30-контактные модули SIMM	
256 Кбайт	256 Кбайт×8	256 Кбайт×9
1 Мбайт	1 Мбайт×8	1 Мбайт×9
4 Мбайт	4 Мбайт×8	4 Мбайт×9
16 Мбайт	8 Мбайт×8	8 Мбайт×9
	72-контактные модули SIMM	
1 Мбайт	256 Кбайт×32	256 Кбайт×36
2 Мбайт	512 Кбайт×32	512 Кбайт×36
4 Мбайт	1 Мбайт×32	1 Мбайт×36
8 Мбайт	2 Мбайт×32	2 Мбайт×36
16 Мбайт	4 Мбайт×32	4 Мбайт×36
32 Мбайт	8 Мбайт×32	8 Мбайт×36
64 Мбайт	16 Мбайт×32	16 Мбайт×36
128 Мбайт	32 Мбайт×32	32 Мбайт×36
	168/184-контактные модули DIMM/DDR DIMM	
8 Мбайт	1 Мбайт×64	1 Мбайт×72
16 Мбайт	2 Мбайт×64	2 Мбайт×72
32 Мбайт	4 Мбайт×64	4 Мбайт×72
64 Мбайт	8 Мбайт×64	8 Мбайт×72
128 Мбайт	16 Мбайт×64	16 Мбайт×72
256 Мбайт	32 Мбайт×64	32 Мбайт×72
512 Мбайт	64 Мбайт×64	64 Мбайт×72
1024 Мбайт	128 Мбайт×64	128 Мбайт×72
2048 Мбайт	256 Мбайт×64	256 Мбайт×72
4096 Мбайт	512 Мбайт×64	512 Мбайт×72
	240-контактные модули DDR2 DIMM	
256 Мбайт	32 Мбайт×72	32 Мбайт×64
512 Мбайт	64 Мбайт×72	64 Мбайт×64
1024 Мбайт	128 Мбайт×72	128 Мбайт×64
2048 Мбайт	256 Мбайт×64	256 Мбайт×72
	240-контактные модули DDR3 DIMM	
256 Мбайт	32 Мбайт×64	32 Мбайт×72
512 Мбайт	64 Мбайт×64	64 Мбайт×72
1024 Мбайт	128 Мбайт×64	128 Мбайт×72
2048 Мбайт	256 Мбайт×64	256 Мбайт×72

Окончание табл. 6.13

Емкость	Модули без контроля четности	Модули с контролем четности
	184-контактные модули RIMM	
64 Мбайт	32 Мбайт×16	32 Мбайт×18
128 Мбайт	64 Мбайт×16	64 Мбайт×18
256 Мбайт	128 Мбайт×16	128 Мбайт×18
512 Мбайт	256 Мбайт×16	256 Мбайт×18
1024 Мбайт	512 Мбайт×16	512 Мбайт×18

Модули памяти каждого из типов могут иметь различные быстродействия. Просмотрите документацию к системной плате, где указываются тип и скорость поддерживаемой оперативной памяти. Наилучшим вариантом будет память, скорость передачи данных которой (полоса пропускания) совпадает с производительностью шины процессора (FSB). Если в систему требуется установить память с определенной частотой, то всегда можно воспользоваться модулем, частота которого выше необходимой величины. Следует заметить, что каких-либо проблем при использовании модулей памяти с разными частотами обычно не возникает. Разница в их стоимости невелика, поэтому я обычно покупаю модули памяти, частота которых выше, чем необходимо для выполнения определенных приложений. Это позволяет использовать их при следующей модернизации системы.

Модули памяти DIMM и RIMM содержат встроенное ПЗУ (ROM), передающее параметры синхронизации и скорости модулей, поэтому рабочая частота контроллера памяти и шины памяти в большинстве систем соответствует наименьшей частоте установленных модулей DIMM/RIMM.

Примечание

Банк — это наименьший объем памяти, необходимый для формирования одинарной строки памяти, адресуемой процессором. Это минимальное количество считываемой или записываемой процессором физической памяти, которое обычно соответствует ширине шины данных процессора. Если процессор имеет 64-разрядную шину данных, то ширина банка памяти также составляет 64 бит. При использовании двухканальной или чередующейся памяти формируется виртуальный банк, ширина которого вдвое больше абсолютной ширины шины данных процессора.

Заменить модуль памяти модулем более высокой емкости, сохранив при этом работоспособность системы, не всегда возможно. Очень часто максимальный объем модуля, который можно установить, ограничен. Модули большей емкости будут работать, только если их установка допускается системной платой. Соответствующие сведения наверняка представлены в руководстве пользователя.

Регистровые модули

Существуют две версии модулей SDRAM и DDR — *небуферизированные* и *регистровые*. Большинство системных плат разработано для поддержки небуферизированных модулей памяти, в которых сигналы контроллера памяти передаются без помех или интерференции непосредственно микросхемам памяти. Это наиболее дешевый, эффективный и быстродействующий тип модулей. К его недостаткам относится лишь то, что разработчик системной платы должен определить количество модулей (точнее, число разъемов на системной плате), установка которых допустима, а также ограничить количество микросхем памяти, внедренных на одном модуле. Установка так называемых двухсторонних модулей, на самом деле имеющих два банка микросхем памяти, в некоторых системах и при определенных условиях может быть невозможна.

Для реализации поддержки особо большого объема RAM зачастую требуются регистровые модули. Они созданы на основе архитектуры, в которой регистровые микросхемы выступают в качестве интерфейса между микросхемами RAM и набором микросхем системной логики. Регистровые микросхемы временно хранят данные, передаваемые как микросхемам памяти,

так и от них. Это позволяет обслужить намного больше микросхем RAM, чем поддерживается набором микросхем системной логики. Также можно увеличить количество микросхем, устанавливаемых в один модуль. Благодаря регистровым модулям создаются системные платы, поддерживающие множество модулей памяти, каждый из которых содержит большее количество микросхем. Как правило, системные платы такого рода предназначены для серверов и рабочих станций, которым требуется поддержка более четырех разъемов памяти. Единственным исключением был, пожалуй, процессор Athlon 64 FX, который использовал регистровую память, так как был предназначен для гнезда Socket 940, изначально создававшегося для рабочих станций и серверов на базе процессора Opteron. Последующие версии Athlon FX для гнезд Socket 939, AM2 и Socket F не использовали регистровую память.

Для размещения микросхем буфера высота регистровых модулей DIMM была увеличена по сравнению со стандартными модулями DIMM. На рис. 6.10 для сравнения приведены типичные модули DIMM регистровой и небуферизированной памяти.

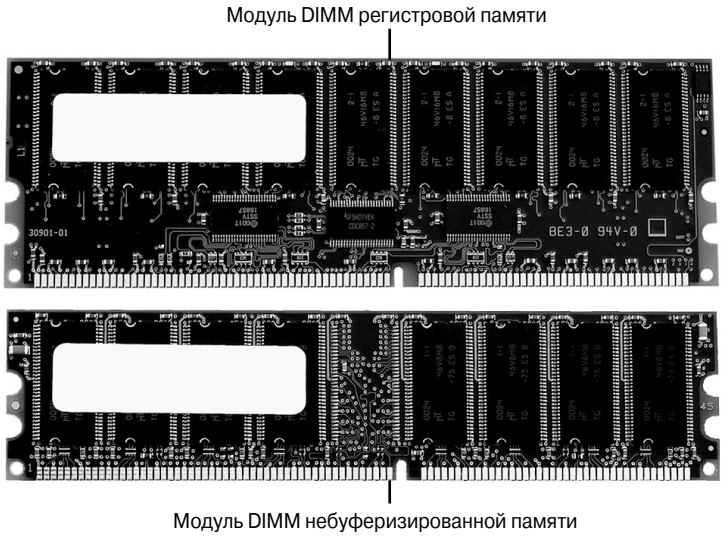


Рис. 6.10. Регистровые модули DIMM часто выше, чем стандартные модули DIMM

Совет

Если необходимо установить регистровые модули DIMM в узкий корпус, можно столкнуться с определенными сложностями. Некоторые компании предлагают низкопрофильные регистровые модули DIMM, высота которых не превышает высоту стандартных модулей DIMM. Обязательно следует обратить внимание на данные модули, если в вашей системе недостаточно места для установки стандартных регистровых модулей DIMM. Некоторые компании продают только такие модули DIMM, которые подходят для определенных моделей компьютерных систем.

Следует использовать только те типы модулей памяти, которые поддерживают материнская плата и ее набор микросхем системной логики. В подавляющем большинстве систем это стандартные модули небуферизированной памяти и только в редких случаях — регистровые модули.

Сведения о SIMM

72-контактные модули используют четыре или пять выводов для определения системной платой типа установленного модуля SIMM. Подобные выводы (контакты) заземлены или ни к чему не подключены. Выводы обнаружения должны быть заземлены через резистор сопротивлением 0 Ом (кроме того, на модуле могут находиться специальные перемычки), благодаря

чему генерируется высокий логический уровень, если контакт открыт, или низкий, если контакт заземлен на системную плату. В результате получаются сигналы, которые может декодировать логический интерфейс памяти. Если системная плата использует сигналы обнаружения модулей, процедура POST может определить объем и быстродействие установленных модулей памяти SIMM, а затем автоматически откорректировать сигналы управления и адресации. В результате становится возможной работа функции автоматического определения объема и быстродействия памяти.

Примечание

Принципы использования контактов обнаружения модулей во многом похожи на стандартный механизм кодирования DX, используемый для определения чувствительности 35-миллиметровой фотопленки. Когда пленка вставляется в фотоаппарат, электрические контакты определяют ее характеристики.

В табл. 6.14 представлены конфигурации обнаружения 72-контактных модулей SIMM, утвержденных комитетом JEDEC. Это организация, созданная производителями полупроводниковых устройств, которая занимается разработкой стандартов.

Таблица 6.14. Конфигурации обнаружения 72-контактных модулей SIMM

Объем, Мбайт	Быстродействие, нс	Контакт 67	Контакт 68	Контакт 69	Контакт 70	Контакт 11
1	100	Общий	---	Общий	Общий	---
1	80	Общий	---	---	Общий	---
1	70	Общий	---	Общий	---	---
1	60	Общий	---	---	---	---
2	100	---	Общий	Общий	Общий	---
2	80	---	Общий	---	Общий	---
2	70	---	Общий	Общий	---	---
2	60	---	Общий	---	---	---
4	100	Общий	Общий	Общий	Общий	---
4	80	Общий	Общий	---	Общий	---
4	70	Общий	Общий	Общий	---	---
4	60	Общий	Общий	---	---	---
8	100	---	---	Общий	Общий	---
8	80	---	---	---	Общий	---
8	70	---	---	Общий	---	---
8	60	---	---	---	---	---
16	80	Общий	---	---	Общий	Общий
16	70	Общий	---	Общий	---	Общий
16	60	Общий	---	---	---	Общий
16	50	Общий	---	Общий	Общий	Общий
32	80	---	Общий	---	Общий	Общий
32	70	---	Общий	Общий	---	Общий
32	60	---	Общий	---	---	Общий
32	50	---	Общий	Общий	Общий	Общий

Прочерк означает "Не подключен (открыт)".

Контакт 67 — сигнал Presence detect 1.

Контакт 68 — сигнал Presence detect 2.

Контакт 69 — сигнал Presence detect 3.

Контакт 70 — сигнал Presence detect 4.

Контакт 11 — сигнал Presence detect 5.

К сожалению, в отличие от фотоиндустрии, в компьютерной промышленности далеко не все придерживаются стандартов. В результате, помимо стандартных, используются и нестандартные конфигурации обнаружения модулей. Различные компании-производители используют собственные разработки. Например, собственные конфигурации использовали Compaq,

IBM (преимущественно в системах PS/2) и Hewlett-Packard. Во многих системах производства данных компаний использовались специальные модули SIMM, которые очень похожи на обычные 72-контактные, за исключением нестандартных конфигураций обнаружения. В качестве примера в табл. 6.15 представлены конфигурации, используемые компанией IBM.

Таблица 6.15. Конфигурации обнаружения 72-контактных модулей SIMM производства компании IBM

Контакт 67	Контакт 68	Контакт 69	Контакт 70	Тип модуля SIMM	Шифр компонента IBM
—	—	—	—	Недопустимый модуль SIMM	—
Общий	—	—	—	1 Мбайт, 120 нс	—
—	Общий	—	—	2 Мбайт, 120 нс	—
Общий	Общий	—	—	2 Мбайт, 70 нс	92F0102
—	—	Общий	—	8 Мбайт, 70 нс	64F3606
Общий	—	Общий	—	Зарезервирован	—
—	Общий	Общий	—	2 Мбайт, 80 нс	92F0103
Общий	Общий	Общий	—	8 Мбайт, 80 нс	64F3607
—	—	—	Общий	Зарезервирован	—
Общий	—	—	Общий	1 Мбайт, 85 нс	90X8624
—	Общий	—	Общий	2 Мбайт, 85 нс	92F0104
Общий	Общий	—	Общий	4 Мбайт, 70 нс	92F0105
—	—	Общий	Общий	4 Мбайт, 85 нс	79F1003 (квадратный ключ) L40-SX
Общий	—	Общий	Общий	1 Мбайт, 100 нс	—
Общий	—	Общий	Общий	8 Мбайт, 80 нс	79F1004 (квадратный ключ) L40-SX
—	Общий	Общий	Общий	2 Мбайт, 100 нс	—
Общий	Общий	Общий	Общий	4 Мбайт, 80 нс	87F9980
Общий	Общий	Общий	Общий	2 Мбайт, 85 нс	79F1003 (квадратный ключ) L40SX

Прочерк означает "Не подключен (открыт)".

Контакт 67 — сигнал Presence detect 1.

Контакт 68 — сигнал Presence detect 2.

Контакт 69 — сигнал Presence detect 3.

Контакт 70 — сигнал Presence detect 4.

Из-за использования разными компаниями различных схем обнаружения при заказе новых модулей памяти приходится указывать название компании-производителя (IBM, Compaq, HP) или предоставлять информацию о том, что используются стандартные 72-контактные модули SIMM. В настоящее время подобные модули памяти можно найти разве что у компаний, занимающихся сервисным обслуживанием компьютерной техники. Также не забывайте о необходимости согласования материала контактов на модуле памяти и в разъеме для его установки. Это может быть олово или золото; при несоответствии материала контакта материалу разъема может возникнуть коррозия.

Предупреждение

Чтобы обеспечить наибольшую стабильность в работе системы, в которой используются модули SIMM, обязательно вставляйте модули с позолоченными контактами в разъемы с позолоченными контактами, а модули с оловянными контактами — в разъемы с оловянными контактами. В противном случае уже через полгода-год в работе системы могут наблюдаться сбои. Это основная проблема, связанная с системами, в которых используются 72-контактные модули памяти. Одни производители модулей и разъемов отдали предпочтение олову, в то время как другие — золоту. Согласно исследованиям, проведенным компанией AMP, одним из крупнейших производителей различных разъемов, согласование материала контактов на модулях и в разъемах — чрезвычайно важная задача.

Если вам приходится обслуживать компьютерные системы, в которых одновременно имеются оловянные и позолоченные контакты, используйте специальные средства для очистки контактов, в частности Stabilant 22 производства компании D.W. Electrochemicals. На сайте этой компании (`www.stabilant.com`) можно найти более подробную информацию по данному вопросу.

Сведения о SDR DIMM

В модуле DIMM используется технология определения наличия микросхем *методом последовательного поиска* (Serial Presence Detect — SPD). Для реализации этого метода в модуле DIMM предусмотрена небольшая микросхема EEPROM или даже микросхема флеш-памяти, которая содержит описание DIMM в специальном формате. Эти последовательно поступающие данные могут считываться через специальные контакты, что позволяет системной плате автоматически выбирать конфигурацию, в точности соответствующую типу установленного модуля DIMM.

Существует несколько разновидностей модулей DIMM, например модули памяти с буфером и без буфера, с напряжением питания 3,3 и 5 В. Буферизированные модули DIMM содержат дополнительные микросхемы буфера, используемые для взаимодействия с системной платой. К сожалению, микросхемы буфера замедляют работу модулей DIMM и поэтому совершенно неэффективны при высоких скоростях. Исходя из этих соображений, в подавляющем большинстве ПК используются небуферизированные модули DIMM. Напряжение питания большинства модулей DIMM, предназначенных для ПК, составляет 3,3 В. Установка 5-вольтного модуля памяти в разъем на 3,3 В приведет к его повреждению. Чтобы этого избежать, в разъемах и модулях памяти используются соответствующие ключи.

Буферизированные модули памяти с рабочим напряжением 5 В обычно используются в компьютерах Apple, а также в других системах, не относящихся к семейству x86. К счастью, установочные ключевые пазы модулей DIMM различных типов расположены по-разному (рис. 6.11). Подобная конструкция позволяет избежать установки модуля памяти в разъем другого типа.

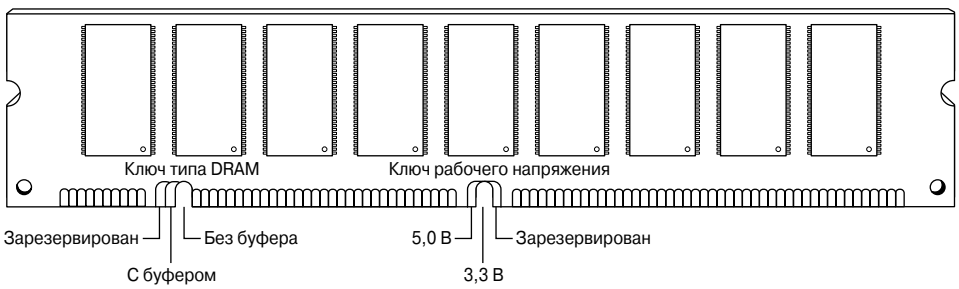


Рис. 6.11. Ключ 168-контактного модуля памяти DRAM DIMM

Сведения о DDR DIMM

Модуль DIMM памяти DDR SDRAM имеет ключ, который указывает на используемое напряжение (рис. 6.12).

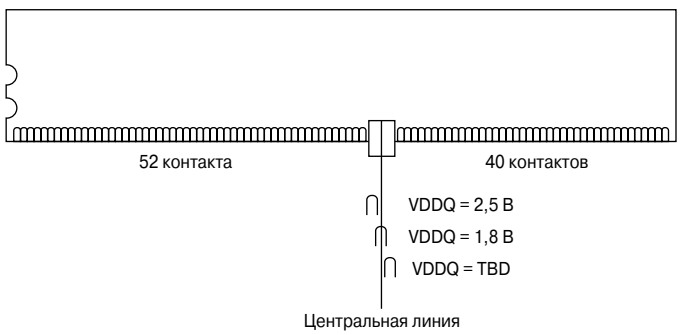


Рис. 6.12. Ключ 184-контактного модуля DIMM памяти DDR SDRAM

По обеим сторонам модуля расположены два паза, предназначенные для обеспечения совместимости с разъемами памяти разных профилей. Расположение ключа (слева, в центре или справа от промежутка между контактами 52 и 53) не только соответствует определенному напряжению, но и предотвращает установку модуля в не подходящий для него разъем.

Сведения о DDR2 DIMM

Модули DDR2 DIMM с 240 контактами имеют по два ключа на каждой стороне модуля, что обеспечивает совместимость модулей с низко- и высокопрофильными фиксаторами разъемов системной платы. Ключ соединителя смещен по отношению к центру модуля DIMM во избежание установки модуля обратной стороной в разъем. Метка ключа размещена в центре между контактами 64 и 65 передней стороны модуля (между контактами 184 и 185 на задней стороне). Все модули DDR2 DIMM работают с напряжением 1,8 В, поэтому ключ напряжения отсутствует.

Сведения о DDR3 DIMM

Модули DDR3 DIMM с 240 контактами имеют по два ключа на каждой стороне, что обеспечивает совместимость модулей с низко- и высокопрофильными фиксаторами разъемов системной платы. Ключ соединителя смещен по отношению к центру модуля DIMM во избежание установки модуля обратной стороной в разъем. Метка ключа размещена в центре между контактами 48 и 49 передней стороны модуля (между контактами 168 и 169 на задней стороне). Все модули DDR3 DIMM работают с напряжением 1,5 В, поэтому ключ напряжения отсутствует.

Сведения о RIMM

Модули RIMM имеют посередине два ключа, которые, с одной стороны, предотвращают неправильную установку в разъем, а с другой — указывают рабочее напряжение. В настоящее время практически все модули RIMM имеют рабочее напряжение 2,5 В, новые 64-разрядные версии получат рабочее напряжение только 1,8 В. Для новых типов модулей предназначены дополнительные ключи (рис. 6.13). Один из ключей в модуле имеет фиксированное положение (он называется *DATUM A*), а на тип используемого модуля указывает другой ключ, который расположен на некотором расстоянии (с приращением 1 или 2 мм) от первого ключа DATUM A. В настоящее время используются модули типа A (2,5 В). Параметры ключей и их назначение приведены в табл. 6.16.

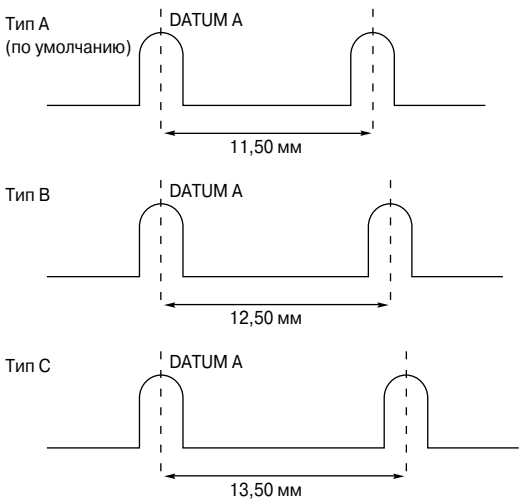


Рис. 6.13. Расположение ключей модулей RIMM

Таблица 6.16. Параметры ключей модулей RIMM и их назначение

Тип	Расстояние от ключа DATUM A, мм	Описание
A	11,5	2,5 В
B	12,5	Зарезервирован
C	13,5	Зарезервирован

В каждом модуле RIMM устанавливается микросхема SPD, которая представляет собой перезаписываемое ПЗУ. В нем хранится информация о размере и типе RIMM, включающая более подробные сведения для контроллера памяти. Контроллер считывает эту информацию и конфигурирует с ее помощью установленную память.

На рис. 6.14 показана схема установки модуля RIMM. Котроллер RDRAM и тактовый генератор обычно устанавливаются на системной плате и являются частью северного моста. Как видите, три модуля RIMM подключаются последовательно к контроллеру памяти. Каждый модуль содержит 4, 8 или 16 микросхем RDRAM, а также микросхему SPD. Каждый новый модуль RIMM необходимо подключать непосредственно за последним установленным. В пустые разъемы необходимо устанавливать модули согласования. Временны*е* характеристики работы памяти накладывают ограничение на расстояние между первым разъемом RIMM и контроллером памяти на системной плате — не более 6 дюймов (15 мм). Общая длина шины не должна превышать расстояние, которое сигнал пройдет за четыре такта (около 5 нс).

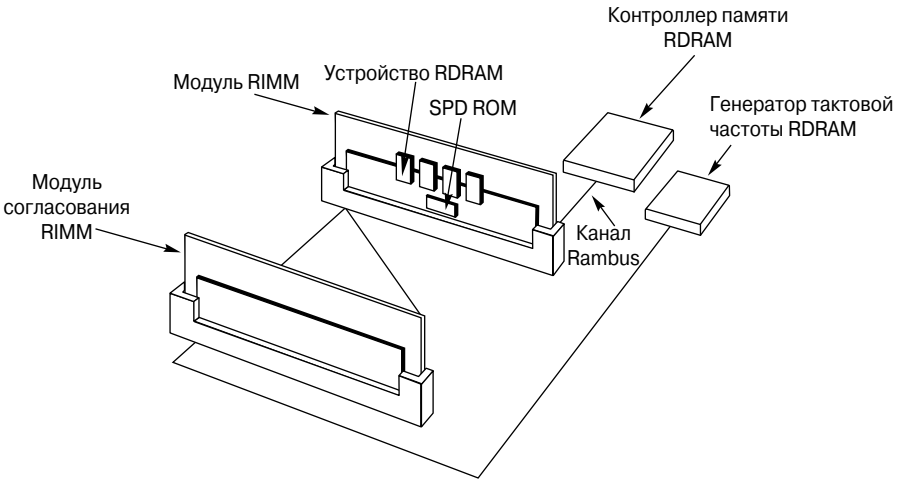


Рис. 6.14. Установка модулей RIMM на системной плате

Интересно, что компания Rambus не производит ни микросхем RDRAM, ни модулей RIMM; это делают другие компании. Rambus специализируется на разработке микросхем, а не на их производстве, позволяя другим компаниям использовать ее технологию при производстве устройств и модулей.

Определение объема и других характеристик модулей памяти

На большинстве модулей памяти есть наклейка с указанием его типа, быстродействия, объема и производителя. Если необходимо определить, можно ли использовать имеющийся в наличии модуль в новом компьютере, или заменить модуль памяти в старом компьютере, сведения, представленные на наклейке, могут оказаться весьма кстати. На рис. 6.15 показана маркировка типичных модулей DDR объемом 512 Мбайт и 1 Гбайт производства компании Crucial Technologies.



1 — объем модуля
2 — тип быстродействия модуля
3 — временная задержка CAS
4 — шифр компонента Crucial Technology

Рис. 6.15. Маркировки модулей памяти DDR объемом 512 Мбайт (вверху) и 1 Гбайт (внизу) производства компании Crucial Technology

Даже если на модулях нет никаких наклеек, все необходимые характеристики модулей все равно можно узнать. Предположим, у вас есть модуль памяти, содержащий микросхемы со следующей маркировкой:

```
MT46V64M8TG-75
```

Обратившись к любой поисковой системе, например Google, и задав маркировку микросхемы, можно получить все необходимые сведения. Рассмотрим пример. Предположим, у нас есть регистровый модуль и необходимо узнать шифр компонента (part number) для микросхем памяти (как правило, это восемь или более микросхем), а не для микросхем буфера на модуле (от одной до трех микросхем в зависимости от конкретного модуля). В данном случае мы имеем дело с микросхемой производства Micron, характеристики которой определяются следующим образом.

- `MT` — Micron Technologies (производитель микросхем памяти).
- `46` — DDR SDRAM.
- `V` — напряжение питания 2,5 В.
- `64M8` — 8 млн. строк × 8 (равно 64) × 8 банков (часто задается в виде 64 Meg × 8).

- `TG` — 66-контактный корпус микросхемы TSOP.
- `-75` — время доступа 7,5 нс при задержке CL2 (DDR 266).

Полная спецификация данного модуля доступна по такому адресу:

`http://download.micron.com/pdf/datasheets/dram/ddr/512MBDDRx4x8x16.pdf`

Из данного документа можно почерпнуть следующие сведения.

- Модуль соответствует стандарту DDR266 и рассчитан на стандартное напряжение питания 2,5 В.
- Модуль характеризуется временной задержкой CL2, а значит, его можно использовать в системах, требующих модулей с задержкой CL2 или большей (такой, как CL2.5 или CL3).
- Емкость каждой микросхемы составляет 512 Мбит (64 × 8 = 512).
- Каждая микросхема содержит 8 бит. Поскольку 8 бит образуют 1 байт, емкость модуля можно вычислить, объединив микросхемы памяти в группы по 8 штук. Если емкость каждой микросхемы составляет 512 Мбит, то емкость группы из 8 микросхем составит 512 Мбайт (512 Мбит × 8 = 512 Мбайт). Двухбанковый модуль содержит 2 группы по 8 микросхем общей емкостью 1 Гбайт (2 × 512 Мбит × 8 = 1024 Мбайт, или 1 Гбайт).

Если же модуль содержит 9 микросхем вместо 8 (или же 18 вместо 16), дополнительные чипы используются для проверки четности и поддержки ECC; подобные модули памяти чаще всего используются в серверах.

Чтобы определить емкость модуля памяти в мега- или гигабайтах, а также выяснить, поддерживает ли этот модуль ECC, подсчитайте количество микросхем на модуле и воспользуйтесь сведениями из табл. 6.17. Обратите внимание на то, что если количество микросхем составляет 8, то емкость микросхемы в мегабитах совпадает с емкостью модуля в мегабайтах.

Таблица 6.17. Объем модуля памяти при использовании микросхем емкостью 512 Мбит (64 Мбит × 8)

Количество микросхем	Количество битов в каждом банке	Объем модуля	Поддержка ECC	Один или два банка
8	64	512 Мбайт	Нет	Один
9	72	512 Мбайт	Да	Один
16	64	1 Гбайт	Нет	Два
18	72	1 Гбайт	Да	Два

Регистровый модуль содержит 9 или 18 микросхем памяти для обеспечения поддержки ECC и буфера. Дополнительные микросхемы обычно имеют меньший размер и располагаются по центру модуля (см. рис. 6.10).

Примечание

Некоторые модули памяти содержат 16-битовые микросхемы. В данном случае для получения однобанкового модуля достаточно 4 микросхем (5 микросхем в случае поддержки четности/ECC), а для получения двухбанкового модуля — 8 микросхем (10 микросхем в случае поддержки четности/ECC). Объем подобных модулей обычно указывается в следующем виде: емкость микросхемы × 16, например 256 Мбит × 16.

Все необходимые сведения можно получить, введя название компании-производителя, тип памяти, а также тип организации модуля в соответствующем поле вашей любимой поисковой машины в Интернете. В частности, если задать тему `Micron 64 Meg x 8 DDR DIMM`, можно найти сведения о модулях объемом от 64 до 512 Мбайт производства компании Micron:

`http://www.micron.com/products/support/designsupport/tools/ddrtoolbox/designfiles`

В таблице указываются тип организации модуля DIMM, плотность SDRAM и прочая информация о перечисленных модулях.

Как видите, немного поиграв в Шерлока Холмса, можно определить объем, быстродействие, а также тип модуля памяти, причем даже в том случае, если на модуле нет никаких наклеек. Главное, чтобы маркировка была хотя бы на микросхемах.

Совет

Для идентификации модулей памяти и получения полезных сведений о компонентах компьютера, в частности о наборе микросхем системной логики, процессоре, свободных разъемах памяти на системной плате и т.д., можно использовать программы HWinfo и SiSoftware Sandra. Чтобы загрузить пробные версии этих программ, посетите сайты `www.hwinfo.com` и `www.sisoftware.net`.

Банки памяти

Расположенные на системной плате и модулях памяти микросхемы (DIP, SIMM, SIPP и DIMM) организуются в *банки памяти*. Иметь представление о распределении памяти между банками и их расположении на плате необходимо, например, в том случае, если вы собираетесь установить в компьютер дополнительную микросхему памяти.

Кроме того, диагностические программы выводят адреса байта и бита дефектной ячейки, по которым можно определить неисправный банк памяти.

Обычно разрядность банков равна разрядности шины данных процессора. Эти параметры для различных типов компьютеров приведены в табл. 6.18.

Таблица 6.18. Разрядность банков данных в различных системах

Процессор	Разрядность шины данных	Разрядность банка (без битов четности)	Разрядность банка (с битами четности)	Количество 8/9-разрядных модулей SIMM на один банк	Количество 32/36-разрядных модулей SIMM на один банк	Количество 64/72-разрядных модулей DIMM на один банк
8088	8	8	9	1	—	—
8086	16	16	18	2	—	—
286	16	16	18	2	—	—
386SX, SL, SLC	16	16	18	2	—	—
486SLC, SLC2	16	16	18	2	—	—
386DX	32	32	36	4	1	—
486SX, DX, DX2, DX4, 5x86	32	32	36	4	1	—
x86 и x86-64 в одноканальном режиме	64	64	72	—	—	1
x86 и x86-64 в двухканальном режиме	64	128	144	—	—	2
x86 и x86-64 в трехканальном режиме	64	192	216	—	—	3

Модули DIMM идеально подходят для систем с процессорами Pentium и более современными, поскольку 64-разрядная шина модулей полностью совпадает с шириной шины Pentium. Таким образом, каждый модуль DIMM представляет собой отдельный банк, а значит, подобные модули можно устанавливать и вынимать по одному. Многие современные системы проектируются таким образом, чтобы в них модули памяти использовались парами для обеспечения более высокого быстродействия. В данном случае речь идет о двухканальном режиме работы, при использовании которого пара модулей трактуется как одно устройство с шиной 128 бит (144 бит в случае модулей с поддержкой четности/ECC). В этом случае можно использовать и один модуль памяти, однако это не позволит обеспечить максимальное быстродействие системы.

Физическое расположение и нумерация разъемов SIMM и DIMM в значительной мере зависят от решения разработчиков системной платы, так что в данном случае под рукой лучше иметь руководство пользователя. Естественно, можно определить параметры материнской платы или адаптера с помощью тестирования, но это может отнять много времени и связано с риском возникновения проблем системного характера.

Предупреждение

Если компьютерная система поддерживает двухканальную память, обязательно устанавливайте модули в соответствующие разъемы на системной плате. Информация о том, какие разъемы необходимо использовать для обеспечения двухканального режима работы памяти, наверняка представлена в руководстве пользователя. Большинство системных плат, поддерживающих двухканальный режим работы памяти, допускают установку модулей без активизации двухканального режима, однако в данном случае быстродействие системы значительно снижается. Некоторые системы допускают двухканальный режим даже при использовании нечетного количества модулей, однако при условии, что суммарный объем модулей в каждом канале и их характеристики совпадают. В любом случае лучше подробно изучить документацию.

Быстродействие памяти

При замене неисправного модуля или микросхемы памяти новый элемент должен быть того же типа, а его время доступа — меньше или равно соответствующему показателю заменяемого модуля. Таким образом, заменяющий элемент может иметь и более высокое быстродействие.

Обычно проблемы возникают при использовании микросхем или модулей, не удовлетворяющих определенным (не слишком многочисленным) требованиям, например к длительности циклов регенерации. Можно также столкнуться с несоответствием в разводках выводов, емкости, разрядности или конструкции. Если вы не знаете, какие модули памяти позволяет использовать материнская плата, обратитесь к документации.

При установке более быстродействующих модулей памяти производительность компьютера, как правило, не повышается, поскольку система обращается к ней с прежней частотой. В системах, использующих модули DIMM и RIMM, быстродействие и прочие временны*е* характеристики считываются из специального ПЗУ SPD, установленного на модуле. После этого контроллер памяти конфигурируется с применением этих параметров. Производительность таких систем можно повышать, устанавливая более скоростные модули памяти, вплоть до предела, поддерживаемого набором микросхем системной логики.

Чтобы акцентировать внимание на проблемах синхронизации и надежности, компании Intel и JEDEC создали стандарты для высокоскоростных модулей памяти, определяющие их типы, удовлетворяющие определенным уровням быстродействия. Согласно этим стандартам и выполняется классификация модулей памяти по временны*м* характеристикам.

Основными признаками недостаточного быстродействия памяти или ее несоответствия временны*м* характеристикам системы являются ошибки памяти и четности, а также "зависание" и неустойчивая работа системы. В этом случае тест POST также может выдать ошибки. Если точно не известно, какие модули памяти допустимы для вашей системы, свяжитесь с производителем компьютера и постарайтесь приобрести модули памяти от хорошо зарекомендовавшего себя поставщика.

Контроль четности и коды коррекции ошибок (ECC)

Ошибки при хранении информации в оперативной памяти неизбежны. Обычно они классифицируются как аппаратные отказы и нерегулярные ошибки (сбои).

Если нормально функционирующая микросхема вследствие, например, физического повреждения начинает работать неправильно, то это называется аппаратным отказом. Чтобы устранить данный тип отказа, обычно требуется заменить некоторую часть аппаратных средств памяти, например неисправную микросхему, модуль SIMM или DIMM.

Другой, более коварный тип отказа — нерегулярная ошибка (сбой). Это непостоянный отказ, который не происходит при повторении условий функционирования или через регулярные интервалы. (Такие отказы обычно "лечатся" выключением питания компьютера и последующим его включением.)

Приблизительно двадцать лет назад сотрудники Intel установили, что причиной сбоев являются альфа-частицы. Поскольку альфа-частицы не могут проникнуть даже через тонкий лист бумаги, выяснилось, что их источником служит вещество, используемое в полупровод-

никах. При исследовании были обнаружены частицы тория и урана в пластмассовых и керамических корпусах микросхем, применявшихся в те годы. Изменив технологический процесс, производители памяти избавились от этих примесей.

В настоящее время производители памяти почти полностью устранили источники альфа-частиц. В связи с этим многие производители модулей памяти исключили из своей продукции поддержку проверки четности, несмотря на то, что не удалось полностью избавиться от сбоев памяти. Более поздние исследования показали, что альфа-частицы составляют лишь малую долю причин сбоев памяти.

На сегодняшний день самая главная причина нерегулярных ошибок — космические лучи. Поскольку они имеют очень большую проникающую способность, от них практически невозможно защититься с помощью экранирования. Это было подтверждено рядом исследований, проведенных компанией IBM под руководством доктора Дж. Ф. Зиглера.

Эксперимент по проверке степени влияния космических лучей на появление ошибок в работе микросхем показал, что соотношение "сигнал–ошибка" (Signal-to-Error Ratio — SER) для некоторых модулей DRAM составило 5950 единиц интенсивности отказов (Failure Units — FU) на миллиард часов наработки для каждой микросхемы. Измерения проводились в условиях, приближенных к реальным, с учетом длительности в несколько миллионов машино-часов. В среднестатистическом компьютере это означало бы появление программной ошибки памяти примерно каждые шесть месяцев. В серверных системах или мощных рабочих станциях с большим объемом установленной оперативной памяти подобная статистика указывает на одну ошибку (и даже более) в работе памяти каждый месяц! Когда тестовая система с теми же модулями DIMM была размещена в надежном убежище на глубине более 15 метров под слоем каменной породы, что полностью устраняет влияние космических лучей, программные ошибки в работе памяти вообще не были зафиксированы.

Ошибки, вызванные космическими лучами, представляют большую опасность для модулей SRAM, чем для DRAM, поскольку заряд, необходимый для хранения одного бита в ячейке SRAM, гораздо меньше емкости конденсатора в DRAM. Космические лучи также представляют большую опасность для микросхем памяти с повышенной плотностью. Чем выше плотность ячеек памяти, тем выше вероятность того, что космический луч заденет такую ячейку. Было доказано, что вероятность ошибки в микросхеме DRAM емкостью 64 Мбайт вдвое выше, чем в аналогичной микросхеме емкостью 16 Мбайт; а в микросхеме DRAM емкостью 256 Мбайт этот показатель и вовсе в четыре раза выше. Таким образом, с увеличением объема памяти увеличивается и частота ошибок.

К сожалению, производители ПК не признали это причиной погрешностей памяти; случайную природу сбоя намного легче оправдать разрядом электростатического электричества, большими выбросами мощности или неустойчивой работой программного обеспечения (например, использованием новой версии операционной системы или большой прикладной программы).

Исследования показали, что для систем ECC доля программных ошибок в 30 раз больше, чем аппаратных. И это неудивительно, учитывая вредное влияние космических лучей. Количество ошибок зависит от числа установленных модулей памяти и их объема. Программные ошибки могут случаться и раз в месяц, и несколько раз в неделю, и даже чаще!

Хотя космические лучи и радиация являются причиной большинства программных ошибок памяти, существуют и другие факторы.

- **Скачки в энергоснабжении или шум на линии.** Причиной может быть неисправный блок питания или настенная розетка.
- **Использование памяти с некорректным типом или характеристиками.** Тип памяти должен поддерживаться конкретным набором микросхем и обладать определенной этим набором скоростью доступа.
- **Радиочастотная интерференция.** Связана с расположением радиопередатчиков рядом с компьютером, что иногда приводит к генерированию паразитных электрических сиг-

налов в монтажных соединениях и схемах компьютера. Имейте в виду, что беспроводные сети, мыши и клавиатуры увеличивают риск появления радиочастотной интерференции.

- **Статические разряды.** Вызывают моментальные скачки в энергоснабжении, что может повлиять на целостность данных.
- **Ошибки синхронизации.** Не поступившие своевременно данные могут стать причиной появления программных ошибок. Зачастую причина заключается в неверных параметрах BIOS, оперативной памяти, быстродействие которой ниже, чем требуется системе, "разогнанных" процессорах и прочих системных компонентах.
- **Тепловыделение.** Скоростные модули памяти характеризуются более высокими рабочими температурами, чем модули устаревших типов. Первыми модулями, оснащенными теплорассеивателями, были модули RDRAM RIMM; сейчас теплорассеивателями оснащены многие производительные модули DDR и DDR2, так как это единственный способ борьбы с повышенным уровнем тепловыделения.

Большинство описанных проблем не приводит к прекращению работы микросхем памяти (хотя некачественное энергоснабжение или статическое электричество могут физически их повредить), однако могут повлиять на хранимые данные.

Игнорирование сбоев, конечно, — не лучший способ борьбы с ними. К сожалению, именно этот способ выбрали сегодня многие производители компьютеров. Лучше бы они повысили отказоустойчивость систем. Для этого необходимы механизмы определения и, возможно, исправления ошибок в памяти ПК. В основном для повышения отказоустойчивости в современных компьютерах применяются следующие методы:

- контроль четности;
- коды коррекции ошибок (ECC).

Системы без контроля четности вообще не обеспечивают отказоустойчивость. Единственная причина, по которой они используются, — их минимальная базовая стоимость. При этом, в отличие от других технологий, не требуется дополнительная оперативная память. Байт данных с контролем четности включает в себя 9, а не 8 бит, поэтому стоимость памяти с контролем четности выше примерно на 12,5%. Кроме того, контроллеры памяти, не требующие логических мостов для подсчета данных четности или ECC, имеют упрощенную внутреннюю архитектуру. Портативные системы, для которых вопрос минимального энергопотребления особенно важен, выигрывают от уменьшенного энергоснабжения памяти благодаря использованию меньшего количества микросхем DRAM. И наконец, шина данных памяти без контроля четности имеет меньшую разрядность, что выражается в сокращении количества буферов данных. Статистическая вероятность возникновения ошибок памяти в современных настольных компьютерах составляет примерно одну ошибку в несколько месяцев. При этом количество ошибок зависит от объема и типа используемой памяти.

Подобный уровень ошибок может оказаться приемлемым для обычных компьютеров, не используемых для работы с важными приложениями. В этом случае цена имеет основное значение, а дополнительная стоимость модулей памяти с поддержкой контроля четности и кода ECC себя не оправдывает, поэтому легче смириться с нечастыми ошибками.

Как бы там ни было, отсутствие отказоустойчивости в компьютерной системе является всего лишь спекуляцией на малой вероятности ошибок памяти. При этом также предполагается, что совокупная стоимость потерь, вызванная ошибками в работе памяти, будет меньше, чем затраты на приобретение дополнительных аппаратных устройств для определения таких ошибок. Тем не менее ошибки памяти вполне могут стать причиной серьезных проблем (например, представьте себе неверно указанное значение суммы в банковском чеке). Ошибки в работе оперативной памяти серверных систем зачастую приводят к "зависанию" последних и отключению всех клиентских компьютеров, соединенных с серверами по локальной сети.

Наконец, отследить причину возникновения проблем в компьютерах, не поддерживающих контроль четности или ECC, крайне сложно. Последние технологии по крайней мере однозначно укажут на оперативную память как на источник проблемы, тем самым экономя время и усилия системных администраторов.

Контроль четности

Это один из введенных IBM стандартов, в соответствии с которым информация в банках памяти хранится фрагментами по 9 бит, причем восемь из них (составляющих один байт) предназначены собственно для данных, а девятый является *битом четности*. Использование девятого бита позволяет схемам управления памятью на аппаратном уровне контролировать целостность каждого байта данных.

К сожалению, даже некоторые крупные производители компьютерных систем перестали использовать модули памяти с контролем четности для снижения стоимости своей продукции на 10–15%.

К счастью, с тех пор Intel и прочие производители наборов микросхем системной логики восстановили поддержку контроля четности и ECC в большинстве своих продуктов (особенно в наборах микросхем, ориентированных на рынок высокопроизводительных серверов). В то же время наборы микросхем низшей ценовой категории, как правило, не поддерживают эти технологии. Пользователям, требовательным к надежности выполняемых приложений, следует обращать особое внимание на поддержку контроля четности и ECC.

Схема проверки четности

При разработке стандарта контроля четности компания IBM определила, что значение бита четности задается таким, чтобы количество единиц во всех девяти разрядах (восемь разрядов данных и разряд четности) было *нечетным*. Другими словами, когда байт (8 бит) данных заносится в память, специальная схема контроля четности (микросхема, установленная на системной плате или на плате памяти) подсчитывает количество единиц в байте. Если оно четное, на выходе микросхемы формируется сигнал логической единицы, который сохраняется в соответствующем разряде памяти как девятый бит (бит четности). Общее количество единиц во всех девяти разрядах при этом становится нечетным. Если же количество единиц в восьми разрядах исходных данных нечетное, то бит четности равен нулю и сумма двоичных цифр в девяти разрядах также остается нечетной.

Рассмотрим конкретный пример (имейте в виду, что разряды в байте нумеруются начиная с нуля, т.е. 0, 1, 2, ..., 7).

```
Разряд данных: 0 1 2 3 4 5 6 7    Бит четности
Значение бита: 1 0 1 1 0 0 1 1    0
```

В данном случае общее число единичных битов данных нечетное (5), поэтому бит четности должен быть равен нулю.

Рассмотрим еще один пример.

```
Разряд данных: 0 1 2 3 4 5 6 7    Бит четности
Значение бита: 0 0 1 1 0 0 1 1    1
```

В этом примере общее число единичных битов данных четное (4), поэтому бит четности должен быть равен единице, чтобы количество единиц во всех девяти разрядах было нечетным.

При считывании из памяти та же самая микросхема проверяет информацию на четность. Если в 9-разрядном байте число единиц четное, значит, при считывании или записи данных произошла ошибка. Определить, в каком разряде она произошла, невозможно (нельзя даже выяснить количество испорченных разрядов). Более того, если сбой произошел в трех разрядах (в нечетном их количестве), то ошибка будет зафиксирована; однако при двух ошибочных разрядах (или четном их количестве) сбой не регистрируется. Поскольку одновременная ошибка в нескольких разрядах одного байта крайне маловероятна, такая схема проверки была недорогой и при этом позволяла с большой вероятностью определять ошибки в памяти.

Сообщения об ошибках четности в разных компьютерах имеют следующий вид:

```
В IBM PC:                          PARITY CHECK x
В IBM XT:                          PARITY CHECK x      yyyyy (z)
В IBM AT и последних моделях XT:   PARITY CHECK x      yyyyy
```

где x может принимать значение 1 (ошибка произошла на системной плате) или 2 (ошибка произошла в разъеме расширения). Символы yyyyy — это шестнадцатеричное число от 00000 до FFFFF, указывающее адрес байта, в котором произошла ошибка. Символ z может принимать значение S (ошибка четности в системном блоке) или e (ошибка четности в корпусе-расширителе).

Примечание

Компания IBM разработала корпуса-расширители для компьютеров PC и XT, чтобы увеличить количество разъемов расширения.

При обнаружении ошибки схема контроля четности на системной плате формирует *немаскируемое прерывание*[1] (*NMI*), по которому основная работа прекращается и инициируется специальная процедура, записанная в BIOS. В результате ее выполнения экран очищается и в левом верхнем углу выводится сообщение об ошибке. В некоторых старых компьютерах IBM при выполнении указанной процедуры работа процессора приостанавливается, компьютер блокируется и пользователю приходится перезапускать его с помощью кнопки сброса или выключать и через некоторое время вновь включать питание. При этом, естественно, теряется вся несохраненная информация.

В большинстве компьютеров в случае ошибки четности процессор не останавливает свою работу и пользователю предоставляется возможность либо перезагрузить компьютер, либо продолжить работу, как будто ничего не случилось. В подобных системах сообщение об ошибке может выглядеть иначе, чем в компьютерах IBM, хотя общий его смысл, конечно же, остается прежним. Например, во многих компьютерах с BIOS от компании Phoenix выводится сообщение

```
Memory parity interrupt at xxxx:xxxx
Type (S)hut off NMI, Type (R)eboot, other keys to continue
```

или

```
I/O card parity interrupt at xxxx:xxxx
Type (S)hut off NMI, Type (R)eboot, other keys to continue
```

Первое появляется при ошибке четности на системной плате, а второе — при ошибке четности в слоте расширения. Обратите внимание на то, что адрес памяти xxxx:xxxx выводится в формате *[сегмент]:[смещение]*, а не в линейном виде, как в компьютерах IBM. Но в любом случае местоположение байта с ошибкой определяется однозначно.

После просмотра сообщения об ошибке возможны следующие варианты действий:

- нажмите клавишу <S>, чтобы выключить контроль четности и восстановить работу системы с момента первой ошибки четности;
- нажмите клавишу <R>, чтобы перезагрузить компьютер с потерей всех несохраненных данных;
- нажмите любую другую клавишу, чтобы продолжить прерванную операцию без отключения контроля четности.

Если ошибка “хроническая”, скорее всего, в ближайшее время произойдет следующее прерывание, вызванное контролем четности. Как правило, лучше всего нажать клавишу <S>, от-

[1] Немаскируемое прерывание — это системное предупреждение, которое программы не могут проигнорировать. — *Примеч.ред.*

ключив контроль четности, что позволит сохранить информацию. Запишите нужную информацию на дискету или флеш-карту, чтобы случайно не испортить жесткий диск. Не удаляйте старую версию файла (пока еще хорошую), так как при сбоях памяти новая сохраненная информация может быть испорчена. Поскольку контроль четности отключен, операции сохранения будут выполнены без прерываний. После этого выключите компьютер, включите его снова и запустите программу диагностики памяти для выяснения причины ошибки. Иногда ошибка обнаруживается процедурой POST непосредственно при загрузке, но чаще приходится использовать более сложные диагностические программы.

Базовая система ввода-вывода компании AMI выводит следующие сообщения об ошибках четности:

```
ON BOARD PARITY CHECK ADDR (HEX) = (xxxxx)
```

и

```
OFF BOARD PARITY CHECK ADDR (HEX) = (xxxxx)
```

Эти сообщения указывают на то, что при выполнении процедуры POST обнаружена ошибка по указанному адресу памяти. Первое сообщение появляется при ошибке на системной плате, второе — при ошибке на плате адаптера в слоте расширения. AMI BIOS может выдавать также сообщения об ошибках в памяти:

```
Memory parity error at xxxxx
```

и

```
I/O card parity error at xxxxx
```

Эти сообщения появляются при возникновении ошибок в процессе работы (а не при выполнении процедуры POST); первое относится к памяти на системной плате, второе — к памяти на плате адаптера в разъеме расширения.

Несмотря на то что во многих системах при появлении ошибки четности работу можно продолжать (можно даже отключить ее дальнейший контроль), игнорировать неисправность опасно. Указанная возможность нужна лишь для того, чтобы можно было сохранить информацию, а затем выполнить диагностику и отремонтировать компьютер.

Учтите, что содержание сообщений зависит не только от версии микросхемы ROM BIOS, но и от используемой операционной системы. Операционные системы с защищенным режимом, к числу которых относится большинство версий Windows, перехватывают возникающие ошибки и загружают собственную программу их обработки. Обработчик ошибок, в свою очередь, выводит на экран собственное сообщение об ошибке, отличающееся от характерных для ROM BIOS. В этих сообщениях, появляющихся на синем экране или в каком-либо другом виде, обычно указывается, что данная ошибка связана с памятью или контролем четности. Например, при возникновении ошибки подобного рода Windows 98 выводит на экран следующее сообщение:

```
Memory parity error detected. System halted.
```

Предупреждение

Если появляется сообщение об ошибке четности, значит, содержимое памяти искажено. Подумайте, стоит ли записывать искаженные данные вместо сохраненных в прошлый раз? Безусловно, нет! Лучше записать файл под измененным именем. Кроме того, в случае ошибки четности постарайтесь сохранить работу только на дискете или устройстве USB и избегайте записи на жесткий диск — не исключена вероятность (хотя и небольшая) повреждения жесткого диска при записи на него искаженного содержимого памяти.

После сохранения работы можно попытаться определить причину ошибки и отремонтировать компьютер. Возможно, у вас возникнет желание отключить контроль четности и продолжить работу, как ни в чем не бывало. Но имейте в виду, что это почти то же самое, что выкрутить датчик индикатора давления масла в протекающем двигателе автомобиля (чтобы аварийная лампочка не действовала на нервы).

Код коррекции ошибок

Коды коррекции ошибок (Error Correcting Code — ECC) позволяют не только обнаружить ошибку, но и исправить ее в одном разряде. Поэтому компьютер, в котором используются подобные коды, в случае ошибки в одном разряде может работать без прерывания, причем данные не будут искажены. Коды коррекции ошибок в большинстве ПК позволяют только обнаруживать, но не исправлять ошибки в двух разрядах. В то же время приблизительно 98% сбоев памяти вызвано именно ошибкой в одном разряде, т.е. она успешно исправляется с помощью данного типа кодов. Данный тип ECC получил название *SEC-DED* (эта аббревиатура расшифровывается как "одноразрядная коррекция, двухразрядное обнаружение ошибок"). В кодах коррекции ошибок этого типа для каждых 32 бит требуется дополнительно семь контрольных разрядов при 4-байтовой и восемь — при 8-байтовой организации. По этой причине можно купить для 32-разрядных систем модули SIMM (36 бит), DIMM (72 бит) или RIMM (18 бит) и использовать их в режиме ECC, если коды коррекции ошибок поддерживаются набором микросхем системной логики. Если в системе используются модули SIMM, можно сформировать банк памяти (72 бит) из двух 36-разрядных модулей и ECC использовать на уровне банка. Если в системе используются модули DIMM, то в качестве банка может выступать один 72-разрядный модуль, обеспечивая необходимое количество дополнительных битов памяти. В случае использования модулей RIMM для организации проверки четности следует отдать предпочтение их 18-разрядным версиям.

Для использования кодов коррекции ошибок необходим контроллер памяти, вычисляющий контрольные разряды при операции записи в память. При чтении из памяти такой контроллер сравнивает прочитанные и вычисленные значения контрольных разрядов и при необходимости исправляет испорченный бит (или биты). Стоимость дополнительных логических схем для реализации кода коррекции ошибок в контроллере памяти не очень высока, но это может значительно снизить быстродействие памяти при операциях записи. Это происходит потому, что при операциях записи и чтения необходимо ожидать завершения вычисления контрольных разрядов. При записи части слова вначале следует прочитать полное слово, затем перезаписать изменяемые байты и только после этого — новые вычисленные контрольные разряды.

В большинстве случаев сбой памяти происходит в одном разряде, и потому такие ошибки успешно исправляются с помощью кода коррекции ошибок. Использование отказоустойчивой памяти обеспечивает высокую надежность компьютера. Память с кодом ECC предназначена для серверов, рабочих станций или приложений, в которых потенциальная стоимость ошибки вычислений значительно превышает дополнительные средства, вкладываемые в оборудование, а также временны*е* затраты системы. Если данные имеют особое значение и компьютеры применяются для решения важных задач, без памяти ECC не обойтись. По сути, ни один уважающий себя системный инженер не будет использовать сервер, даже самый неприхотливый, без памяти ECC.

Увеличение объема памяти

Увеличение существующего объема памяти — один из наиболее эффективных и дешевых способов модернизации, особенно если принять во внимание возросшие требования к объему памяти операционных систем семейств Windows и Linux. В некоторых случаях удвоение объема памяти приводит к повышению общей производительности системы в два раза.

Ниже рассматривается процесс увеличения объема памяти, включая выбор микросхем памяти, их установку и последующее тестирование.

Стратегии модернизации

Добавление памяти — сравнительно недорогая операция. В то же время даже незначительное увеличение объема памяти может существенно повысить производительность компьютера.

Существуют два способа увеличения объема памяти (они перечислены в порядке увеличения удобства и стоимости):

- добавление памяти в свободные разъемы системной платы;
- замена установленной памяти памятью большего объема.

Если принято решение о модернизации системы или системной платы, вряд ли можно рассчитывать на то, что удастся использовать модули из старой системы. Лучшее решение — приобрести новую системную плату вместе с наиболее подходящими для нее модулями памяти.

Обдумайте свои будущие потребности в вычислительной мощности и многозадачности операционной системы, а также убедитесь, что они стоят средств, затраченных на модернизацию.

Чтобы выяснить необходимость в увеличении объема памяти, воспользуйтесь инструментом Performance Monitor (`Perfmon.msc`), поставляемым в составе Windows 2000 и Windows XP. Его можно запустить удаленно или же с помощью собственной консоли сервера. Чтобы получить сведения об использовании памяти, выберите значение Memory (Память) в качестве объекта производительности, после чего активизируйте несколько счетчиков.

- **Обмен страниц в секундах.** Этот счетчик измеряет количество обращений системы к виртуальной памяти (т.е. к файлу подкачки) в секунду. Значение, большее 20, указывает на потенциальную проблему. Проверьте настройки виртуальной памяти; если значение счетчика все равно превышает 20, увеличьте объем памяти, установленной в системе.
- **Байт выделенной виртуальной памяти** и **Доступно байт.** Эти счетчики ведут учет доступной виртуальной и физической памяти соответственно. Если значение счетчика Доступно байт низкое, увеличьте объем памяти, установленной в системе.
- **Байт кэш-памяти.** Этот счетчик измеряет объем ОЗУ, используемой в качестве кэша файловой системы. Если это значение превышает 4 Мбайт, увеличьте объем памяти, установленной в системе.

Совет

Пусть вас не удивляет высокое значение параметра Обмен страниц в секундах при интенсивных обращениях к диску или файлам, например, при проверке системы на вирусы, операциях индексации, дефрагментации и т.д. Если значение Доступно байт не уменьшается при увеличении значения Обмен страниц в секундах, это, скорее всего, связано с обращением приложений к диску и не говорит о каких-либо проблемах с недостатком памяти.

Прежде чем увеличивать объем памяти ОЗУ в системе (или просто заменять поврежденный или сбойный модуль памяти), следует определить, модули какого типа необходимы. Соответствующие сведения доступны в документации к компьютерной системе.

Если необходимо заменить сбойный модуль или увеличить объем памяти в системе, примите к сведению, что существует несколько способов определить необходимый тип модулей.

- **Внимательно рассмотрите модули, установленные в системе.** На каждом из них есть маркировка со всеми необходимыми сведениями о его емкости и быстродействии. Подробно данные вопросы уже рассматривались. Можете записать эту маркировку и использовать полученные данные для определения необходимого типа модуля.
- **Проверьте систему с помощью утилиты конфигурирования памяти от производителя.** Как правило, подобные утилиты поставляются в комплекте компьютерных систем ведущих производителей. В базах данных подобных утилит доступны сведения о системных платах и модулях памяти от различных производителей. Таким образом, если известны марка и модель системной платы, не составит ни малейшего труда определить рекомендуемую память.
- **Загрузите и запустите диагностическое ПО от производителя памяти или сторонней компании.** В качестве примера такой программы, которая получает все необходимые сведения о модуле из микросхемы SPD, можно привести SiSoftware Sandra.

- **Обратитесь к документации, которая прилагалась к компьютеру.** Я не случайно расположил этот пункт в конце списка. Если вы обновили системную BIOS, то, скорее всего, сможете использовать модули большего объема и порой с бо́льшим быстродействием, чем приведенные в документации. На сайте производителя всегда доступна более новая документация по сравнению с той, которая поставлялась в печатном виде вместе с компьютером. Если в документации не упоминается модуль памяти, который привлек ваше внимание, посетите сайт производителя системной платы, чтобы узнать, доступна ли обновленная версия BIOS, в которой добавлена поддержка подобных модулей.

Установка в системе несовместимых модулей памяти может вызвать не меньше проблем, чем наличие сбойного модуля.

Примечание

Собираясь установить в старый компьютер Pentium (имеется ввиду 5-е поколение) память объемом более 64 Мбайт, предварительно убедитесь, что набор микросхем сможет кэшировать такой объем. Иногда добавление дополнительной памяти в такие системы приводит не к увеличению, а к уменьшению производительности. Pentium II и более новые процессоры, в том числе Athlon и Duron, оснащены контроллером кэш-памяти второго уровня, интегрированным в ядро процессора (не в набор микросхем) и поддерживающим кэширование до 1 Гбайт ОЗУ, а в новых системах — до 4 Гбайт.

Приобретение модулей памяти

При покупке модулей памяти следует обращать внимание на ряд особенностей. Одни из них относятся к производству и распределению памяти, другие зависят от типа приобретаемых модулей. В этом разделе рассматриваются проблемы, с которыми можно столкнуться при покупке памяти.

Поставщики

Многие компании занимаются выпуском модулей памяти, но лишь некоторые производят их микросхемы. Есть только несколько компаний, производящих микросхемы памяти, на основе которых другие компании создают различные модули памяти, такие как DIMM и RIMM. Большинство изготовителей микросхем оперативной памяти создают также модули, содержащие собственные комплектующие, другие же, напротив, занимаются только производством модулей памяти, приобретая комплектующие у других производителей. Существует также определенная категория компаний, которые не производят ни модули, ни микросхемы памяти, — они приобретают модули других компаний и продают их под своей торговой маркой.

Модули памяти, изготовленные производителем микросхем, я отношу к первой группе, а модули, изготовленные той или иной компанией на основе приобретенных микросхем, — ко второй группе. Перемаркированные модули первой или второй группы, поступающие в продажу под торговой маркой какой-либо другой компании, относятся, как вы понимаете, к третьей группе. Если у меня есть возможность, я приобретаю модули памяти первой или второй группы, качество которых подтверждено соответствующими документами. Эти модули отличаются более надежными характеристиками, что и является гарантией их высокого качества. Не следует забывать и о том, что приобретение продукции первой или второй группы позволяет избавиться от одного или нескольких посредников, что сказывается на конечной стоимости товара.

К первой группе производителей (они выпускают как микросхемы, так и модули на их основе) относятся компании Micron, Infineon (бывшее подразделение Siemens), Samsung, Mitsubishi, Toshiba, NEC и некоторые другие. Ко второй группе производителей (они выпускают только модули) относятся компании Kingston, Viking, PNY, Simple Tech, Smart, Mushkin и OCZ Technologies. К третьей группе относятся компании, продающие модули, которые они приобретают не у производителей, а у других компаний-перепродавцов.

Ведущие производители памяти обычно не занимаются розничными продажами, однако в последнее время некоторые из них открыли собственные интернет-магазины, в которых индивидуальный пользователь может приобрести всего один модуль памяти. Так, интернет-магазин одного из ведущих производителей памяти в мире, компании Micron, доступен по адресу `www.crucial.com`. Поскольку модуль приобретается непосредственно у производителя, цена оказывается чрезвычайно низкой по сравнению с предложениями других компаний, занимающихся розничной торговлей.

Модули памяти DIMM

Прежде чем приобрести модули памяти DIMM, ответьте на несколько вопросов.

- Какая нужна версия: SDR, DDR, DDR2 или DDR3?
- Необходима память с поддержкой ECC или без нее?
- Какой тип памяти необходим: регистровый или небуферизированный (стандартный)?
- Какое быстродействие памяти необходимо?
- Требуется ли определенное время ожидания строба адреса столбца (Column Address Strobe — CAS)?

В настоящее время модули памяти DIMM поставляются в версиях SDRAM, DDR, DDR2 и DDR3. Модули разных типов не являются взаимозаменяемыми, так как в них используются совершенно разные схемы сигналов и определенное расположение ключевых пазов, позволяющее предотвратить их установку в несоответствующие разъемы. В системах, которые должны обеспечивать высокую надежность, например в файловых серверах, обычно используются модули, поддерживающие ECC, хотя во многих системах используются менее дорогие модули памяти, не имеющие поддержки кода коррекции ошибок. В большинстве систем используются стандартные модули памяти DIMM без дополнительной буферизации, но на системных платах файлового сервера или рабочей станции, предназначенных для поддержки довольно больших объемов памяти, могут устанавливаться специальные высокоэффективные модули DIMM. Модули памяти DIMM имеют целый ряд различных скоростей, поэтому при их использовании следует помнить о том, что "медленные" модули можно заменить модулями, имеющими более высокую скорость, но никак не наоборот.

Время ожидания строба адреса столбца (CAS) является еще одним фактором, связанным с быстродействием модулей памяти. Эта спецификация, которая обозначается как CAS или CL, выражается в виде числа циклов, причем меньшее число циклов указывает на более высокую скорость памяти. Меньшее время ожидания CAS сокращает продолжительность цикла чтения в пакетном режиме, что в некоторой мере повышает эффективность памяти. Модули памяти DIMM с одинарной скоростью передачи данных (SDR) существуют в версиях CL3 и CL2, из которых более быстрой является память версии CL2. Модули DDR DIMM бывают двух версий — CL2,5 и CL2; модули DDR2 DIMM доступны в версиях CL3, CL4 и CL5; а модули DDR3 выпускаются в версиях CL7, CL8 и CL9. При установке модулей DIMM, имеющих разное время ожидания CAS, система по умолчанию приведет частоту циклического повтора к наименьшему общему знаменателю.

Нюансы приобретения модулей памяти устаревших стандартов

Многие пользователи удивляются, когда узнают, что стоимость модулей памяти устаревших стандартов выше, чем у более современных решений. Все объясняется соотношением спроса и предложения, когда редко востребованный товар стоит дорого. Из-за этого увеличение объема памяти в сильно устаревших системах редко бывает оправданным.

В большинстве систем на базе процессора Pentium, выпущенных после 1995 года, используются модули EDO SIMM без поддержки ECC со временем доступа 60 нс. Если вы имеете дело с более старыми системами, скорее всего, вам необходима память стандарта FPM, а не EDO. Чаще всего модули FPM и EDO взаимозаменяемы, однако очень старые системы не

поддерживают модули памяти типа EDO. В некоторых системах на базе процессора Pentium 4 используются модули памяти RIMM, которые доступны в 184- и 232-контактных версиях. Несмотря на одинаковые размеры, данные модули не взаимозаменяемы. Если система поддерживает ECC, вам могут понадобиться именно модули с поддержкой ECC. Несмотря на то что модули с поддержкой ECC и без нее можно использовать совместно, при этом поддержка ECC отключается.

Совет

Вместо того чтобы покупать "новые" модули устаревших стандартов для модернизации старых системи, лучше обратитесь в компании, которые занимаются ремонтом ПК, или распросите знакомых — возможно, у кого то есть именно то, что вам необходимо.

Замена модулей памяти более емкими версиями

Если все разъемы памяти на системной плате уже заняты, значит, пришло время установить более емкие модули.

Тем не менее наличие модулей памяти с соответствующим количеством контактных выводов не гарантирует их работоспособности. Набор микросхем системной логики и BIOS налагают определенные ограничения на емкость используемых модулей памяти. Перед приобретением новых модулей ознакомьтесь с документацией к системной плате. Кроме того, убедитесь в наличии самой последней версии BIOS.

Если система поддерживает двух- или трехканальную память, вам следует использовать согласованные группы модулей (по два или три модуля в зависимости от системы) и устанавливать их в соответствующие разъемы системнй платы. Подробную информацию можно найти в руководстве пользователя системной платы.

Установка модулей памяти

При установке или удалении памяти можно столкнуться со следующими проблемами:

- накопление электростатических зарядов;
- неправильно установленные модули DIMM;
- неправильные параметры памяти в BIOS.

Чтобы предотвратить накопление электростатических зарядов при установке чувствительных микросхем памяти или плат, не надевайте одежду из синтетических тканей или обувь на кожаной подошве. Удалите все накопленные статические заряды, прикоснувшись к корпусу системы до начала работы, или, что еще лучше, наденьте на запястье специальный заземляющий браслет. Его можно купить в магазине электроники. Браслет представляет собой ремешок, соединенный с корпусом компьютера через резистор с сопротивлением 1 МОм. Также перед началом работы обязательно выдерните вилку питания из розетки.

Предупреждение

Используйте именно промышленный заземляющий браслет и не пытайтесь изготовить его самостоятельно. Промышленные браслеты имеют определенное сопротивление, которое защитит вас, если вы случайно прикоснетесь к токопроводящим частям компьютера. Наличие сопротивления гарантирует, что вы сами не станете элементом электроцепи с наименьшим сопротивлением и не будете в экстремальной ситуации поражены током.

Чтобы модернизировать память DIMM или RIMM в стандартном настольном ПК, выполните перечисленные ниже действия.

1. Выключите компьютер и отсоедините его от сети. В качестве альтернативы можете выключить специальный тумблер на блоке питания компьютера, расположенный на задней стенке системного блока (если такой имеется). Подождите около 10 секунд, пока остаточный заряд не стечет с материнской платы.

2. Откройте системный блок. Внимательно изучите его внутреннее устройство, держа под рукой документацию.
3. Закрепив на руке антистатический браслет, подключите другой его конец к металлической части шасси. Убедитесь в том, что металлическая пластинка в ремешке плотно прилегает к кисти.
4. На некоторых системных платах есть светодиод, который светится, если на системную плату подается электричество. Подождите, пока светодиод погаснет, прежде чем приступать к установке модулей памяти.
5. Отодвиньте кабели и провода, которые преграждают доступ к разъему для установки модуля. Прежде чем отключить какой-то кабель или провод обязательно запомните, как именно он был подключен, чтобы восстановить его положение после вставки модулей памяти.
6. Чтобы извлечь существующий модуль DIMM или RIMM, разведите в стороны фиксаторы с каждой стороны модуля. Обратите внимание на прорезь-ключ на модуле памяти.
7. Обратившись к руководству пользователя, определите, в какие именно разъемы необходимо вставить модули, чтобы обеспечить работу модуля в двухканальном режиме. Очень часто разъемы, относящиеся к разным каналам, попарно окрашены по-разному. Однако в любом случае следует начать с изучения руководства пользователя системной платы, чтобы точно знать, как именно следует устанавливать модули памяти.
8. Чтобы вставить модуль DIMM или RIMM в разъем, убедитесь, что фиксаторы по сторонам разъема разведены в стороны. На модулях DIMM и RIMM имеются прорези-ключи, которые необходимо совместить с выступами-ключами разъемов для корректной установки (рис. 6.16).

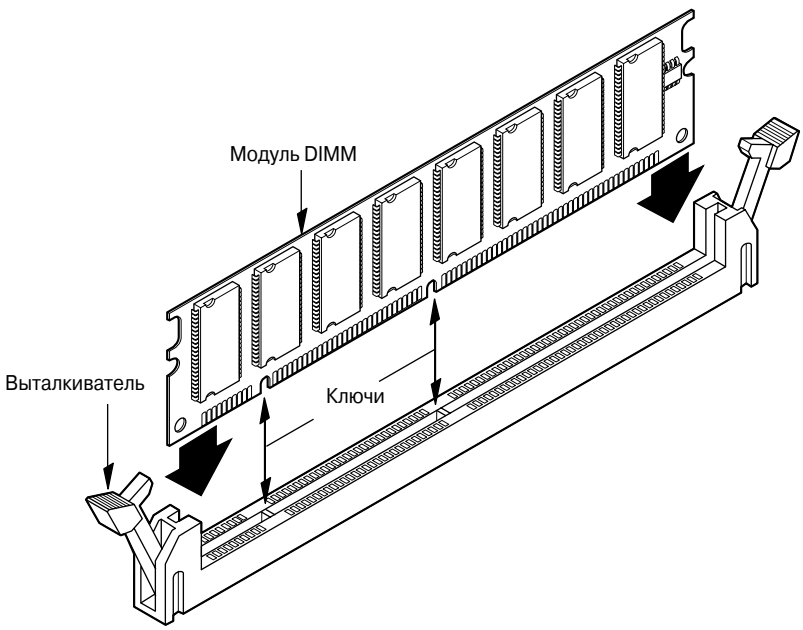


Рис. 6.16. Модуль DDR DIMM оснащен прорезью-ключом, которая должна совпасть с выступом-ключом в разъеме. Подобные ключи используются и в модулях RIMM, однако их положение отличается

9. Вставьте модуль DIMM или RIMM таким образом, чтобы ключи на модуле и в разъеме совпали. При этом очень важно не прилагать чрезмерных усилий. Если модуль “не пошел”, возможно, вы просто неправильно сориентировали его относительно разъема. Прикладывая излишние усилия, вы рискуете повредить модуль или разъем. При установке модулей RIMM пустые разъемы следует заполнить модулями-заглушками (см. рис. 6.14).
10. Подключите все кабели и/или провода, которые пришлось отключить перед установкой.
11. Закройте системный блок, подключите кабель питания и включите компьютер.

Ориентация модуля SIMM определяется вырезом, расположенным только с одной его стороны (рис. 6.17). В гнезде есть выступ, который должен совпасть с вырезом на одной стороне модуля SIMM. Благодаря выступу установить модуль SIMM “наоборот” можно, только повредив гнездо. Под небольшим углом осторожно вставьте микросхему в гнездо, убедившись, что каждый вывод совпал с отверстием разъема, а затем надавливайте на микросхему двумя большими пальцами до тех пор, пока она полностью не войдет в разъем, после чего, надавив на края модуля, установите его вертикально (рис. 6.18).

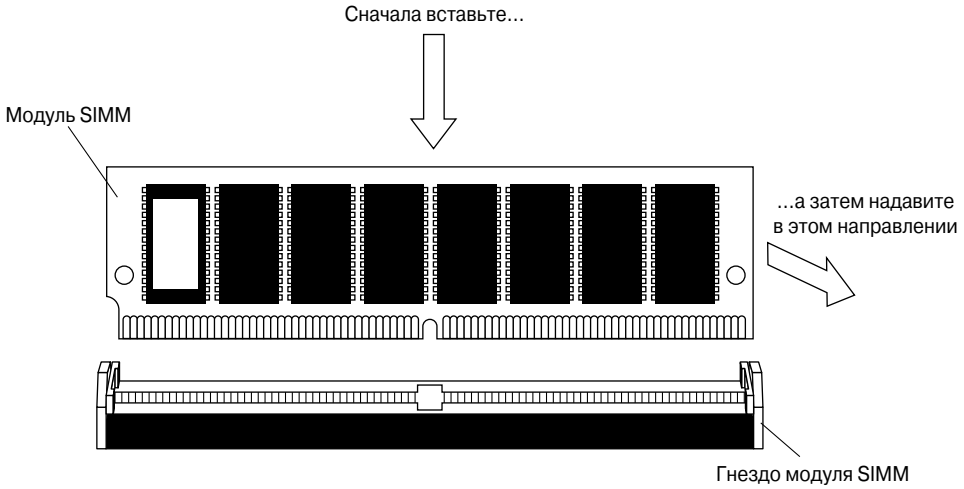


Рис. 6.17. Вырез на этом модуле SIMM находится слева. Вставьте модуль под углом 45°, а затем наклоните его вперед, чтобы зажимы блокировали его на месте

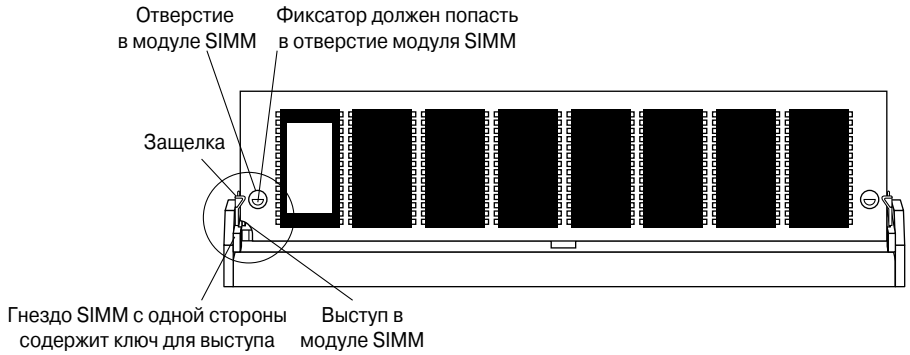


Рис. 6.18. Модуль SIMM, установленный в разъеме (зажимы блокировали его на месте)

После увеличения объема памяти и включения компьютера может потребоваться запустить программу настройки BIOS и сохранить установки, отражающие новый объем памяти. Большинство современных систем автоматически определяют установленный объем памяти и вносят необходимые изменения в настройки BIOS. Кроме того, уже достаточно давно после изменения объема установленной памяти на системной плате не приходится изменять положение перемычек и переключателей.

После добавления в систему новой памяти может потребоваться запустить специальную программу диагностики, чтобы убедиться, что память работает корректно.

Устранение ошибок памяти

Устранить ошибки памяти довольно сложно, поскольку не всегда удается идентифицировать вызвавшую их проблему. Чаще всего пользователи винят во всех сбоях программное обеспечение, хотя на самом деле во всем виновата память. В этом разделе речь пойдет о выявлении ошибок памяти и способах их устранения.

Для устранения ошибок памяти необходимо иметь под рукой *несколько* диагностических программ. Следует отметить, что некоторые ошибки памяти могут быть выявлены одной программой и остаться невидимыми для другой. При включении компьютера системная BIOS проверяет память. В большинстве случаев к компьютеру прилагается компакт-диск, содержащий специальные программы диагностики. Также на рынке можно встретить множество других диагностических утилит, практически каждая из которых содержит свои тесты памяти.

При запуске компьютера тест POST не только проверяет память, но и вычисляет ее объем. Затем этот объем памяти сравнивается с записанным в параметрах BIOS, и в случае несоответствия генерируется сообщение об ошибке. При проверке памяти тест POST записывает в каждый из блоков памяти некоторый шаблон, а затем считывает его и сверяет с оригиналом. При обнаружении ошибок выводится соответствующее сообщение или генерируется звуковой сигнал. Звуковой сигнал, как правило, используется для индикации критических ошибок в областях, важных для выполнения системных операций. Если система может получить доступ к объему памяти, достаточному для запуска видеосистемы, вместо звукового сигнала отобразится сообщение об ошибке.

Если процедура POST не обнаружила ошибок памяти, следовательно, причина возникновения ошибок заключается не в аппаратной среде либо программа POST не справилась со своей задачей. Нерегулярные ошибки зачастую не обнаруживаются POST, что справедливо и для других аппаратных дефектов. Данная процедура проводится достаточно быстро и не претендует на тщательный анализ. Поэтому для доскональной проверки применяется загрузка DOS, режим консоли восстановления в Windows XP или диагностический диск. Тесты такого рода могут в случае необходимости проводиться в течение нескольких дней для определения неуловимого дефекта.

В Интернете доступно множество хороших бесплатных программ тестирования памяти.

- **Microsoft Windows Memory Diagnostic** (`http://oca.microsoft.com/en/windiag`)
- **Memtest86** (`http://www.memtest86.com`)

Следует отметить, что все эти утилиты имеют загружаемый формат, т.е. их не нужно устанавливать в тестируемой системе, а достаточно записать на загрузочный компакт-диск. Это связано с тем, что многие операционные системы, работающие в защищенном режиме, в частности Windows, пресекают прямой доступ к памяти и другим устройствам. По этой причине загрузку системы нужно выполнять с компакт-диска. Все эти программы используют алгоритмы, записывающие определенные шаблоны в различные области системной памяти, после чего считывают их и проверяют на совпадение каждый бит. При этом они отключают системный кэш, чтобы результат операции отражал поведение модулей памяти, без каких-либо посредников. Некоторые утилиты, в частности Windows Memory Diagnostic, даже способны указать на конкретный модуль памяти, в котором произошла ошибка.

Однако эти программы могут только записать данные и проверить при считывании их соответствие, не более того. Они не определяют, насколько близка память к критической точке сбоя. Повышенный уровень диагностики памяти обеспечивают только специальные аппаратные тестеры модулей SIMM/DIMM. Эти устройства позволяют вставить в них модуль памяти и проверить ее на множестве скоростей, при разных напряжениях питания и таймингах, в результате чего выдать свой вердикт относительно пригодности модуля. Существуют версии таких тестеров, позволяющие проверять модули памяти практически всех типов, начиная с ранних версий SIMM и заканчивая самыми современными модулями DDR DIMM и RIMM. К примеру, я сталкивался с модулями, которые отлично работали в одних компьютерах и выдавали ошибки в других. Это значит, что одни и те же программы диагностики, запущенные на разных компьютерах, выдавали для одних и тех же модулей памяти противоположные результаты. В аппаратных тестерах источник ошибки можно выявить с точностью до конкретного бита, при этом узнать реальное быстродействие памяти, а не номинальное, указанное на маркировке. К числу компаний, которые занимаются реализацией тестеров модулей памяти, относятся Tanisys (`www.tanisys.com`), CST (`www.simmtester.com`) и Aristo (`www.memorytester.com`). Предлагаемые тестеры довольно дорого стоят, но для специалистов, занимающихся ремонтом ПК на профессиональном уровне, тестеры SIMM/DIMM просто необходимы.

Чаще всего память служит причиной следующих ошибок:

- **ошибки четности**, генерируемые системной платой;
- **общие ошибки защиты**, вызванные повреждением данных запущенной программы в памяти, что приводит к остановке приложения (часто они вызваны ошибками программ);
- **критические ошибки исключений**, возникающие при выполнении программой недопустимых инструкций, при доступе к некорректным данным или некорректном уровне привилегий операции;
- **ошибки деления**, вызванные попыткой деления на нуль, которая делает невозможной запись результата в регистр памяти.

Некоторые из приведенных типов ошибок могут быть следствием аппаратных (сбои в цепи питания, статические заряды и т.д.) или программных (некорректно написанные драйверы устройств, ошибки в программах и т.д.) сбоев.

Если причиной возникновения ошибок является оперативная память, следует воспользоваться помощью либо одной программы тестирования, либо нескольких диагностических приложений.

Многие допускают существенную ошибку в использовании диагностических программ, например выполняют диагностику с включенным системным кэшированием. Это затрудняет тестирование, поскольку в большинстве систем используется так называемый кэш с обратной записью. Принцип его работы состоит в том, что данные, записываемые в основную память, в первую очередь записываются в кэш. Поскольку диагностическая программа изначально записывает данные и затем сразу же их считывает, данные считываются из кэша, а не из основной памяти. При этом тестирование проводится очень быстро, но проверке подвергается лишь сам кэш. Таким образом, обязательно отключайте кэширование перед тестированием оперативной памяти. Компьютер будет работать довольно медленно, диагностика отнимет на порядок больше времени, однако проверяться будет именно оперативная память, а не кэш.

При проверке памяти придерживайтесь алгоритма, схематически показанного на рис. 6.19.

Теперь ознакомимся с процедурой проверки и устранения ошибок памяти.

1. Включите систему и проследите за выполнением процедуры POST. Если этот тест завершается без ошибок, следовательно, основные параметры памяти успешно проверены. При обнаружении ошибок перейдите к выполнению процедуры локализации дефектов.

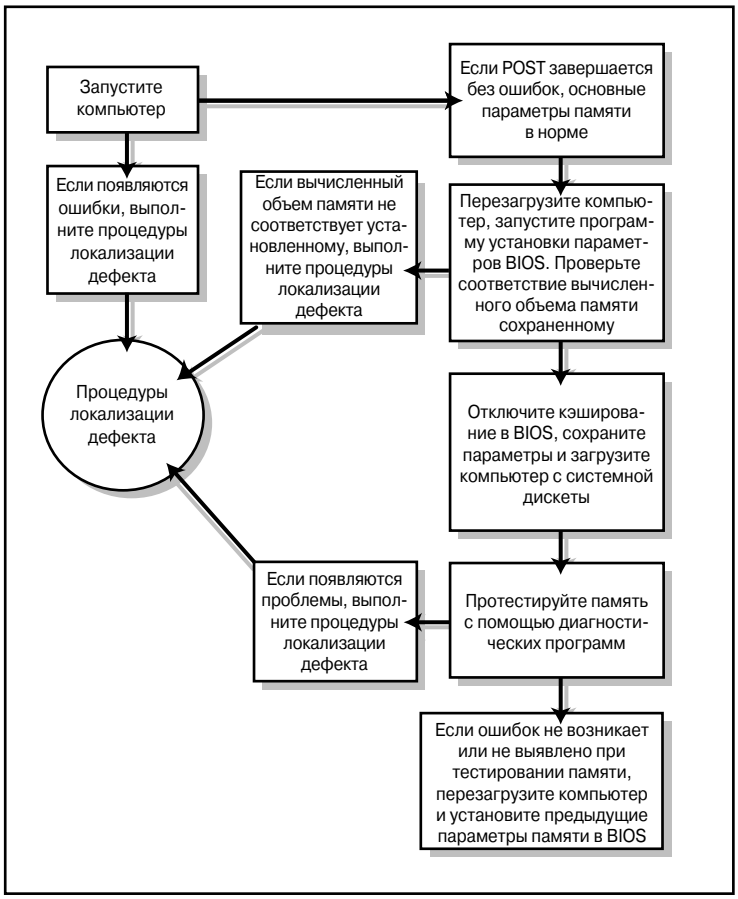


Рис. 6.19. Последовательность тестирования и устранения проблем с памятью

2. Перезапустите систему и войдите в программу настройки BIOS. Для этого во время выполнения POST (но до начала процесса загрузки) нажмите клавишу <F2>. Проверьте в параметрах BIOS, совпадает ли объем обнаруженной и установленной памяти. В том случае, если вычисленный объем памяти не соответствует установленному, займитесь локализацией дефектов.
3. В программе настройки BIOS отключите параметры кэширования. На рис. 6.20 представлено типичное меню Advanced BIOS Features, в котором выделены параметры кэш-памяти. Сохраните внесенные изменения и загрузите компьютер с отформатированной системной дискеты, содержащей выбранные диагностические программы.
4. Следуя инструкциям, появляющимся при выполнении диагностической программы, протестируйте основную и дополнительную (XMS) память. Обычно в таких программах существует специальный режим, допускающий непрерывное циклическое выполнение диагностических процедур. Это позволяет обнаружить периодические ошибки. При выявлении ошибок памяти перейдите к выполнению процедуры локализации дефектов.
5. Отсутствие ошибок при выполнении POST или во время более полного тестирования памяти говорит о ее нормальном функционировании на аппаратном уровне. Перезагрузите компьютер и установите предыдущие параметры памяти в настройках BIOS, в частности отключите параметр использования кэш-памяти.

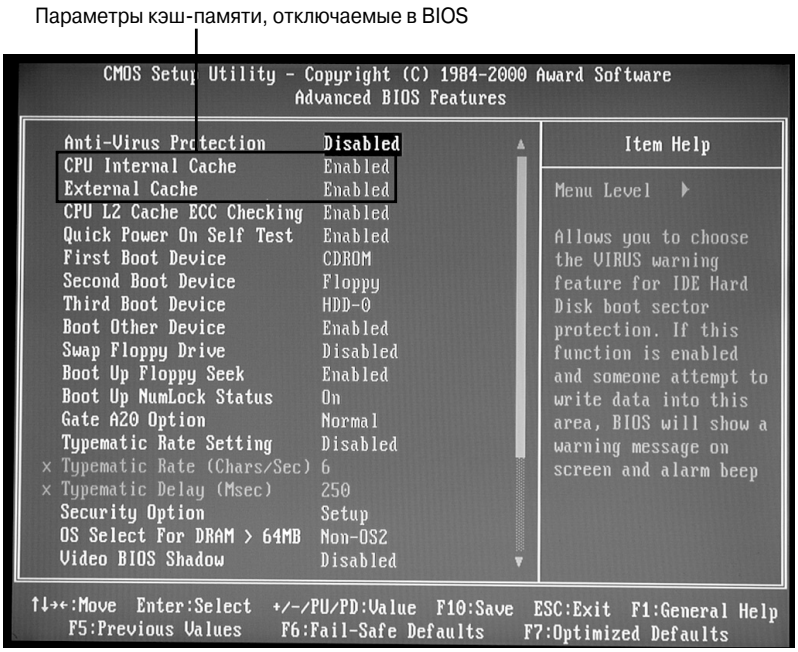


Рис. 6.20. Параметры CPU Internal Cache (L1) и CPU External Cache (L2) должны быть отключены в программе настройки BIOS до выполнения проверки памяти; в противном случае результаты тестирования могут оказаться неточными

6. Отсутствие выявленных ошибок при наличии каких-либо проблем говорит о том, что существующие ошибки памяти не могут быть обнаружены стандартными методами или же их причина, вероятно, связана с программным обеспечением. Для более полной проверки модулей SIMM/DIMM на аппаратном тестере обратитесь в сервисный центр. Я бы обратил внимание и на программное обеспечение (в частности, на версии драйверов), блок питания, и системное окружение, особенно на источники статического электричества, радиопередатчики и т.п.

Процедуры локализации дефекта памяти

При тестировании памяти, описанном в предыдущем разделе, на некоторых этапах необходимо выполнять процедуры локализации дефекта. Алгоритм их выполнения схематически показан на рис. 6.21.

1. Перезагрузите компьютер и запустите программу настройки BIOS. С помощью меню Advanced или Chipset Setup установите параметры работы памяти по умолчанию, которые являются наиболее “медленными”. Если временны*е* характеристики памяти заданы вручную, как показано на рис. 6.22, восстановите значения по умолчанию, выбрав пункт By SPD.
2. Сохраните внесенные изменения, перезагрузите компьютер и еще раз выполните проверку памяти, используя ранее описанные процедуры тестирования и устранения ошибок памяти. Если проблема решена, следовательно, ее причиной были неверные параметры памяти, установленные в BIOS. В противном случае причиной ошибки, вероятно, являются дефекты модулей памяти, поэтому переходите к следующему этапу.

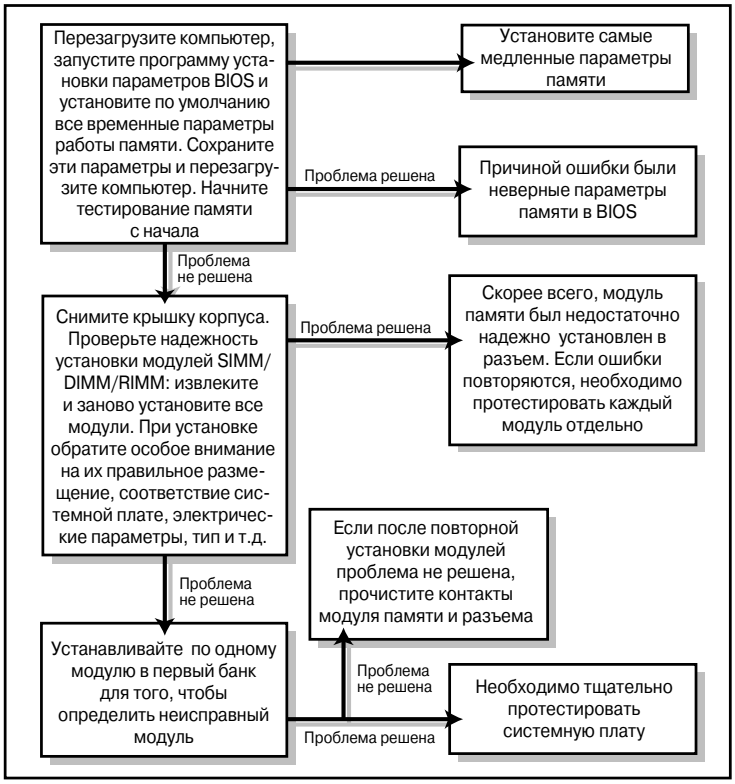


Рис. 6.21. Придерживайтесь этого алгоритма, если после выполнения действий, указанных на рис. 6.19, по-прежнему возникают ошибки памяти

3. Чтобы получить физический доступ к модулям SIMM/DIMM/RIMM, расположенным на системной плате, снимите крышку корпуса. Определите компоновку банков памяти данной системы. Для этого можете воспользоваться документацией или схемами, помещенными на саму материнскую плату. Имейте в виду, что при тестировании двухканальной памяти обе извлекаемые на следующем этапе микросхемы должны находиться в каналах A и B одного и того же логического банка.
4. Извлеките все модули памяти, кроме относящихся к первому банку, и повторите ранее описанные процедуры тестирования. Если при удалении первого банка памяти проблема исчезает, значит, ее причина связана именно с этим банком.
5. Замените модули первого банка памяти, желательно гарантированно работающими, и повторите тест. Если после повторной установки и проверки всех модулей проблема не исчезнет, вероятно, ее причина связана с неисправностью самой системной платы (возможно, с одним из разъемов памяти). Замените системную плату и выполните повторную проверку.
6. Если при проверке первого банка памяти проблема была устранена, следовательно, ее причина кроется в одном из временно удаленных модулей. Установите модули следующего банка памяти и выполните повторную проверку. Если проблема снова появилась, следовательно, один из модулей и этого банка памяти неисправен. Выполняйте проверку банков памяти, пока не обнаружите все дефектные модули.

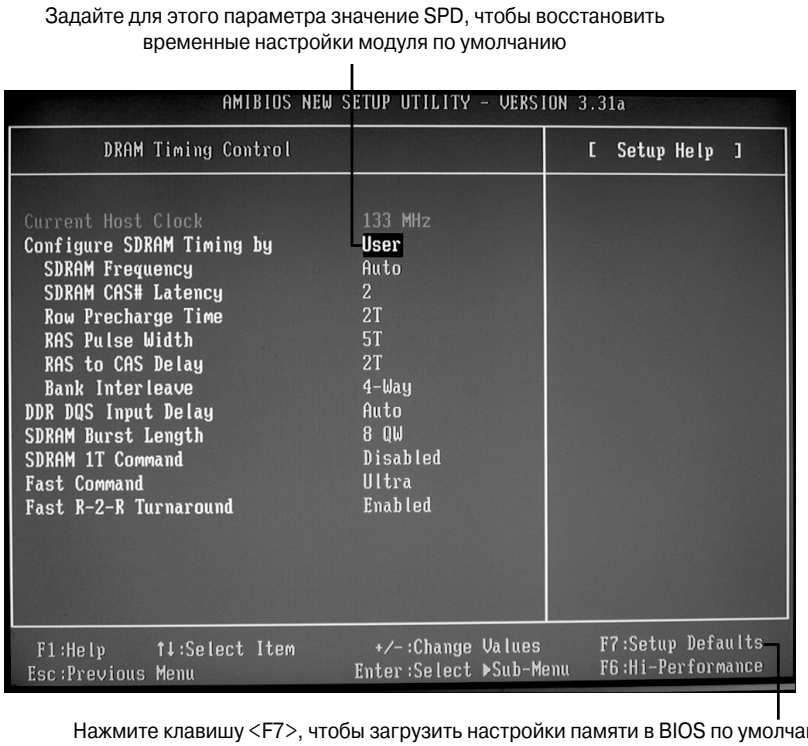


Рис. 6.22. В этой системе используются измененные настройки памяти, что может привести к нестабильной работе памяти

7. Выполняйте ранее описанные действия до тех пор, пока не проверите и не установите модули всех банков памяти. Если после повторной установки модулей проблема исчезла, возможно, она была вызвана недостаточной проводимостью контактов модулей памяти и разъемов. Часто для решения подобной проблемы достаточно почистить контакты или же просто извлечь и заново установить модули SIMM/DIMM.

Логическая организация памяти

Адресное пространство первого ПК составляло всего 1 Мбайт, при этом верхние 384 Кбайт были зарезервированы для использования самой системой. Размещение зарезервированного пространства в верхней области (между 640 Кбайт и 1 Мбайт) вместо использования нижней области памяти (между 0 и 384 Кбайт) привело к появлению так называемого *барьера основной памяти*. Постоянная необходимость совмещать систему и периферийное оборудование и сегодня не всегда позволяет разработчикам отступать от стандартной конфигурации первого ПК. Вот почему вопросы распределения памяти в современных персональных компьютерах так и остались неразрешенными. Несмотря на то что со времени появления первого ПК прошло более двадцати лет, в системах с новейшими процессорами по-прежнему используется то же распределение памяти, что и в первых компьютерах.

Первые ПК на базе процессора Intel 8088 могли выполнять только 16-разрядные инструкции, и этот режим был назван *реальным* режимом процессора. Эти первые процессоры позволяли адресовать до 1 Мбайт памяти, последние 384 Кбайт которой были зарезервированы для использования видеокартами (в качестве видеопамяти), прочими адаптерами (для выгрузки

собственной системы BIOS и хранения буферов памяти) и самой материнской платой (также для выгрузки BIOS).

Процессоры 286 позволяли адресовать уже 16 Мбайт оперативной памяти. Для ее использования процессор должен был переходить в так называемый *защищенный* режим. Одна из сложностей состояла в том, что доступная операционной системе область памяти была сегментированной. Ей были доступны первые 360 Кбайт и последние 15 Мбайт; 385 Кбайт, лежащие между ними, оставались зарезервированными для аппаратных нужд.

Когда в 1985 году компания Intel выпустила первый 32-разрядный процессор (386DX), произошли серьезные изменения в архитектуре памяти. Теперь процессор уже мог адресовать до 4 Гбайт оперативной памяти, однако она была доступна только в 32-разрядном *защищенном* режиме, в котором могли выполняться только 32-разрядные инструкции. К сожалению, до появления первой 32-разрядной операционной системы оставалось еще десять лет. С точки зрения программных инструкций все процессоры начиная с 386 являются всего лишь его ускоренными версиями.

В 2003 году, когда AMD выпустила свой первый процессор x86-64 (Intel выпустила подобный процессор в 2004 году), началась эра 64-разрядных вычислений. Помимо 16- и 32-разрядных режимов данные процессоры поддерживали и 64-разрядный режим работы. 64-разрядные процессоры поддерживают три совершенно различных режима, для каждого из которых характерна определенная архитектура памяти. Для обеспечения обратной совместимости 64-разрядные процессоры могут работать в 64-, 32- или 16-разрядном режимах, а 32-разрядные процессоры — в 32- или 16-разрядном режимах, для которых характерны различные ограничения памяти. Например, 64-разрядный процессор в 32-разрядном режиме может адресовать всего 4 Гбайт ОЗУ, а 64- или 32-разрядный процессор в 16-разрядном режиме поддерживает всего 1 Мбайт ОЗУ. Все Intel-совместимые процессоры для ПК при включении работают в 16-разрядном режиме. При загрузке 32- или 64-разрядной операционной системы код последней указывает процессору на необходимость переключиться в 32- или 64-разядный защищенный режим.

Переключение в 32-разрядный защищенный режим происходит на начальной стадии загрузки операционной системы. После этого загружаются все 32-разрядные драйверы устройств и только затем — все остальные компоненты операционной системы. Находясь в защищенном режиме, операционная система и все программы могут обращаться ко всей памяти, установленной в системе, вплоть до верхнего предела процессора (в процессорах, начиная с Pentium II, это 64 Гбайт). Аналогично происходит переключение 64-разрядных процессоров в защищенный режим при загрузке 64-разрядной операционной системы.

32-разрядные версии Windows поддерживают 4 Гбайт физической памяти (ОЗУ). Многие пользователи не осознают тот факт, что многие компоненты ПК используют часть или весь объем четвертого гигабайта для BIOS, ресурсов системной платы, связанных операций ввода-вывода, конфигурационного пространства PCI, памяти устройств (графическая апертура), памяти VGA и т.д. Это означает, что при установке 4 Гбайт (или больше) ОЗУ система не увидит не только весь объем свыше 4 Гбайт, но и часть или целиком весь четвертый гигабайт, так как он будет использован устройствами. Это так называемый *лимит 3 Гбайт*, который аналогичен лимиту 640 Кбайт для 16-разрядных систем в 1980-х годах. 16-разрядная адресация поддерживает 1 Мбайт памяти, однако верхние 384 Кбайт используются системными устройствами (BIOS, видео, ПЗУ адаптера и т.д.).

На рис. 6.23 представлена карта памяти для современной системы с набором микросхем Intel G45, который поддерживает максимум 16 Гбайт ОЗУ. В случае 32-разрядной операционной системы максимальный объем используемой ОЗУ составляет 4096 Мбайт. Обратите внимание на то, что диапазон памяти PCI, FLASH, APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller), а также область `Reserved` занимают 770 Мбайт из доступных 4 Гбайт. Кроме того, системой заняты 384 Кбайт (0,375 Мбайт) из первого мегабайта. Это означает, что при использовании 32-разрядной операционной системы при установке 4 Гбайт ОЗУ объем памяти,

доступный операционной системе, составляет 4096 Мбайт – 770 Мбайт – 0,375 Мбайт, т.е. 3325,625 Мбайт (или же около 3,24 Гбайт).

Можно ли каким-либо образом освободить некий объем неиспользуемой памяти между 3 и 4 Гбайт? В случае 32-разрядной операционной системы однозначно нет. Однако при использовании 64-разрядной операционной системы и поддержке перераспределения памяти (функция набора микросхем и BIOS системной платы) ответ будет положительным. Большинство современных наборов микросхем поддерживает перераспределение неиспользуемых объемов памяти в четвертом гигабайте в пятый гигабайт (или выше), что позволяет 64-разрядной системе увидеть весь объем памяти и эффективно использовать его. Если же системная плата не поддерживает перераспределение памяти, то даже при использовании 64-разрядной операционной системы часть объема оперативной памяти будет недоступна.

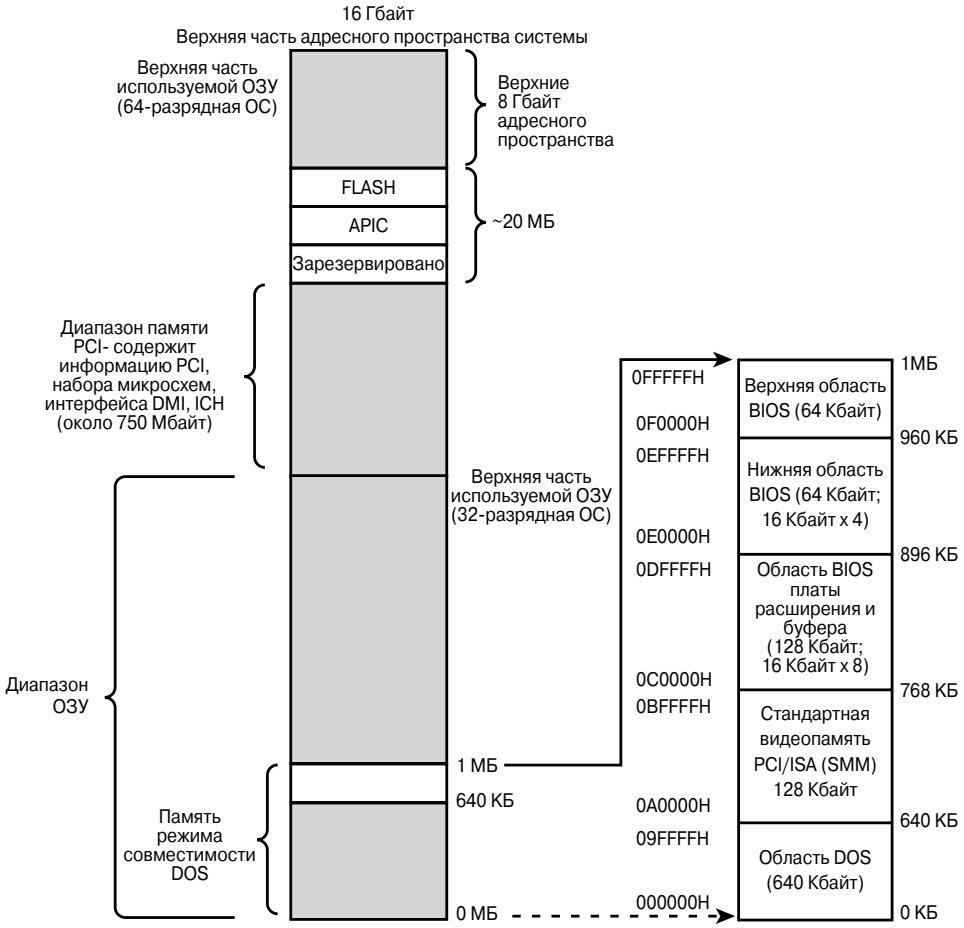


Рис. 6.23. Карта памяти для современной системы с набором микросхем Intel G45

Лимит 3 Гбайт не настолько строго определен, как лимит 640 Кбайт. Это означает, что при установке 4 Гбайт памяти доступный объем памяти может составлять как 3,5 Гбайт, так и всего 2,25 Гбайт и меньше. Все зависит прежде всего от типов шин, используемых в системе, а также от типа установленных видеоадаптеров и их количества. В случае одного видеоадаптера начального уровня в системе может быть доступно и 3,5 Гбайт. Однако в новой системе, ос-

нащенной двумя или более разъемами PCIe x16, особенно при установленных нескольких производительных видеоадаптерах, объем доступной памяти может уменьшиться до 2 Гбайт.

При использовании 32-разрядных версий Windows я не рекомендую устанавливать более 3 Гбайт ОЗУ, поскольку практически весь четвертый гигабайт будет недоступен. Однако в системах, поддерживающих двухканальный режим памяти, часто оказывается дешевле установить два модуля по 2 Гбайт и получить общий объем 4 Гбайт, чем использовать пару модулей по 1 Гбайт и пару модулей по 512 Мбайт для получения общего объема 3 Гбайт. В настольных системах с поддержкой двухканального режима памяти не стоит устанавливать три модуля по 1 Гбайт, так как это не позволит всей памяти работать в двухканальном режиме.

ГЛАВА 7

Интерфейс ATA/IDE

Краткий обзор

Интерфейс, используемый для подключения жестких дисков и оптических накопителей к современным компьютерам, обычно называют *IDE* (Integrated Drive Electronics — встроенный интерфейс накопителей); однако я всегда подчеркиваю, что официальное название интерфейса — *ATA* (AT Attachment). В нем отражено то, что данный интерфейс изначально был предназначен для подключения комбинации накопителя и контроллера к 16-разрядной шине представленного в 1984 году компьютера IBM AT, а также совместимых с ним. Шина AT больше известна как *ISA* (Industry Standard Architecture — архитектура шины промышленного стандарта). Хотя официально интерфейс называется ATA, часто используется маркетинговое название IDE, которое некоторые производители накопителей также применяют для описания комбинации накопителя и контроллера ATA. Название *Integrated Drive Electronics* говорит о том, что электроника интерфейса или контроллера встроена в накопитель, а не расположена на отдельной плате, как в устройствах предыдущих поколений. Поэтому, несмотря на официальное "техническое" название *ATA*, название *IDE* получило гораздо большее распространение. Но выход из подобной ситуации, безусловно, существует: под *IDE* следует понимать любой интерфейс накопителя, который характеризуется встроенным контроллером, в то время как под *ATA* — конкретную реализацию IDE, используемую в большинстве современных ПК.

Изначально ATA представлял собой 16-разрядный параллельный интерфейс, что означает возможность одновременной передачи по кабелю 16 бит данных. Новый интерфейс, который называется *Serial ATA*, был официально представлен в конце 2000 года; впервые он появился в настольных системах в 2003 году, а в портативных компьютерах — в конце 2005 года. Интерфейс Serial ATA (SATA) передает данные по кабелю по одному биту за такт, что означает возможность использования более тонких кабелей, а также обеспечение более высокого быстродействия благодаря меньшим задержкам и скорости передачи данных. SATA — совершенно новый физический интерфейс, однако на программном уровне он совместим с предыдущей реализацией ATA, которая в последнее время получила новое название — *Parallel ATA*

(параллельный ATA). В настоящей книге под ATA подразумевается как параллельная, так и последовательная версия этого интерфейса. При указании параллельной версии будет использоваться название *Parallel ATA (PATA)*, а последовательной — *Serial ATA (SATA)*.

История развития интерфейса IDE

За время существования ПК было разработано несколько интерфейсов. В табл. 7.1 приведены типы интерфейсов и период их использования. С каждым новым поколением компьютеров появляются новые интерфейсы, в то же время старые отмирают и в современных системах не используются.

Таблица 7.1. Интерфейсы жестких дисков

Интерфейс	Когда использовался
ST-506/412	1978–1989 годы (устарел)
ESDI	1983–1991 годы (устарел)
IDE (не ATA)	1987–1993 годы (устарел)
SCSI	С 1986 года по настоящее время
IDE (Parallel ATA)	С 1986 года по настоящее время
Serial ATA	С 2003 года по настоящее время

Из них только первые два можно считать настоящими интерфейсами между контроллером и диском, и все они устарели. Версии интерфейса IDE (не ATA) использовались в основном в системах PS/2 и тоже отжили свое. Современные SCSI, ATA и SATA — это интерфейсы системного уровня, в которых контроллер одного из первых двух типов выполнен в виде набора микросхем и встроен в диск. Например, в большинстве дисков SCSI, IDE и SATA установлено устройство, собранное по той же схеме, что и автономный контроллер ESDI. В интерфейсе SCSI между контроллером и системной шиной вводится еще один уровень организации данных и управления, а IDE и SATA взаимодействуют непосредственно с системной шиной. Несмотря на эти отличия, платы SCSI, ATA и Serial ATA именуются не *платами контроллера*, а *адаптерами интерфейса*, так как реальные контроллеры встраиваются непосредственно в накопители на жестких дисках. Практически все современные накопители подключаются к ПК с помощью интерфейсов ATA, Serial ATA и SCSI.

Происхождение IDE

Как уже отмечалось, IDE (Integrated Drive Electronics) — это обобщающий термин, применимый практически к каждому дисководу со встроенным контроллером. Хотя, говоря "IDE", мы обычно подразумеваем конкретную реализацию этого интерфейса, называемую *ATA*. Комбинирование контроллера и привода в одном устройстве существенно упрощает процесс установки, поскольку устройство и контроллер не нужно соединять отдельным шлейфом. При этом общее количество компонентов уменьшается, пути прохождения сигналов становятся короче, а электрические соединения — более помехоустойчивыми. В результате данная конфигурация выигрывает как в отношении себестоимости, так и надежности.

Объединяя контроллер (в том числе входящий в его состав шифратор/дешифратор) с жестким диском, удается существенно повысить надежность воспроизведения данных по сравнению с системами, в которых используются автономные контроллеры (ST506 и ESDI). Происходит это потому, что кодирование данных и их преобразование из цифровой формы в аналоговую (и наоборот) осуществляется непосредственно в жестком диске при меньшем уровне внешних помех. В результате аналоговые сигналы, временны*е* параметры которых весьма критичны, не передаются по плоским кабелям, где они могли бы "набрать" помех; кроме того, при передаче сигналов по кабелям могут возникнуть непредсказуемые задержки их распространения. В конечном счете совмещение контроллера и жесткого диска в едином блоке позволило повысить тактовую частоту шифратора/дешифратора, плотность размещения данных на носителе и общее быстродействие системы.

Интеграция контроллера в жесткий диск освободила разработчиков от необходимости строго следовать стандартам, что было неизбежно при использовании прежних интерфейсов. Взаимно согласованная и "подогнанная" пара "жесткий диск–контроллер" обладает гораздо большим быстродействием по сравнению с прежними комбинациями автономных устройств.

Первые диски IDE назывались *жесткими платами* и представляли собой не что иное, как упакованные в один корпус контроллеры и диски, вставляемые в качестве единого устройства в специальный разъем. Некоторые компании, например Plus Development (подразделение Quantum), поступали следующим образом: прикрепляли небольшие жесткие диски формата 3,5 дюйма (в стандарте ST-506/412 или ESDI) непосредственно к платам стандартных контроллеров. Полученный модуль вставлялся в разъем шины, как обычный контроллер жесткого диска. Но когда тяжелый, вибрирующий жесткий диск устанавливается в разъем расширения и крепится всего одним винтом, это, естественно, — далеко не лучшая ситуация, не говоря уже о том, что такой модуль упирается в соседние платы, поскольку он намного толще обычного адаптера.

Некоторые компании пошли другим путем и переработали конструкцию контроллера, установив его вместо платы управления в стандартном жестком диске. При этом сам жесткий диск монтировался обычным образом в предназначенном для него отсеке. Конечно, как и любое другое устройство компьютера, встроенный контроллер таких жестких дисков необходимо было подключать к шине. Делалось это с помощью кабеля, соединяющего жесткий диск с одним из разъемов. Так зарождался интерфейс IDE.

Происхождение ATA

Прототип накопителя ATA IDE, или 40-контактный разъем IDE, был разработан совместными усилиями компаний CDC, Western Digital и Compaq. Первым устройством ATA IDE стал жесткий диск формата 5,25 дюйма и емкостью 40 Мбайт, выпущенный CDC. В нем использовался встроенный контроллер компании Western Digital, а устанавливались эти диски в первых компьютерах Compaq 386 (1986 год). Помнится, когда этот диск был впервые представлен на ярмарке Comdex в 1986 году, меня больше всего поразили широкий 40-жильный шлейф и зеленый мерцающий индикатор (до этого все индикаторы активности устройств были красными).

Компания Compaq впервые представила в выпускаемых компьютерах специальный шинный адаптер, обеспечивший подключение 98-контактного краевого разъема шины AT (также известной как ISA), расположенного на системной плате, к меньшему 40-контактному разъему, применяемому для соединения с накопителем. 40-контактного разъема оказалось вполне достаточно, поскольку контроллеру жесткого диска хватало 40 линий шины ISA. В меньших по размеру 2,5-дюймовых накопителях ATA, применяемых в портативных компьютерах, используется расширенный 44-контактный разъем, содержащий дополнительные контакты питания. Стандартному контроллеру жесткого диска AT требуются только сигнальные контакты оригинальной шины ISA, поддерживаемые шиной ATA. Например, поскольку первичный контроллер диска AT задействует лишь линию запроса прерывания 14 (IRQ 14), основной разъем системной платы ATA предоставляет только эту линию запроса, не требуя использования других линий IRQ. Даже если интерфейс ATA встроен в такой компонент набора микросхем системной логики, как южный мост или контроллер ввода-вывода (что типично для современных компьютеров), и работает на высоких тактовых частотах шины данных, схема расположения выводов и функциональное назначение контактов не отличаются от оригинальной конструкции шины ISA.

Примечание

Многие пользователи полагают, что в компьютерах, в которых разъем IDE установлен на системной плате, контроллер жесткого диска расположен на ней же. На самом деле это не так: контроллер находится в самом жестком диске. Несмотря на то что интегрированные в материнскую плату порты ATA часто называют *контроллерами*, с технической точки зрения их правильнее было бы называть *адаптерами контроллеров* (хотя мне никогда не приходилось слышать такой термин), т.е. устройствами, подключающими контроллер к шине.

Через некоторое время 40-контактный разъем и метод построения дискового интерфейса были представлены на рассмотрение в Комитет по стандартам при ANSI. Совместными усилиями этого института и компаний-изготовителей были устранены некоторые шероховатости, "подчищены хвосты", и в марте 1989 года был опубликован стандарт на интерфейсы, известный как *CAM ATA*. Однако еще до появления этого стандарта многие компании, например Conner Peripherals, вслед за CDC внесли некоторые изменения в первоначальную конструкцию. В результате многие старые накопители ATA очень трудно объединять в двухдисковую конфигурацию, принятую в современных системах. К началу 1990-х годов большинство производителей жестких дисков привели выпускаемые устройства в соответствие официальному стандарту, что решило все проблемы совместимости.

Некоторые разделы стандарта ATA не конкретизированы, и изготовителям предоставлена определенная свобода творчества при введении собственных команд и функций. Кстати, именно поэтому низкоуровневое форматирование накопителей IDE превратилось в столь сложную проблему. Программа форматирования при перезаписи заголовков секторов и создании карты дефектов должна обладать возможностью использования набора команд, разработанного для конкретной модели жесткого диска. К сожалению, при таком подходе размывается само понятие "стандарт". Большинство производителей жестких дисков публикуют программы низкоуровневого форматирования на своих сайтах поддержки.

Стандартная шина PATA представляет собой 16-разрядный параллельный интерфейс, т.е. по интерфейсному кабелю одновременно передается 16 бит данных (разрядов). Интерфейс SATA обеспечивает единовременную передачу по кабелю только одного бита данных, что позволяет уменьшить геометрические размеры используемого кабеля и обеспечить более высокую эффективность его работы, которая достигается за счет повышения циклической частоты передачи информации. На рис. 7.1 сравниваются размеры кабелей питания и данных шины SATA с геометрическими параметрами кабелей для параллельного интерфейса ATA (PATA).

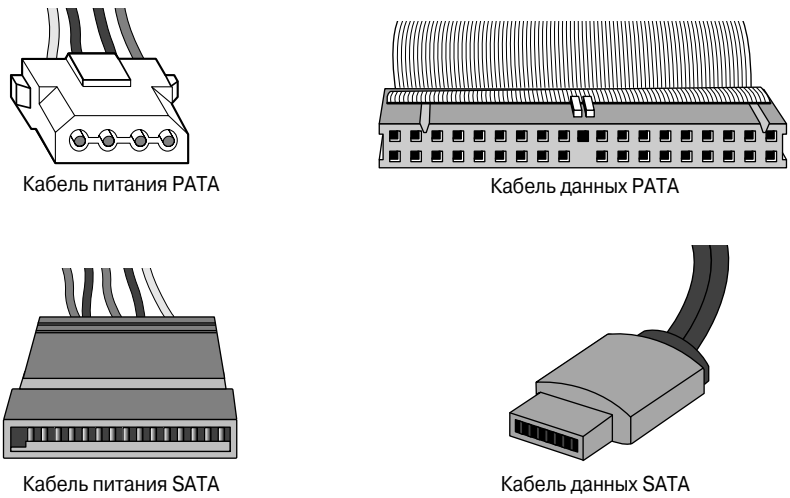


Рис. 7.1. Кабели питания/данных SATA имеют гораздо меньший размером, чем кабели параллельного интерфейса ATA

Стандарты ATA

В настоящее время развитием интерфейса ATA занимается независимая группа, включающая в себя представителей различных компаний-разработчиков ПК, жестких дисков и комплектующих. Эта группа, получившая название *Технический комитет T13* (`www.t13.org`), отвечает за развитие всех стандартов интерфейсов Serial и Parallel AT Attachment. Комитет T13 входит

в Интернациональный комитет по стандартам информационных технологий (International Committee on Information Technology Standards — INCITS), который работает в соответствии с правилами государственной организации ANSI (Национальный институт стандартизации США). Для создания стандартов SATA была сформирована группа, получившая название *Serial ATA Workgroup* (`www.serialata.org`), которая затем передала свои разработки Комитету T13 для завершения и официальной публикации. В последние стандарты ATA-7 и ATA-8 вошли требования к последовательному и параллельному интерфейсам ATA.

Правила, разрабатываемые этими комитетами, предназначены для согласования стандартов производителей, вовлеченных в этот технологический сектор рынка. В частности, Международный комитет стандартов информационных технологий (INCITS) разрабатывает стандарты систем обработки информации, в то время как Институт стандартизации ANSI утверждает процесс разработки этих стандартов и публикует их. Поскольку Комитет T13 — общественная организация, все рабочие проекты и их обсуждения открыты для публичного доступа.

Копии всех опубликованных стандартов можно заказать на сайтах ANSI (`www.ansi.org`) и Global Engineering Document (`http://global.ish.com`). Черновые версии стандартов можно загрузить с сайтов комитета T13 и организации SATA-IO.

Все версии стандарта ATA обратно совместимы, т.е. устройство ATA-1 или ATA-2 будет прекрасно работать с интерфейсом ATA-4 или ATA-5. Каждый последующий стандарт ATA основан на предыдущем. Это означает, что стандарт ATA-8, например, практически полностью соответствует функциональным особенностям ATA-7, но обладает дополнительными функциональными возможностями. Стандарты ATA-7 и ATA-8 содержат требования к параллельному и последовательному интерфейсам ATA.

В табл. 7.2 представлены сведения о существующих стандартах ATA, а их более подробное описание приведено далее.

Таблица 7.2. Стандарты ATA

Стандарт	Предложен, год	Опубликован, год	Прекращен выпуск новых продуктов, год	PIO	DMA	UDMA	Быстродействие параллельного ATA, Мбайт/с	Быстродействие SATA, Мбайт/с	Свойства
ATA-1	1988	1994	1999	0–2	0	—	8,33	—	Поддержка дисков емкостью до 136,9 Гбайт, не встроенная в BIOS
ATA-2	1993	1996	2001	0–4	0–2	—	16,67		Трансляция CHS/LBA для работы с дисками емкостью до 8,4 Гбайт
ATA-3	1995	1997	2003	0–4	0–2	—	16,67		Поддержка технологии S.M.A.R.T., обязательная поддержка LBA, исключение однословных режимов DMA
ATA-4	1996	1998	—	0–4	0–2	0–2	33,33		Режимы Ultra-DMA, поддержка дисков емкостью до 136,9 Гбайт на уровне BIOS
ATA-5	1998	2000	—	0–4	0–2	0–4	66,67		Режимы Faster UDMA, новый 80-контактный кабель с автоопределением
ATA-6	2000	2002	—	0–4	0–2	0–5	100,00		Режим UDMA с быстродействием 100 Мбайт/с; поддержка дисков емкостью до 144 Пбайт на уровне BIOS
ATA-7	2001	2004	—	0–4	0–2	0–6	133,00	150	Режим UDMA с быстродействием 133 Мбайт/с
ATA-8	2004	—	—	—	—	—	—	300	Незначительные изменения

SMART — Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology (технология самоконтроля с анализом).
Пбайт — петабайт (один квадрильон байтов).
CHS — Cylinder Head Sector (система адресации типа цилиндр/головка/сектор).
LBA — Logical Block Address (адресация логических блоков).
UDMA — Ultra DMA (Direct Memory Access — прямой доступ к памяти).

Стандарт ATA-1

Стандарт ATA-1 определяет оригинальный интерфейс AT Attachment (интегрированный интерфейс шины между дисковыми устройствами и адаптером к шине ISA). В спецификации ATA-1 были определены и документированы следующие основные свойства:

- 40/44-контактный разъем и кабель;
- параметры выбора конфигурации диска (ведущий/ведомый);
- параметры сигналов для основных режимов PIO (программируемый ввод-вывод) и DMA (прямой доступ к памяти);
- преобразование параметров накопителя CHS (Cylinder Head Sector) и LBA (Large Block Address) для устройств емкостью до 267386880 секторов (136,9 Гбайт).

Хотя интерфейс ATA-1 используется с 1986 года, работу по его превращению в официальный стандарт Комитетом CAM (Common Access Method — общий метод доступа) начал только в 1988 году. Стандарт ATA-1 был завершен и официально опубликован в 1994 году под названием *ANSI X3.221-1994, AT Attachment Interface for Disk Drives*. Официально его поддержка была прекращена 6 августа 1999 года.

Хотя стандарт ATA-1 теоретически поддерживает диски емкостью до 136,9 Гбайт ($2^{28}-2^{20}$ = 267386880 секторов), он не позволил обойти ограничения BIOS, из-за чего максимальный объем дисков составил 528 Мбайт ($102416 \times 63 = 1032192$ сектора). Ограничения BIOS удалось обойти только в последующих версиях стандарта ATA, поскольку на то время жестких дисков объемом более 528 Мбайт не существовало.

Стандарт ATA-2

Этот стандарт, опубликованный в 1996 году, представляет собой расширение первоначального стандарта ATA (IDE). Наиболее существенные дополнения таковы:

- возможность работы в режимах быстрого программного ввода-вывода (Faster PIO) и прямого доступа к памяти (DMA);
- поддержка расширенной системы управления питанием;
- поддержка съемных устройств;
- поддержка устройств PCMCIA (PC Card);
- поддержка команды `Identify Drive`, с помощью которой можно получить дополнительные сведения о диске;
- стандарт CHS/LBA, определенный для дисков емкостью до 8,4 Гбайт.

Наиболее важным нововведением в стандарте ATA-2 была поддержка более быстродействующих режимов PIO и DMA, а также накопителей объемом до 8,4 Гбайт на уровне BIOS, поскольку, несмотря на поддержку стандартом ATA-1 дисков емкостью до 136,9 Гбайт, первые версии PC BIOS позволяли работать с дисками объемом не более 528 Мбайт. Добавление функции трансляции параметров позволило увеличить объем поддерживаемых BIOS накопителей до 8,4 Гбайт. Подробнее об этом речь пойдет ниже.

Кроме того, ATA-2 вносит некоторые изменения в команду идентификации жесткого диска, в результате чего появляется возможность передавать в систему более подробные сведения о нем. Это особенно важно как для технологии Plug and Play, так и для совместимости с последующими версиями стандарта.

Стандарт ATA-2 иногда называют Fast-ATA или Fast-ATA-2 (компании Seagate/Quantum), а также EIDE (Enhanced IDE) (компания Western Digital).

Хотя работа над стандартом ATA-2 была начата в 1993 году, впервые он был опубликован в 1996 году под названием *ANSI X3.279-1996 AT Attachment Interface with Extensions*. Официальная поддержка ATA-2 прекращена в 2001 году.

Стандарт ATA-3

Стандарт ATA-3 предложил незначительные изменения по сравнению со своим предшественником. Среди наиболее заметных нововведений следующие:

- исключение 8-разрядного протокола передачи данных по каналам DMA;
- технология самоконтроля с анализом S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysis and Report Technology) для предсказания снижения быстродействия устройства;
- поддержка режима LBA стала обязательной (раньше она таковой не являлась);
- добавлен режим Security ATA, позволяющий защитить паролем доступ к устройству;
- приведены рекомендации относительно терминаторов шины для обеспечения повышенной помехоустойчивости при высоких скоростях передачи данных.

Стандарт ATA-3 базируется на стандарте ATA-2, но обеспечивает более высокую надежность, особенно при использовании режимов обмена данными PIO Mode 4; однако в нем не определено ни одного более быстродействующего режима. При этом были добавлены такие функции, как защита паролем, расширенное управление электропитанием, а также поддержка технологии S.M.A.R.T. Это позволяет накопителю контролировать свое состояние и в случае обнаружения проблем сообщать об этом, благодаря чему предотвращается потеря данных. Технология S.M.A.R.T. изначально была разработана компанией IBM.

Работа над стандартом ATA-3 была начата в 1995 году, а опубликован он в 1997 году под названием *ANSI X3.298-1997, AT Attachment 3 Interface*. Официальная поддержка стандарта ATA-3 прекращена в 2002 году.

Стандарт ATA/ATAPI-4

Спецификация ATA-4 была опубликована в 1998 году. В соответствии с ней пакетный интерфейс ATAPI рассматривается как полноправный, а не вспомогательный интерфейс ATA, причем полностью совместимый с ним. Это позволило подключать к стандартному интерфейсу такие устройства, как приводы оптических CD-ROM и CD-RW, приводы гибких дисков LS-120 SuperDisk, Zip-устройства, ленточные накопители и т.д. До этого времени стандарт ATAPI был формально отделен от ATA. Кроме того, ATA-4 поддерживает режимы Ultra-DMA (называемые также Ultra-ATA) для еще более быстрой передачи данных. Режим с самым высоким эксплуатационным показателем, называемый DMA/33, имеет пропускную способность 33 Мбайт/с.

Основные нововведения стандарта ATA-4 следующие:

- режим передачи данных Ultra-DMA, обеспечивающий скорость до 33 Мбайт/с;
- интегрированная поддержка ATAPI;
- поддержка расширенного управления питанием;
- новый 80-жильный 40-контактный кабель, обладающий повышенной помехозащищенностью;
- поддержка защищенной области жесткого диска (HPA);
- поддержка Compact Flash Adapter (CFA);
- улучшенная BIOS с поддержкой дисков большой емкости (более 9,4 трлн. гигабайт), хотя стандарт ATA по-прежнему ограничен максимальным объемом 136,9 Гбайт.

Степень поддержки и скорость интерфейса ATA в системе определяются главным образом набором микросхем используемой системной платы. Большинство микросхем системной логики поставляется с такими компонентами, как микросхемы южного моста или контроллера ввода-вывода, поддерживающие интерфейс ATA (а также другие функции). Чтобы узнать, поддерживает ли материнская плата режимы ATA/33, ATA/66, ATA/100 и ATA/133, почитайте документацию к системной плате или ее набору микросхем. Можно также запустить

программу настройки BIOS, открыть меню с пользовательскими настройками жесткого диска и просмотреть перечисленные режимы Ultra-DMA (если таковые имеются). Большинство системных плат, выпущенных в 1998 году, поддерживают ATA/33; начиная с 2000 года платы поддерживают режим ATA/66, а с конца 2000 года — режим ATA/100. Системные платы, выпускаемые с средины 2002 года, поддерживают режим ATA/133.

Стандарт ATA-4 ввел поддержку ATAPI. Таким образом, ATAPI перестал существовать как отдельный интерфейс, независимый от ATA. Это позволило использовать ATA в качестве интерфейса других устройств. Кроме того, в стандарт ATA-4 была добавлена поддержка высокоскоростных режимов передачи данных Ultra-DMA. Так, режим UDMA/33 имел пропускную способность 33 Мбайт/с, что вдвое выше, чем у ранее использовавшихся режимов PIO и DMA. Режим UDMA к тому же еще и уменьшал нагрузку на процессор, что позволило добиться еще большего прорыва в производительности.

Необязательный 80-жильный кабель предназначен для передачи данных в режиме UDMA/33. Несмотря на то что в данном случае этот кабель использовать необязательно, в последующих высокоскоростных режимах ATA/55, ATA/100 и ATA/133, введенных стандартом ATA-5, он станет обязательным.

Поддержка защищенной области жесткого диска (HPA) была введена с целью поддержки необязательной команды `SET MAX ADDRESS`, позволяющей выделять некоторое пространство жесткого диска для программ восстановления.

Также в стандарт была включена поддержка очередей команд, аналогичных SCSI-2. Это позволило лучше обслуживать многозадачные системы, в которых одновременно работающие программы отправляют свои запросы на передачу данных по интерфейсу ATA.

В 1998 году Комитет T13 утвердил стандарт *ANSI NCITS 316-1998 1394 to AT Attacment — Tailgate*, описывающий протокол сопряжения между шиной IEEE-1394 (iLink/FireWire) и накопителем ATA. Этот протокол дает возможность обеспечить взаимодействие накопителей ATA с шиной FireWire. Сам шлюз сопряжения представляет собой адаптер (в виде, как правило, небольшой монтажной платы), используемый для преобразования сигналов IEEE-1394 (iLink/FireWire) в ATA, что позволяет подключать накопители ATA к шине FireWire. Это дало возможность производителям быстро начать разработку внешних дисковых накопителей, подключаемых по интерфейсу IEE 1394. В настоящее время практически во всех внешних накопителях FireWire содержатся шлюзовое устройство и стандартный накопитель ATA.

Стандарт ATA/ATAPI-5

Стандарт ATA-5 был представлен в 1998 году и базируется на предыдущем стандарте, ATA-4. Он включает в себя спецификацию Ultra-ATA/66 (также известную как Ultra-DMA 6 или UDMA/66), в которой скорость пакетной передачи протокола Ultra-ATA удвоена за счет сокращения времени синхронизации и повышения частоты. Последнее привело к увеличению помех при передаче по стандартному 40-жильному кабелю, применяемому в интерфейсах ATA и Ultra-ATA. Для снижения уровня помех был разработан 80-жильный 40-контактный кабель. Он был впервые представлен для интерфейса ATA-4, однако стал обязательным для ATA-5 в случае использования режима UDMA/66. Этот кабель имеет 40 дополнительных заземляющих проводов между каждой из 40 основных сигнальных и заземляющих линий, что помогает изолировать сигналы от взаимных наводок. Данный кабель работает не только с устройствами Ultra-ATA, но и со старыми устройствами, поскольку все 40 контактов имеют то же назначение, что и раньше.

Работа над стандартом ATA-5 была начата в 1998 году, а официально он был опубликован в 2000 году под названием *ANSI NCITS 340-2000, AT Attachment-5 with Packet Interface*.

Этот стандарт был дополнен такими возможностями:

- режим передачи Ultra-DMA (UDMA), рассчитанный на скорость до 66 Мбайт/с (так называемая спецификация UDMA/66 или Ultra-ATA/66);
- 80-жильный кабель, необходимый для работы в режиме UDMA/66;

- автоматическое определение кабеля — 40- или 80-жильный;
- возможность использования режимов выше UDMA33 (только при наличии 80-жильного кабеля).

Новый 40-контактный 80-жильный кабель может работать в режиме выбора кабеля и имеет особую цветную разметку разъемов. Голубой (концевой) разъем подключается к плате интерфейса ATA (обычно к системной плате). Черный (с другой стороны кабеля) разъем называется мастер-разъемом; к нему подключается ведущий диск. Серый (центральный) разъем используется для подключения ведомого устройства.

Чтобы использовать режимы UDMA/33 и UDMA/66, интерфейс ATA, накопитель, BIOS и кабель должны быть совместимы с режимом, который вы хотите применить. Кроме того, операционная система должна поддерживать прямой доступ к памяти. Системы Windows 95 OSR2 и более поздние поддерживают режим прямого доступа к памяти, однако таким версиям, как Windows 95 и Windows NT (до появления пакета обновления Service Pack 3), необходимы дополнительные драйверы этих скоростных режимов. За обновленными версиями драйверов следует обратиться к производителю системы или материнской платы.

Для повышения надежности в режимах Ultra-DMA используется механизм обнаружения ошибок *CRC*. Этот алгоритм поиска вычисляет контрольную сумму, используемую для обнаружения ошибок в потоке данных. И контроллер, и диск вычисляют значение CRC для каждой передачи в канале Ultra-DMA. После пересылки данных диск отдельно рассчитывает значение CRC и сравнивает его со значением, которое присылает контроллер. Если эти значения отличаются, то контроллер понижает скорость передачи и повторно отправляет данные.

Стандарт ATA/ATAPI-6

Работа над стандартом ATA-6 была начата в 2000 году; данный стандарт поддерживает спецификацию Ultra-ATA/100 (также известную как UDMA/100), в которой скорость пакетной передачи протокола Ultra-ATA удвоена за счет сокращения времени синхронизации и повышения частоты. Как и в случае использования стандарта ATA-5, для обеспечения скоростных режимов работы необходим 80-жильный кабель. Для обеспечения работоспособности режима Ultra-ATA/100 его должны поддерживать и накопитель, и системная плата.

Стандарт ATA-6 был официально опубликован в начале 2002 года и дополнен следующими возможностями:

- режим 5 Ultra-DMA (UDMA), позволяющий передавать данные со скоростью до 100 Мбайт/с (так называемая спецификация UDMA/100, Ultra-ATA/100 или просто ATA/100);
- количество секторов, приходящихся на каждую команду, увеличилось с 8-разрядных чисел (256 секторов, или 131 Кбайт) до 16-разрядных (65536 секторов, или 33,5 Мбайт), что позволило повысить эффективность передачи файлов большого размера;
- расширение адресации LBA с 2^{28} до 2^{48} (281474976710656) секторов, позволяющее поддерживать диски емкостью до 144,12 Пбайт (1 Пбайт равен 1 квадрильону байтов);
- адресация CHS признана устаревшей; дисководы должны использовать только 28- или 48-разрядную адресацию LBA.

Помимо повышения скорости передачи данных до 100 Мбайт/с, ATA-6 весьма своевременно увеличил поддерживаемую емкость диска. ATA-5 и стандарты более ранних версий поддерживают диски емкостью не более 136,9 Гбайт, что ограничивает увеличение емкости производимых дисков. В 2001 году появились первые коммерческие 3,5-дюймовые диски, емкость которых превысила 137 Гбайт. На тот момент существовали только SCSI-версии этих накопителей, что было связано с ограничениями стандартов ATA. При использовании стандарта ATA-6 адресация LBA была расширена с 2^{28} до 2^{48} секторов. Это означает, что вместо 28-разрядного числа, которое использовалось логическим блоком адресации, в стандарте ATA-6

при необходимости может использоваться 48-разрядное число. Это позволяет при емкости сектора, равной 512 байт, повысить максимальную поддерживаемую емкость накопителей до 144,12 Пбайт (т.е. более 144,12 квадрильона байтов!) Следует отметить, что 48-разрядная адресация является необязательной и используется только для дисководов, емкость которых превышает 137 Гбайт. Дисководы, емкость которых меньше или равна 137 Гбайт, могут использовать как 28-, так и 48-разрядную адресацию.

Стандарт ATA/ATAPI-7

Работа над стандартом ATA-7 началась в конце 2001 года, а его окончательная версия была опубликована в 2004 году. Как и все стандарты ATA, он опирается на предыдущую версию, дополняя ее некоторыми возможностями.

Основные нововведения стандарта ATA-7 приведены ниже.

- Добавлен режим 6 Ultra DMA, увеличивающий скорость передачи данных до 133 Мбайт/с. Как и в режимах 5 (100 Мбайт/с) и 4 (66 Мбайт/с), обязательно использование 80-жильного кабеля.
- Добавлена поддержка длинных физических секторов. Это позволяет форматировать устройства так, чтобы один физический сектор содержал несколько логических секторов. Каждый физический сектор хранит поле кода коррекции ошибок (ECC), так что увеличение емкости физического сектора позволило повысить эффективность кодов ECC, которых стало меньше.
- Добавлена поддержка длинных логических секторов. Это позволило серверным приложениям использовать в каждом секторе дополнительные байты (520 или 528 байт вместо 512 байт). Устройства, использующие длинные логические секторы, не имеют обратной совместимости с устройствами и приложениями, использующими стандартные 512-байтовые секторы (такими, как стандартные настольные и портативные системы).
- В стандарт ATA-7 включены требования к последовательному интерфейсу ATA (SATA).
- Документ стандарта ATA-7 разбит на три тома. В первый том вошли набор команд и логические регистры. Второй том посвящен протоколам параллельной передачи данных, а третий — протоколам последовательной передачи данных.

Благодаря использованию режимов UDMA пропускная способность интерфейса, соединяющего контроллер, встроенный в накопитель, с системной платой, заметно повысилась. Но, несмотря на это, средняя максимальная скорость передачи при чтении данных в большинстве накопителей ATA, к числу которых относятся дисководы, поддерживающие режим UDMA Mode 6 (133 Мбайт/с), все еще не превышает 60 Мбайт/с. Это означает, что при использовании современных накопителей ATA, позволяющих передавать данные от дисковода к системной плате со скоростью 133 Мбайт/с, фактическая скорость передачи данных, считываемых головками с жестких дисков накопителя, будет примерно вдвое меньше. Исходя из этих соображений, можно заметить, что использование накопителя, поддерживающего режим UDMA Mode 6 (133 Мбайт/с), и системной платы, работающей только в режиме UDMA Mode 5 (100 Мбайт/с), приводит к весьма незначительному снижению фактической скорости передачи данных. Аналогично этому замена хост-адаптера ATA, имеющего скорость передачи 100 Мбайт/с, устройством с пропускной способностью 133 Мбайт/с не позволит повысить фактическую скорость передачи данных при использовании накопителя, считывающего данные с жестких дисков примерно с половинной скоростью. При выборе накопителя не забывайте о том, что скорость передачи носителей является более важным показателем, чем скорость передачи интерфейса, так как представляет собой главный ограничивающий фактор.

Режим передачи данных со скоростью 133 Мбайт/с был изначально предложен компанией Maxtor, и только немногие производители впоследствии поддержали его. В среде производителей наборов микросхем системной логики компании VIA, ALi и SiS интегрировали поддержку режима ATA/133 до перехода к интерфейсу Serial ATA; компания Intel же воздержалась

от этого шага. Это значит, что подавляющее большинство систем не имеет поддержки режима ATA/133; в то же время все устройства ATA/133 способны работать и в режиме ATA/100.

Стандарт SATA/ATAPI-8

В 2004 году была начата работа над стандартом SATA-8, который базируется на стандарте ATA-7 и подразумевает дальнейшее развитие Serial ATA с одновременной полной поддержкой параллельного интерфейса ATA. Основные нововведения стандарта SATA-8 следующие:

- замена функций `read long/write long`;
- улучшенное управление защищенной областью диска (HPA).

По мере развития стандарта в нем находят свое отражение предложения, направленные комитетом SATA-IO, в том числе повышенная скорость передачи данных (3 и даже 6 Гбайт/с).

Параллельный интерфейс ATA

Параллельный интерфейс ATA (PATA) имеет уникальные спецификации и требования к физическому соединению устройств и их разъемам. В следующих разделах будут подробно описаны все отличительные особенности интерфейса PATA.

Разъем ввода-вывода параллельного ATA

Чтобы предотвратить неправильное подключение, 40-контактный разъем интерфейса ATA (рис. 7.2) обычно снабжают ключом. Этот ключ на штекере кабеля обычно выполняют в виде выступа, а также заблокированного контакта с номером 20 (рис. 7.3). На самом устройстве ключу соответствует разрез, а контакт с номером 20 отсутствует.

Настоятельно рекомендуется приобретать кабели и устройства с ключами на разъемах и штекерах, чтобы исключить неправильное подключение устройств. Неправильное подключение кабеля IDE обычно не наносит существенного вреда, но может заблокировать систему, что приведет к ее "зависанию" или сделает запуск невозможным.

Назначение выводов разъема IDE приведено в табл. 7.3.

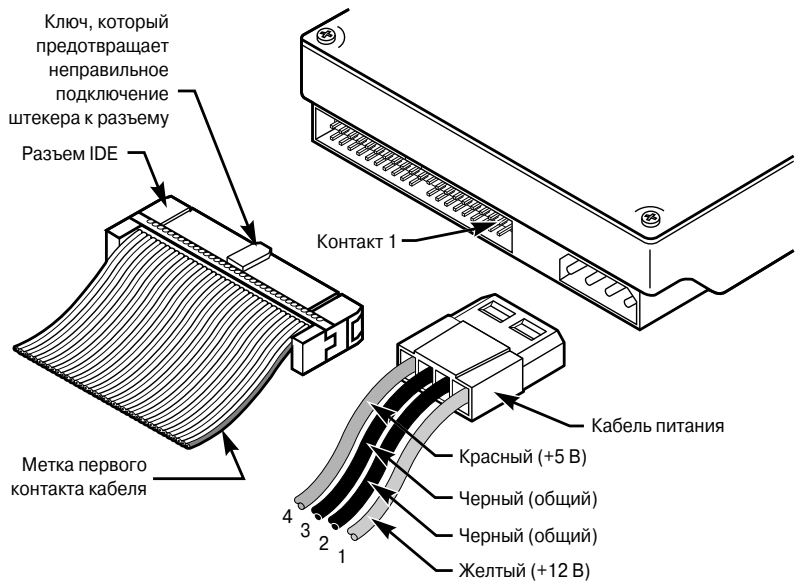


Рис. 7.2. Подключение жесткого диска ATA (IDE)

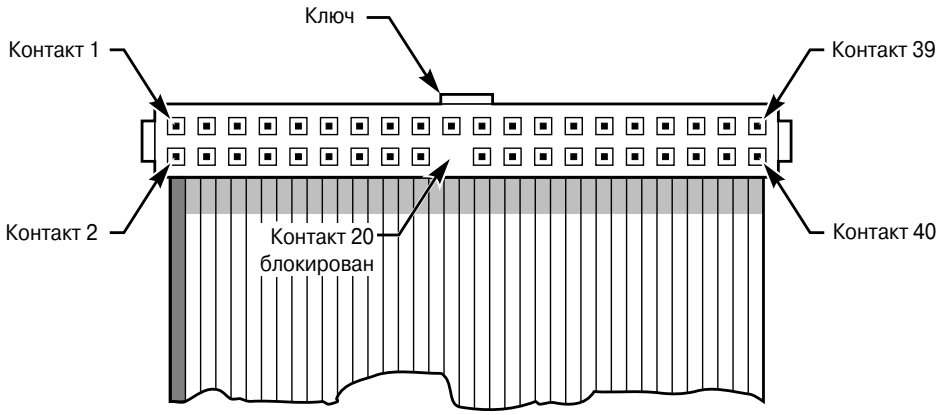


Рис. 7.3. Внешний вид 40-контактного разъема интерфейса ATA

Таблица 7.3. Назначение выводов разъема интерфейса ATA IDE

Название сигнала	Вывод	Вывод	Название сигнала
–RESET	1	2	Общий
Данные, бит 7	3	4	Данные, бит 8
Данные, бит 6	5	6	Данные, бит 9
Данные, бит 5	7	8	Данные, бит 10
Данные, бит 4	9	10	Данные, бит 11
Данные, бит 3	11	12	Данные, бит 12
Данные, бит 2	13	14	Данные, бит 13
Данные, бит 1	15	16	Данные, бит 14
Данные, бит 0	17	18	Данные, бит 15
Общий	19	20	Ключ (нет вывода)
DRQ 3	21	22	Общий
–IOW	23	24	Общий
–IOR	25	26	Общий
IO CH RDY	27	28	SPSYNC:CSEL[1]
–DACK 3	29	30	Общий
IRQ 14	31	32	Зарезервирован[2]
Адрес, бит 1	33	34	–PDIAG
Адрес, бит 0	35	36	Адрес, бит 2
–CS1FX	37	38	–CS3FX
–DA/SP	39	40	Общий
+5 В (питание электроники)	41	42	+5 В (питание двигателя)
Общий	43	44	Зарезервирован

1. Контакт 28 обычно отвечает за режим Cable Select, однако некоторые старые модели накопителей используют его для синхронизации шпинделя для нескольких накопителей.

2. Контакту 32 был назначен сигнал –IOCS16 согласно стандарту ATA-2, однако в настоящее время он не используется.

Знак "–" перед названием сигнала (например, –RESET) указывает на то, что сигнал является "активно низким".

В портативных компьютерах для подключения 2,5-дюймового дисковода обычно используется уменьшенный унифицированный 50-контактный разъем, выводы которого расположены на расстоянии 2 мм (0,079 дюйма) друг от друга. Кроме основной 40-контактной части, которая практически не отличается от стандартного разъема ATA (за исключением уменьшенного расстояния между выводами), существуют также дополнительные выводы питания и перемычек. Обычно для подключения к разъему используется 44-контактный кабель, передающий силовое напряжение питания и стандартные сигналы ATA. Статус жесткого диска определяется поло-

жением имеющейся на нем перемычки или переключателя: ведущий (Master), ведомый (Slave) или выбор кабеля (Cable Select). Унифицированный 50-контактный разъем, используемый для подключения 2,5-дюймовых дисководов ATA, показан на рис. 7.4.

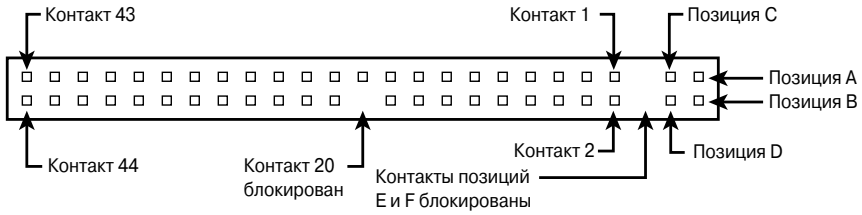


Рис. 7.4. Схема унифицированного 50-контактного разъема, используемого для подключения 2,5-дюймовых дисководов ATA в портативных компьютерах с помощью 44-контактного кабеля

Обратите внимание на выводы позиций A–D и удаленные выводы позиций E и F. Перемычка, используемая для определения статуса жесткого диска, обычно располагается между контактами позиций B и D. Выводы 41 и 42 разъема служат для подачи питания напряжением +5 В к логической схеме дисковода (на монтажную плату) и электродвигателю соответственно; вывод 43 заземлен (т.е. подключен к общему проводу); вывод 44 является резервным и в данной конструкции не используется. Следует также отметить, что в 2,5-дюймовых дисководах, в отличие от дисководов большего размера, используется электродвигатель с рабочим напряжением 5 В, а не 12 В.

Назначение выводов унифицированного 50-контактного разъема интерфейса ATA, используемого большинством 2,5-дюймовых дисководов (портативные компьютеры или ноутбуки), приведено в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Назначение выводов унифицированного 50-контактного разъема ATA

Название сигнала	Вывод	Вывод	Название сигнала
Вывод перемычки	A	B	Вывод перемычки
Вывод перемычки	C	D	Вывод перемычки
Ключ (нет вывода)	E	F	Ключ (нет вывода)
-RESET	1	2	Общий
Бит данных 7	3	4	Бит данных 8
Бит данных 6	5	6	Бит данных 9
Бит данных 5	7	8	Бит данных 10
Бит данных 4	9	10	Бит данных 11
Бит данных 3	11	12	Бит данных 12
Бит данных 2	13	14	Бит данных 13
Бит данных 1	15	16	Бит данных 14
Бит данных 0	17	18	Бит данных 15
Общий	19	20	Ключ (нет вывода)
DRQ 3	21	22	Общий
-IOW	23	24	Общий
-IOR	25	26	Общий
I/O CH RDY	27	28	CSEL
-DACK 3	29	30	Общий
IRQ 14	31	32	Резервный
Разряд адреса 1	33	34	-PDIAG
Разряд адреса 0	35	36	Разряд адреса 2
-CS1FX	37	38	-CS3FX
-DA/SP	39	40	Общий
+5 В (логическая схема)	41	42	+5 В (электродвигатель)
Общий	43	44	Резервный

Примечание

Многие компании, производящие недорогие платы и кабели, не обращают на ключи никакого внимания. В разъемах ATA, используемых в дешевых системных платах, вывод 20 обычно не удален, а соответствующий контактный вывод в кабеле не блокирован. Условие правильной установки заключается в использовании закрытого разъема с пазом на системной плате и кабельного штекера с соответствующим выступом. Несоблюдение этого условия может привести к неправильному подключению кабеля. Часто самой вероятной причиной неработоспособности устройства является неверная ориентация соединительного кабеля.

Следует заметить, что в некоторых системах видеоданные воспроизводятся только в том случае, если накопители ATA реагируют на команду инициализации, которая может не поступать при неправильном подключении кабеля. Таким образом, установив в системе накопитель ATA, не снабженный ключом, включите компьютер и, если система окажется заблокированной (т.е. на экране ничего не отразится), проверьте подключение кабеля ATA. На рис. 7.6 приведены примеры кабелей ATA со снабженными ключами и без таковых.

В редких случаях при установке различных аппаратных компонентов можно встретить кабель с блокированным выводом 20 (как это и должно быть) и разъем, в котором вывод 20 все еще существует. При этом можно удалить вывод 20 с системной платы, а также разблокировать вывод кабеля или воспользоваться другим кабелем, не имеющим блокированного вывода. В некоторых кабелях блок представляет собой часть корпуса кабельного разъема, следовательно, придется либо удалить вывод 20 на системной плате, либо взять другой кабель.

Существует простое правило, согласно которому вывод 1 должен располагаться со стороны разъема питания подключаемого устройства, чему обычно соответствует красная полоса на кабеле.

Кабель ввода-вывода параллельного ATA

Для передачи сигналов между адаптером шины и жестким диском (контроллером) предназначен 40-контактный ленточный кабель. Чтобы по возможности не допускать искажения формы сигнала, увеличения задержек и уровня помех, длина кабеля не должна превышать 46 см (18 дюймов), хотя тестирование показало, что 80-жильные кабели могут достигать длины 69 см (27 дюймов).

Учтите, что новые высокоскоростные интерфейсы IDE наиболее подвержены помехам, возникающим в кабелях, особенно в слишком длинных. В них возможны нарушение целостности данных и другие неприятности, которые могут вывести из себя даже самых хладнокровных пользователей. Кроме того, любой жесткий диск, работающий в режиме UDMA Mode 4 (66 Мбайт/с), Mode 5 (100 Мбайт/с) или Mode 6 (133 Мбайт/с), должен подключаться к 80-жильному кабелю. Такой же кабель не помешает использовать и для жесткого диска UDMA/33. Я всегда храню специальный высококачественный 80-жильный кабель IDE в комплекте инструментов для тестирования дисков на тот случай, если возникнет подозрение, что проблемы связаны с качеством кабеля. На рис. 7.5 показаны структура типового кабеля ATA и его размеры.

Примечание

Цветовая кодировка разъемов, которая применяется во всех 80-жильных кабелях, в большинстве 40-жильных кабелей не используется.

В настоящее время применяются два типа кабелей — 40- и 80-жильные (рис. 7.6). В обоих используются 40-контактные разъемы, а остальные проводники в 80-жильном кабеле заземлены. Такое конструктивное решение позволяет снизить уровень помех в высокоскоростных интерфейсах UltraATA/66 или более новых. Современные устройства и адаптеры ATA способны отличить подключение 80-жильного кабеля от 40-жильного; в последнем случае просто отключается поддержка высокоскоростных режимов (ATA/66, ATA/100 и ATA/133) и отображается соответствующее предупреждение. Новый 80-жильный кабель обратно совместим с 40-жильным, так что лучше использовать именно этот тип кабеля, причем независимо от интерфейса установленного накопителя.

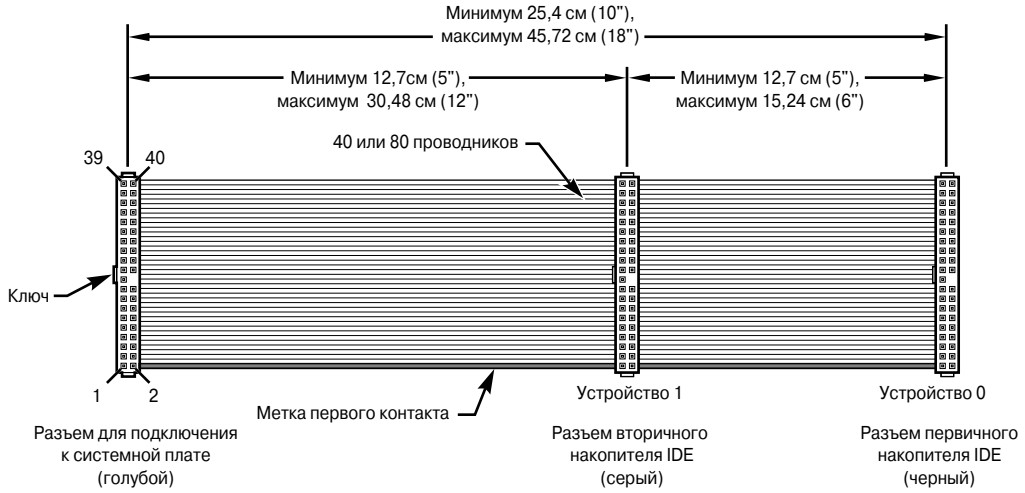


Рис. 7.5. Кабель ATA (IDE) с 40 контактами и 40 или 80 жилами (в 80-жильной версии дополнительные жилы используются для заземления)

Один студент однажды спросил меня, как отличить 40-жильный кабель от 80-жильного. Мой ответ был прост: подсчитать выступы на плоском кабеле. К тому же 80-жильный кабель менее ребристый, т.е. более гладкий.

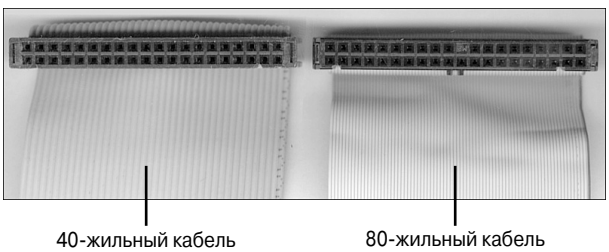


Рис. 7.6. Кабели параллельного интерфейса ATA: 40-жильный (слева) и 80-жильный (справа)

Обратите внимание на то, что 80-жильные кабели снабжены ключами, которые позволяют предотвратить неправильное их подключение. В неудачно сконструированном 40-жильном кабеле, который показан на рис. 7.6, ключа нет; в то же время большинство качественных 40-контактных кабелей снабжено ключами. Поскольку наличие ключей — не обязательное условие, при конструировании более дешевых версий от них решили отказаться. В соответствии со стандартами ATA все 80-жильные кабели должны снабжаться ключами.

Длинные и круглые кабели

Официальный параллельный стандарт ATA ограничивает длину кабеля 18 дюймами (46 см); однако выпускаются и более длинные кабели, вплоть до 36 дюймов (91 см) и даже больше. Меня часто спрашивают, зачем производятся подобные кабели, если стандарт не допускает использования кабелей длиной более 18 дюймов? Ответ таков: далеко не все, что продается, соответствует стандартам и работает должным образом! Мне неоднократно встречались неправильно спроектированные и некачественно изготовленные вещи. Однако многие вполне успешно пользуются длинными кабелями, хотя я немало слышал о том, что они вызывают проблемы. И поэтому я решил исследовать данный вопрос более тщательно.

В результате я пришел к выводу, что можно смело использовать 80-жильные кабели длиной до 27 дюймов (69 см), в то время как при использовании 40-жильных кабелей их длина должна быть ограничена 18 дюймами (46 см) в полном соответствии со стандартом.

Попытки внести изменения в стандарт параллельного интерфейса ATA для обеспечения возможности использования кабелей длиной 27 дюймов (69 см) все же предпринимались. В документе, доступном по адресу `www.t13.org/Documents/UploadedDocuments/technical/e00151r0.pdf`, можно найти замечания о том, что существуют пренебрежимо малые различия в целостности сигналов Ultra DMA Mode 5 при использовании 80-жильных кабелей длиной 18 дюймов (46 см) и 27 дюймов (69 см). Стандарт удлиненных кабелей предлагался в октябре 2000 года, но так и не был утвержден. Однако факт остается фактом: при использовании 80-жильных кабелей длиной 27 дюймов (69 см) не возникает никаких проблем.

Тем не менее хочу дать еще одну рекомендацию: не используйте так называемые круглые кабели ATA. Подобная конструкция стандартом ATA не предусмотрена; кроме того, использование круглых кабелей приводит к возникновению проблем, связанных с перекрестными помехами и шумом. Согласно спецификации в 80-жильных кабелях каждый заземляющий провод расположен между сигнальными проводами плоского кабеля; при "скруглении" же возможно соприкасание сигнальных проводов, что приводит к перекрестным помехам и шуму, а это, в свою очередь, — к ошибкам передачи данных.

Разумеется, многие вполне успешно используют круглые кабели, однако мои знания в области электроники, а также знакомство со стандартами ATA не позволяют решиться на использование подобных кабелей.

Управляющие сигналы параллельного интерфейса ATA

В этом разделе описаны наиболее важные сигналы ATA, т.е. приведена подробная информация об установке и конфигурировании дисковода. В частности, эта информация поможет понять, как работает функция Cable Select (выбор кабеля).

Вывод 20 играет роль ключа для правильной ориентации разъема и попросту отсутствует. Этот вывод и соответствующее отверстие в ответной части должны отсутствовать во всех разъемах интерфейса ATA. Все это необходимо для того, чтобы предотвратить неправильное подключение кабеля. Естественно, никаких сигналов на вывод 20 не подается.

На вывод 39 подается сигнал *DA/SP* (Drive Active/Slave Present — устройство активно, ведомый диск присутствует), одновременно выполняющий две функции. Сразу после включения компьютера на вывод 39 поступает напряжение, свидетельствующее о наличии в системе ведомого жесткого диска. После этого каждый жесткий диск периодически отсылает сигнал, подтверждающий его активность. Старые устройства не поддерживали такой протокол и оснащались стандартными перемычками для возможности работы в паре с другими устройствами на одном канале IDE. По этой причине одни устройства требуют установки перемычки ведомого устройства (SP), а другие — нет.

Через вывод 28 могут передаваться два сигнала: *SPSYNC* (Spindle Synchronization — синхронизация шпинделя) и *CSEL* (Cable Select — выбор кабеля). Однако во время установки можно задать параметры так, чтобы использовалась только одна из этих функций. Сигнал SPSYNC может понадобиться для синхронизации вращения шпиндельного двигателя, но чаще всего через указанный вывод передается второй из возможных сигналов — CSEL. С его помощью можно определить жесткий диск либо как ведущий (присваивается номер 0), либо как ведомый (присваивается номер 1), не переставляя в них при этом никаких перемычек. Если линию CSEL, к которой подключен данный жесткий диск, заземлить (подсоединить к общему проводу), то накопитель будет первичным; если же оставить ее свободной (не подключать к общему проводу), то накопитель окажется вторичным.

Линии CSEL для разных жестких дисков можно заземлить (подключить к общему проводу) по отдельности, воспользовавшись Y-образным кабелем-раздвоителем. В нем разъем, подключенный к шине IDE, смонтирован в середине кабеля, а разъемы для двух жестких дисков —

на противоположных концах. В одной из ветвей кабеля линия CSEL заземлена (первичный жесткий диск), а в другой — свободна.

Подключение двух жестких дисков PATA

Установка двух накопителей IDE в одном компьютере может оказаться проблематичной, поскольку каждый из них имеет собственный контроллер и оба должны функционировать, будучи подключенными к одной шине. Поэтому важно найти метод, позволяющий адресовать каждую конкретную команду только одному контроллеру.

В стандарте ATA предусмотрен способ организации совместной работы двух последовательно подключенных жестких дисков. Статус жесткого диска (ведущий или ведомый) определяется либо путем установки имеющейся в нем перемычки или переключателя (с обозначением *Master* для ведущего и *Slave* для ведомого), либо путем подачи по одной из линий интерфейса управляющего сигнала выбора кабеля *CSEL*.

При установке в системе только одного жесткого диска его контроллер реагирует на все команды, поступающие от компьютера. Если жестких дисков два (а следовательно, и два контроллера), то команды поступают на оба контроллера одновременно. Их следует настраивать так, чтобы каждый жесткий диск реагировал только на адресованные ему команды. Именно для этого и служат перемычка (переключатель) *Master/Slave* и управляющий сигнал *CSEL*. Когда система передает команду определенному накопителю, контроллер другого дисковода должен "сохранять молчание" до тех пор, пока выбранные накопитель и контроллер продолжают функционировать. Установка перемычки в положение *Master* или *Slave* дает возможность распознавать контроллеры, задавая параметры определенного двоичного разряда (разряда *DRV*) в регистре Drive/Head Register командного блока.

Процесс конфигурирования накопителей ATA может быть простым, например при установке только одного жесткого диска, или довольно сложным, если приходится подключать к одному кабелю два старых накопителя от разных производителей.

Большинство накопителей IDE можно сконфигурировать следующим образом:

- первичный (один накопитель);
- первичный (два накопителя);
- вторичный (два накопителя);
- выбор кабеля.

Многие накопители поддерживают только три возможные конфигурации: первичный, вторичный и выбор кабеля. Поскольку каждый накопитель ATA имеет собственный контроллер, необходимо однозначно указать, что один из приводов является ведущим устройством, а другой — ведомым. Между этими устройствами не существует никаких функциональных различий, за исключением того, что накопитель, определенный как ведомый, после возврата системы в исходное состояние отправит сигнал *DASP*, указывающий ведущему накопителю на существование ведомого. После приема этого сигнала ведущий накопитель уделяет внимание линии выбора дисковода, которую при обычных условиях он игнорирует. Передача сообщения о том, что определенное устройство является вторичным, также приводит к задержке раскрутки диска на несколько секунд, благодаря чему ведущий накопитель начинает работу первым, и несколько смягчается распределение нагрузки на блок питания.

До появления спецификации ATA не существовало единого подхода к конфигурированию устройств. Некоторые производители даже использовали разные методы определения ведущих и ведомых устройств применительно к своим накопителям. Ввиду такой несогласованности некоторые устройства могут работать только в изначально предопределенной конфигурации "ведущее/ведомое" или "ведомое/ведущее". В основном такая ситуация возникает при использовании устройств, увидевших свет до выхода спецификации ATA.

В настоящее время многим накопителям, полностью отвечающим спецификации ATA, требуется только один переключатель (ведущий/ведомый). Правда, в некоторых из них су-

ществует также переключатель “вторичный”. В табл. 7.5 приведены способы установки этих переключателей в накопителях ATA.

Таблица 7.5. Расположение переключателей для большинства накопителей ATA (IDE)

Переключатель	Один накопитель	Ведущий, два накопителя	Ведомый, два накопителя
Master (M/S)	Вкл.	Вкл.	Выкл.
Slave Present (SP)	Выкл.	Вкл.	Выкл.
Cable Select (CS)	Выкл.	Выкл.	Выкл.

Примечание

При использовании режима, поддерживающего выбор кабеля, необходимо установить перемычку *CS* в положение “On”, а все остальные переключатели — в положение “Off”. В этом случае разъем кабеля самостоятельно определяет, какой из накопителей должен быть ведущим устройством, а какой — ведомым.

На рис. 7.7 показано расположение описанных перемычек на задней части корпуса накопителя.

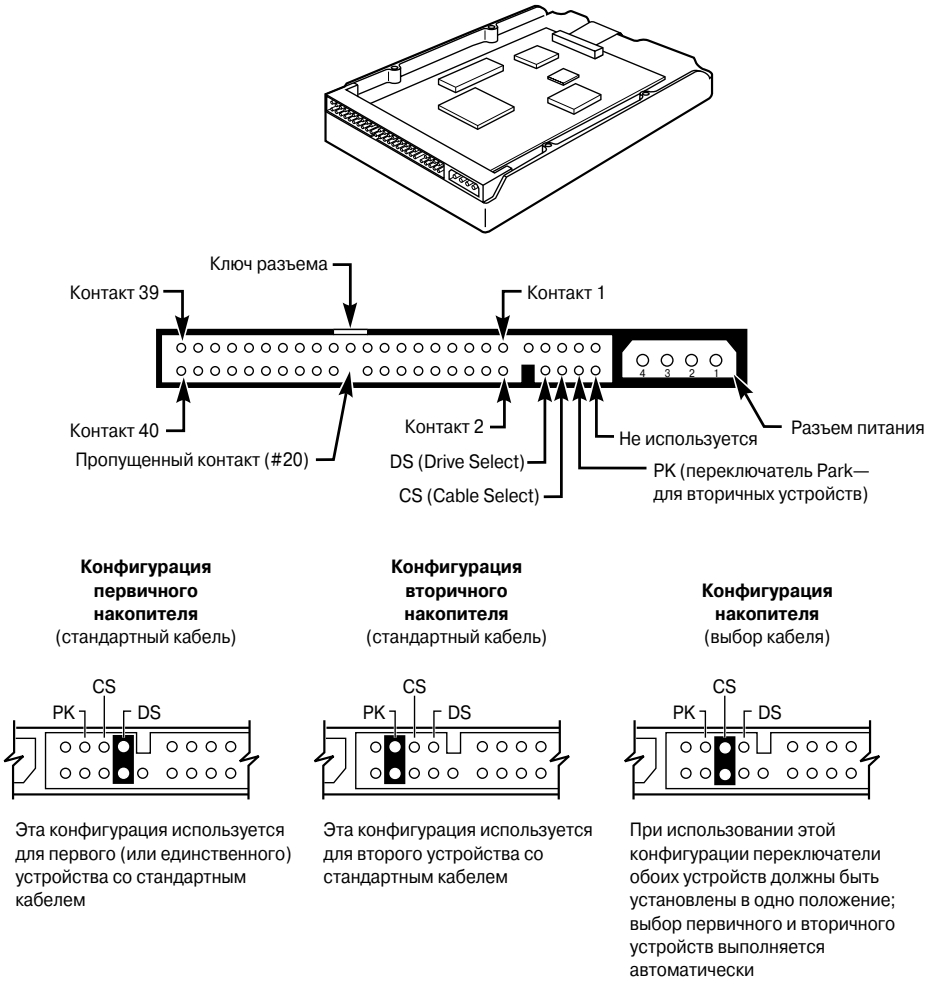


Рис. 7.7. Переключатели накопителя ATA (IDE)

Установка перемычки *Master* указывает на то, что данный диск является ведущим. В то же время некоторые устройства имеют перемычку наличия ведомого устройства (*Slave Present*), которая используется только в конфигурации с двумя устройствами, причем только на ведущем диске. Во многих устройствах установка перемычки ведущего устройства необязательна, в то же время, установив эту перемычку, можно избежать многих недоразумений.

Примечание

Следует отметить, что в некоторых накопителях переключатели располагаются на монтажной плате, которая находится в нижней части устройства, поэтому на задней части корпуса данные перемычки отсутствуют.

В большинстве современных систем используется режим выбора кабеля (*Cable Select*), который позволяет избежать ошибок при установке переключателей "первичный/вторичный". Для использования этого режима потребуются два элемента. Во-первых, нужен специальный кабель ATA, все контакты которого (за исключением вывода 28) соединяют разъем системной платы с соответствующими разъемами обоих накопителей. Вывод 28 используется для выбора кабеля и подключается к разъему первичного накопителя (но не вторичного). Во-вторых, оба накопителя должны быть сконфигурированы в режиме выбора кабеля посредством установки переключателей *CS* в соответствующее положение.

В режиме выбора кабеля накопитель, получивший сигнал на вывод 28, автоматически становится ведущим устройством, а второй накопитель — ведомым. Во многих кабелях эта функция реализуется путем удаления металлического покрытия на внутренней части отверстия, расположение которого соответствует выводу 28, что заметить с первого взгляда довольно сложно. В других кабелях некоторая часть жилы 28-го контакта явно удалена. Незначительные изменения, внесенные в конструкцию, заметить практически невозможно, поэтому кабели такого типа обычно имеют разъемы с маркировкой "Master", "Slave" и "System"; она указывает, что управление этими опциями выполняется с помощью кабеля, а не накопителя. Все 80-жильные кабели Ultra-ATA предназначены для использования функции выбора кабеля.

В режиме выбора кабеля достаточно установить перемычки CS на всех накопителях, а затем подключить приводы к соответствующим маркированным разъемам кабеля.

Единственным недостатком режима выбора кабеля являются более жесткие требования к месту установки устройств. Это, прежде всего, связано с длиной и конфигурацией самого кабеля.

Режимы обмена данными PIO параллельного ATA

В стандартах ATA-2/EIDE и ATA-3 предусмотрено несколько режимов быстрого обмена данными с жесткими дисками. Описание этих режимов составляет существенную часть стандарта, который своим появлением во многом обязан именно этим новым возможностям. Большинство современных быстродействующих жестких дисков может работать в так называемых *режимах PIO 3* и *PIO 4*, скорость обмена данными в которых очень высока. Эти режимы описаны ниже.

От выбора режима *PIO* (программируемого ввода-вывода) зависит скорость обмена данными с жестким диском. В самом медленном режиме (режим 0) длительность одного цикла передачи данных не превышает 600 нс. В каждом цикле передается 16 бит данных, поэтому теоретически возможная скорость обмена в режиме 0 составляет 3,3 Мбайт/с. В большинстве современных жестких дисков поддерживается режим PIO 4, в котором скорость обмена данными достигает 16,6 Мбайт/с.

Характеристики режимов PIO приведены в табл. 7.6.

Таблица 7.6. Характеристики режимов PIO

Режим PIO	Разрядность шины, биты	Длительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Стандарт
0	16	600	1,67	1	3,33	ATA
1	16	383	2,61	1	5,22	ATA
2	16	240	4,17	1	8,33	ATA
3	16	180	5,56	1	11,11	ATA-2, EIDE, Fast-ATA
4	16	120	8,33	1	16,67	ATA-2, EIDE, Fast-ATA

На большинстве материнских плат, поддерживающих стандарт ATA-2 и выше, имеются два разъема ATA. В таких системных платах интерфейс ATA включен в состав южного моста набора микросхем системной логики, который чаще всего связан с шиной PCI.

В более старых материнских платах для процессоров 486 и Pentium только первый разъем подключен к шине PCI, второй же работает через шину ISA и, таким образом, поддерживает только режимы PIO до второго включительно.

В ответ на запрос команды идентификации жесткого диска последний, среди прочих параметров, возвращает информацию о режимах PIO и DMA, в которых он может работать. В большинстве улучшенных версий BIOS предусмотрен автоматический переход программы в режим, соответствующий возможностям жесткого диска. Если установить скорость обмена больше той, на которую рассчитан жесткий диск, данные будут утеряны.

В жестких дисках, соответствующих стандарту ATA-2, предусмотрен *блочный режим передачи данных* (Block Mode PIO) с использованием команд `Read/Write Multiple`. Благодаря им удается существенно сократить количество прерываний, отсылаемых в адрес центрального процессора, и соответственно уменьшить время их обработки. Это позволяет еще больше повысить скорость обмена данными.

Режимы обмена данными DMA параллельного ATA

Передача через канал прямого доступа к памяти (DMA) означает, что в отличие от режима PIO данные передаются непосредственно из жесткого диска в системную (основную) память, минуя центральный процессор. Это освобождает процессор от большинства операций обмена данными с диском. К тому же во время передачи данных с диска в память процессор может выполнять другую полезную работу.

Существуют два типа прямого доступа к памяти: *однословный* (8-разрядный) и *многословный* (16-разрядный). Однословные режимы DMA были удалены из стандарта ATA-3, а также из спецификаций более поздних версий и в настоящее время не используются. Режимы DMA, использующие хост-адаптер, который поддерживает технологию управления шиной, получили название режимов *Bus Master ATA*. В первом случае обработка запросов, захват шины и передача данных осуществляются контроллером DMA на системной плате. Во втором случае все эти операции выполняет дополнительная высокоскоростная микросхема, также смонтированная на системной плате.

В системах с микросхемой Intel PIIX (PCI IDE ISA eXcelerator) и более поздними компоненты южного моста (или его эквивалента) могут поддерживать режим Bus Master ATA. Режимы и скорости передачи данных однословного и многословного режимов Burstmaster ATA приведены в табл. 7.7 и 7.8.

Таблица 7.7. Однословные (8-разрядные) режимы DMA и скорости передачи

8-разрядный режим DMA	Разрядность шины, биты	Продолжительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи, Мбайт/с	Спецификация ATA
0	16	960	1,04	1	2,08	ATA-1[1]
1	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1[1]
2	16	240	4,17	1	8,33	ATA-1[1]

1. Однословные режимы ATA были удалены из спецификаций ATA-3 и более поздних.

Таблица 7.8. Многословные (16-разрядные) режимы DMA и скорости передачи

16-разрядный режим DMA	Разрядность шины, биты	Продолжительность цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи, Мбайт/с	Спецификация ATA
0	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1
1	16	150	6,67	1	13,33	ATA-2[1]
2	16	120	8,33	1	16,67	ATA-2[1]

1. Стандарт ATA-2 также может именоваться EIDE (Enhanced IDE) или Fast-ATA.

К сожалению, даже самый быстрый режим Bus Master IDE 2 имеет ту же скорость передачи 16,67 Мбайт/с, что и режим PIO 4. Следует принять в расчет то, что использование режимов DMA снимает нагрузку с процессора, что в результате увеличивает общее быстродействие системы. Однако и этот факт не позволил многословному режиму DMA завоевать популярность, к тому же он был быстро вытеснен новыми режимами Ultra-DMA, поддерживаемыми устройствами, совместимыми со стандартами от ATA-4 до ATA-7.

В табл. 7.9 приведены характеристики режимов Ultra-DMA, которые в настоящее время описываются спецификациями от ATA-4 до ATA-7. Обратите внимание на то, что для использования этих режимов следует установить подходящие драйверы устройств и версии Windows.

Таблица 7.9. Спецификации режимов Ultra-DMA

Режим Ultra-DMA	Разрядность шины, биты	Время цикла, нс	Частота шины, МГц	Число циклов за один такт	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Спецификация
0	16	240	4,17	2	16,67	ATA-4, Ultra-ATA/33
1	16	160	6,25	2	25,00	ATA-4, Ultra-ATA/33
2	16	120	8,33	2	33,33	ATA-4, Ultra-ATA/33
3	16	90	11,11	2	44,44	ATA-5, Ultra-ATA/66
4	16	60	16,67	2	66,67	ATA-5, Ultra-ATA/66
5	16	40	25	2	100	ATA-6, Ultra-ATA/100
6	16	30	33	2	133	ATA-7, Ultra-ATA 133

Serial ATA

С появлением стандарта ATA-7 могло показаться, что параллельный интерфейс ATA, используемый более десяти лет, уже сходит со сцены. Передача данных, осуществляемая по плоскому кабелю со скоростью более 100 Мбайт/с, порождает множество проблем, связанных с синхронизацией сигнала и электромагнитной интерференцией. Их решением стал новый последовательный интерфейс ATA (Serial ATA, или SATA), пришедший на смену параллельному интерфейсу физических накопителей. Он обратно совместим на программном уровне, т.е. используемое программное обеспечение взаимодействует с новой архитектурой без каких-либо ограничений. Другими словами, существующая BIOS, операционные системы и утилиты, работающие с параллельным ATA, точно так же будут работать и с последовательным интерфейсом. SATA поддерживает все существующие устройства ATA и ATAPI, в число которых входят дисководы CD-ROM, CD-RW и DVD, накопители на магнитной ленте, дисководы SuperDisk, а также накопители других типов, поддерживаемые в настоящее время параллельным ATA.

Существуют, конечно, определенные физические различия: нельзя, например, подключить дисководы стандарта ATA к хост-адаптерам последовательного интерфейса ATA, и наоборот. В SATA используются более узкие 7-контактные кабели, позволяющие упростить схему подключения системных компонентов и уменьшить габариты кабельных разъемов. Конструкция микросхемы SATA отличается меньшим количеством контактов и пониженным напряжением питания. Все эти изменения позволили избежать многих проблем, характерных для параллельного интерфейса ATA.

На рис. 7.8 показан официальный логотип рабочей группы Serial ATA, который можно встретить на подавляющем большинстве устройств SATA.

Несмотря на то что SATA не предназначен для немедленной замены параллельного интерфейса ATA, многие новые системы поддерживают как последовательный, так и параллельный интерфейс. Со временем SATA как фактический стандарт внутренних запоминающих устройств, используемых в ПК, полностью вытеснит параллельный интерфейс ATA. Конструктивные особенности современных системных плат указывают на то, что переход от стандартов ATA к SATA будет осуществляться постепенно, причем возможностями параллельного интерфейса ATA можно будет пользоваться в течение всего переходного периода.

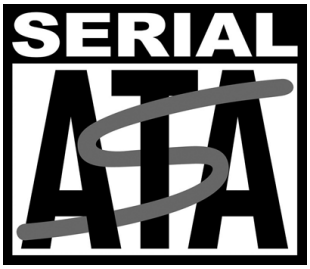


Рис. 7.8. Официальный логотип рабочей группы Serial ATA

В феврале 2000 года состоялся официальный Форум разработчиков Intel, на котором было объявлено о создании специальной рабочей группы, занимающейся разработкой стандарта SATA. Первыми членами этой группы стали компании APT Technologies, Dell, IBM, Intel, Maxtor, Quantum и Seagate. Название этой группы претерпело ряд изменений, и только в 2004 году закрепилось последнее из них — *Международная организация Serial ATA*. Данными группами были выпущены следующие спецификации SATA.

- Первый черновик спецификации Serial ATA 1.0 был представлен в ноябре 2000 года; окончательную спецификацию опубликовали в августе 2001 года.
- Первые расширения Serial ATA II Working Group данной спецификации, благодаря которым интерфейс Serial ATA стал больше подходить для использования в сетевых хранилищах, были опубликованы в октябре 2002 года.
- Спецификация SATA Revision 2 была опубликована в апреле 2004 года. Она добавила скорость передачи данных 3 Гбит/с (300 Мбайт/с).
- Спецификация SATA Revision 2.5 была опубликована в августе 2005 года. Помимо скорости передачи данных 3 Гбит/с, она добавила поддержку команд Native Command Queuing (NCQ), поэтапное увеличение частоты вращения, "горячее" подключение, умножитель портов, а также поддержку eSATA.
- Спецификация SATA Revision 2.6 была опубликована в марте 2007 года. Она добавила новые кабели и разъемы Slimline и Micro, а также модифицированный набор команд Native Command Queuing (NCQ).
- Спецификация SATA Revision 3.0 была опубликована в 2009 году. Она добавила скорость передачи данных 6 Гбит/с (600 Мбайт/с.

Спецификации доступны для загрузки с сайта организации Serial ATA International Organization website (`www.serialata.org`). С момента формирования организация насчитывает уже больше 200 компаний-участников, работающих в разных отраслях.

Системы с интерфейсом Serial ATA впервые были выпущены в 2002 году благодаря использованию отдельных адаптеров PCI или интегрированных контроллеров. Впервые интерфейс SATA был интегрирован в набор микросхем в апреле 2003 года, когда был представлен южный мост Intel ICH5. С тех пор практически все наборы микросхем поддерживают интерфейс Serial ATA.

Производительность SATA просто впечатляет! В настоящее время существуют три версии стандарта SATA, в которых используются кабели и разъемы одних и тех же размеров; эти версии отличаются только скоростью передачи данных. После появления первой версии стало очевидно, что эффективность интерфейса может быть увеличена в два и даже в четыре раза. В табл. 7.10 приведены спецификации как уже существующих, так и планируемых версий SATA; версия интерфейса, обеспечивающая скорость передачи данных 300 Мбайт/с, была представлена в 2005 году; версия со скоростью 600 Мбайт/с стала доступна в 2009 году.

Таблица 7.10. Спецификации стандартов SATA

Тип Serial ATA	Разрядность шины, биты	Частота шины, МГц	Число циклов данных за такт	Пропускная способность, Мбайт/с
SATA-150	1	1500	1	150
SATA-300	1	3000	1	300
SATA-600	1	6000	1	600

Как следует из таблицы, последовательный интерфейс ATA единовременно передает только один бит данных. В интерфейсе используется узкий 7-жильный кабель с ключевыми разъемами шириной не более 14 мм (0,55 дюйма) на каждом конце. Подобная конструкция позволяет избежать проблем с циркуляцией воздуха, возникающих при использовании более широких плоских кабелей стандарта ATA. Следует заметить, что разъемы находятся только на концах кабелей. Кабели, в свою очередь, используются для соединения устройства непосредственно с контроллером (обычно находящимся на системной плате). В последовательном интерфейсе перемычки "ведущий–ведомый" не используются, поскольку каждый кабель поддерживает только одно устройство. Концы кабеля совершенно одинаковы, т.е. разъем системной платы и разъем подсоединяемого устройства практически не отличаются. Максимальная длина кабеля SATA достигает одного метра (39,37 дюйма), что значительно превышает 18-дюймовый максимум для параллельного интерфейса ATA. Скорость передачи данных последовательного интерфейса, использующего более узкий, длинный и менее дорогой кабель, равна 150 Мбайт/с (в полтора раза больше скорости передачи параллельного ATA/100). В будущем эта скорость увеличилась до 300 и даже до 600 Мбайт/с.

Для кодирования и расшифровки данных, передаваемых по кабелю, SATA использует специальную схему шифрования, получившую название 8B/10B. Первоначально код 8B/10B был разработан (и запатентован) компанией IBM в начале 1980-х годов для использования в быстродействующей передаче данных. В настоящее время эта схема используется во многих высокоскоростных стандартах передачи данных, включая Gigabit Ethernet, Fibre Channel, FireWire и др. Основной особенностью схемы кодирования 8B/10B является то, что количество последовательно передаваемых нулей (или единиц) не должно превышать четырех. Схема RLL 0,4 называется *кодированием с ограничением длины записи* (Run Length Limited — RLL), где 0 считается минимальным, а 4 — максимальным числом последовательных нулей в каждом закодированном символе.

В одном закодированном 10-разрядном символе не может быть использовано более шести или менее четырех нулей (единиц). Передача нулей и единиц осуществляется в виде изменения величины подаваемого напряжения. Поэтому промежуток между переходными напряжениями, которые подаются передатчиком, получается достаточно сбалансированным, с более устойчивым и регулярным потоком импульсов. Нагрузка схемы становится более постоянной, что приводит к повышению ее надежности. Во время преобразования 8-разрядных данных в 10-разрядные закодированные символы некоторое количество 10-разрядных комбинаций остается неиспользованным. Часть из них применяется для управления потоком, разграничения пакетов данных, проверки ошибок или каких-либо других специальных операций.

Кабели и разъемы SATA

В схеме физической передачи интерфейса SATA используется так называемый дифференцированный метод *"без возврата к нулю"* (Non-Return to Zero — NRZ). В этой схеме применяется сбалансированная пара проводов, по каждому из которых подается напряжение, равное ±0,25 В. Сигналы посылаются дифференцированно: если по одному проводу пары передается напряжение +0,25 В, то по другому соответственно –0,25 В. Таким образом, разность напряжений постоянно составляет 0,5 В. Это означает, что передаваемые сигналы всегда находятся в противофазе в смежных проводах. Дифференцированная передача минимизирует электромагнитное излучение и позволяет упростить чтение сигналов на принимающем конце.

В интерфейсе SATA для подачи напряжения 5 и 12 В используется стандартный 4-контактный силовой разъем, а также дополнительный 15-контактный силовой кабель и разъем питания, обеспечивающие подачу электроэнергии напряжением 3,3 В. Ширина силового разъема 15-контактного кабеля в этой конструкции равна всего 24 мм (0,945 дюйма). Сила тока, подаваемого на контакты уровней напряжения 3,3, 5 и 12 В, достигает 4,5 А, что обеспечивает достаточную мощность даже для наиболее энергоемких дисководов. Для совместимости с существующими источниками питания дисководы SATA могут быть выполнены как со стандартными 4-контактными разъемами питания, так и с новыми 15-контактными силовыми разъемами. К тому же на рынке представлен широкий выбор переходников.

Сигнальные и силовые разъемы интерфейса SATA показаны на рис. 7.9.

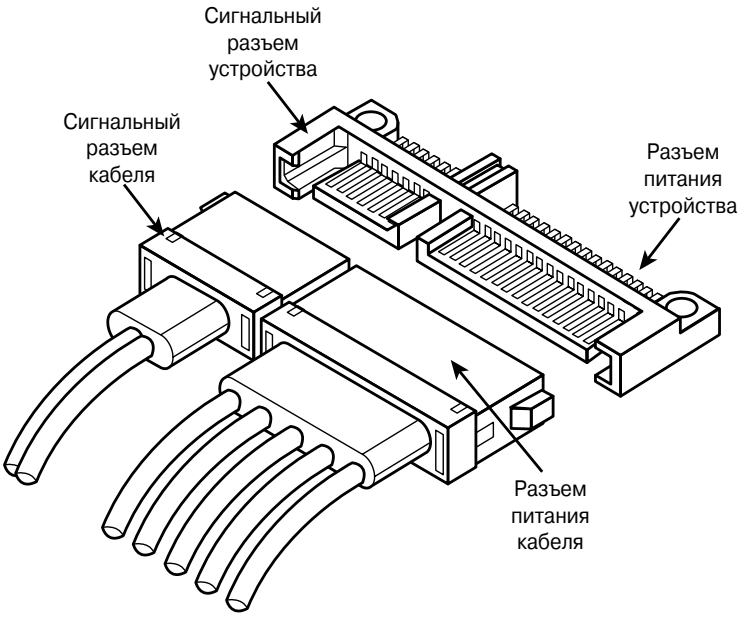


Рис. 7.9. Сигнальные и силовые разъемы SATA

На рис. 7.10 показаны разъемы адаптеров интерфейсов SATA и PATA, расположенные на типичной системной плате.

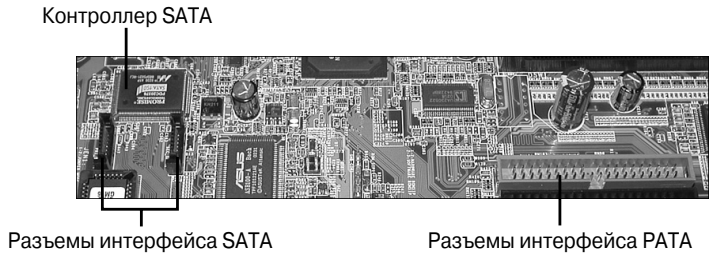


Рис. 7.10. Системная плата с хост-адаптерами PATA и SATA

В табл. 7.11 и 7.12 приведены параметры выводов разъема данных SATA и дополнительных силовых разъемов.

Таблица 7.11. Выводы разъема данных SATA

Контакт	Сигнал	Описание
S1	Общий	Первая пара
S2	A+	Host Transmit+
S3	A–	Host Transmit–
S4	Общий	Первая пара
S5	B–	Host Receive–
S6	B+	Host Receive+
S7	Общий	Первая пара

Контакты разъема расположены в один ряд на расстоянии 1,27 мм (0,05 дюйма) один от другого.

Выводы заземления длиннее, поэтому они контактируют друг с другом раньше, чем сигнальные или силовые контакты. Это позволяет подключать кабель во время работы компьютера.

Таблица 7.12. Выводы дополнительного силового разъема SATA

Контакт	Сигнал	Описание
P1	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P2	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P3	+3,3 В	+3,3 В (питание)
P4	Общий	Первая пара
P5	Общий	Первая пара
P6	Общий	Первая пара
P7	+5 В	+5 В (питание)
P8	+5 В	+5 В (питание)
P9	+5 В	+5 В (питание)
P10	Общий	Первая пара
P11	Общий	Первая пара
P12	Общий	Первая пара
P13	+12 В	+12 В (питание)
P14	+12 В	+12 В (питание)
P15	+12 В	+12 В (питание)

Контакты разъема расположены в один ряд на расстоянии 1,27 мм (0,05 дюйма) один от другого.

Выводы заземления длиннее, поэтому они контактируют друг с другом раньше, чем сигнальные или силовые контакты. Это позволяет подключать кабель во время работы компьютера.

Три силовых вывода используются для подачи тока силой 4,5 А на каждом уровне напряжения.

Конфигурирование устройств SATA

Конфигурирование устройств SATA значительно упрощено, так как переключатели "первичный/вторичный" и "выбор кабеля", используемые с параллельным интерфейсом ATA, больше не применяются.

Настройка BIOS при использовании накопителей SATA также не отнимет много времени. Стандарт SATA создавался на основе интерфейса ATA, поэтому автоматическое распознавание параметров накопителя в системе с разъемами SATA выполняется так же, как и в системе с параллельным интерфейсом ATA. В зависимости от характеристик системы SATA может быть активизирован по умолчанию или после установки соответствующих параметров в программе настройки BIOS. Более подробную информацию по этой теме см. в главе 5.

Если хотите использовать интерфейс SATA, но пока не желаете расставаться с материнской платой, не содержащей такого контроллера, установите адаптер SATA в разъем расширения PCI (рис. 7.11). Большинство таких адаптеров поддерживают и функции ATA RAID.

В первых хост-адаптерах SATA — к ним относятся модели HighPoint и 3Ware — использовалась технология моста Parallel–Serial ATA, на поддержку которой затрачивается не менее половины пропускной способности шины данных. В других адаптерах, в частности в устройствах, разработанных компанией Promise Technology, применяется собственная микросхема

контроллера SATA, которая теоретически является оптимальным решением, так как позволяет накопителю использовать пропускную способность в полном объеме. Тем не менее скорость передачи данных современных накопителей SATA, являющихся потомками устройств Parallel ATA, значительно меньше скорости хост-адаптеров, которая достигает 150 Мбайт/с. Первое поколение накопителей SATA со скоростью вращения 7200 об/мин имеет скорость передачи данных не более 40–50 Мбайт/с.

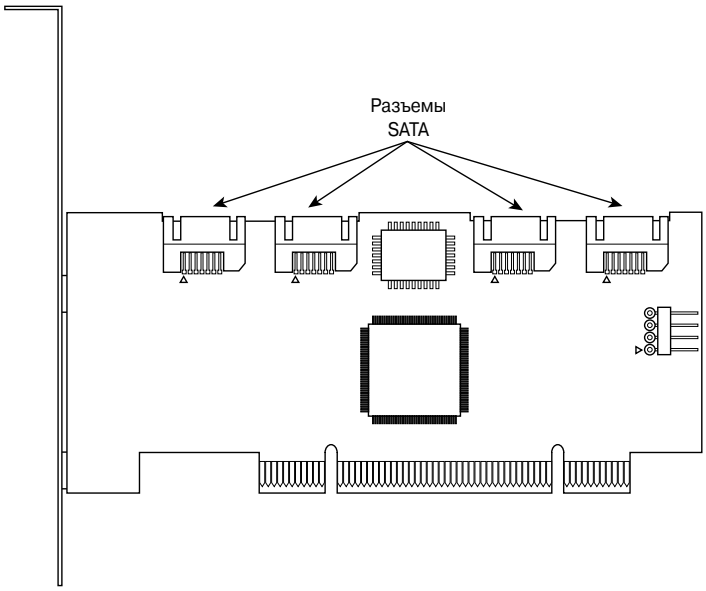


Рис. 7.11. Типичные двухканальный (вверху) и четырехканальный (внизу) адаптеры SATA RAID. Двухканальный адаптер также содержит разъем для подключения устройств PATA

Интерфейс AHCI

Интерфейс SATA разрабатывался не только как замена параллельного интерфейса ATA, но и как интерфейс с более расширенными возможностями и функциями. Изначально совместимость с параллельным интерфейсом ATA была одним из наиболее важных свойств SATA, так как это позволяло легко переходить от одного стандарта к другому. Подобная совместимость распространяется на уровень драйверной поддержки, что позволяет устройствам SATA использовать те же драйверы и программное обеспечение уровня BIOS, что и старые устройства с параллельным интерфейсом ATA.

Хотя изначально предполагалось обеспечение простого перехода от устройств с параллельным интерфейсом ATA к устройствам SATA, стандарт SATA разрабатывался таким образом, чтобы обеспечивались дальнейшее повышение скорости передачи данных и расширение возможностей. Поэтому группой AHCI Contributor Group был разработан расширенный программный интерфейс *AHCI* (Advanced Host Controller Interface). В состав данной группы, возглавляемой Intel, входили компании AMD, Dell, Marvell, Maxtor, Microsoft, Red Hat, Seagate и StorageGear. Предварительная версия спецификации AHCI v0.95 была представлена группой AHCI Contributor Group в мае 2003 года, а окончательная — в апреле 2004 года. Последняя версия спецификации — 1.1; ее можно загрузить по адресу

`www.intel.com/technology/serialata/achi.com`

Спецификация AHCI определяет высокопроизводительный интерфейс для системных драйверов и программного обеспечения, позволяющий реализовать такие расширенные

функции SATA, как очередь команд, “горячая” замена и управление питанием. Поддержка AHCI реализована практически во всех выпущенных в 2004 году наборах микросхем, поддерживающих стандарт SATA. Кроме того, соответствующая поддержка реализована и на уровне драйверов Windows. Основная идея, заложенная в интерфейсе ACHI, сводится к наличию единого интерфейса уровня драйверов, поддерживающего все расширенные адаптеры SATA. Это в значительной мере упрощает установку операционной системы, устраняя необходимость в дополнительных драйверах SATA поддержки устройств конкретных производителей. К примеру, в состав Windows Vista входят драйверы ACHI, которые поддерживают все ACHI-совместимые адаптеры SATA.

К сожалению, драйверы ACHI не были по умолчанию включены в установочные диски Windows XP и предыдущих версий системы, поскольку разработка спецификации ACHI началась уже после того, как эти операционные системы увидели свет. Это значит, что, если Windows XP устанавливается в системе с интегрированным адаптером SATA, включенным в режиме ACHI, в начале инсталляции необходимо нажать клавишу <F6> и вставить гибкий диск, содержащий драйверы ACHI. В противном случае система не сможет распознать устройства SATA. Сложность заключается в том, что необходимые драйверы ACHI перед установкой следует скопировать на дискету. Однако далеко не все современные системы укомплектованы дисководами. Существует несколько выходов из этой ситуации.

Прежде всего, можно всегда держать под рукой запасной дисковод, чтобы подключать его к компьютерам во время установки с помощью сигнального и силового кабелей. В данном случае нет никакой необходимости закреплять устройство в корпусе, так как оно подключается для чтения только одной дискеты в начале процесса установки.

Еще один выход — переключить адаптер SATA в режим совместимости с ATA (отключив ACHI) в настройках BIOS. После этого можно загрузиться со стандартного диска установки Windows XP и инсталлировать систему без каких-либо дополнительных действий. Адаптер, в принципе, можно оставить в режиме совместимости, однако это чревато потерей всех преимуществ от быстродействия жестких дисков. К счастью, после установки Windows можно без труда перенастроить BIOS для поддержки ACHI, однако сначала необходимо переписать (или загрузить) на жесткий диск драйвер ACHI (точнее — Intel Matrix Storage Manager Driver). Во время следующей перезагрузки Windows обнаружит новый адаптер ACHI и автоматически запустит мастер установки нового оборудования, который и предложит вам указать место размещения необходимого драйвера ACHI. После завершения работы мастера все устройства SATA будут работать с полной отдачей. К сожалению, многие материнские платы, произведенные сторонними компаниями (т.е. не Intel) или использующие сторонние наборы микросхем системной логики, не поддерживают режим совместимости с ATA, так что предложенный метод применим далеко не всегда.

И все-таки лучшим, по моему мнению, подходом является создание отдельного загрузочного диска Windows XP, содержащего среди прочего драйверы ACHI (и даже RAID). Это, естественно, можно сделать и вручную, но процесс интеграции будет довольно трудоемким. Так что лучше воспользоваться утилитой BTS DriverPacks (`www.driverpacks.net`), которая поможет с помощью системы меню интегрировать в установочный компакт-диск Windows XP драйверы всех популярных на текущий момент устройств. В дополнение в драйверам устройств SATA в диск можно внедрить драйверы современных процессоров, наборов микросхем, сетевых адаптеров (в том числе беспроводных) и т.п. Все это поместится на один компакт-диск вместе с инсталляцией операционной системы. При желании можете создать и установочный DVD; в этом случае на него без проблем поместятся абсолютно все предлагаемые пакеты драйверов устройств.

Режимы обмена данными SATA

При использовании интерфейса SATA данные передаются совершенно не так, как при использовании параллельного интерфейса ATA. Предполагается обеспечение скорости передачи данных 150, 300 и 600 Мбайт/с; современные накопители обеспечивают скорость передачи

данных 150 и 300 Мбайт/с. Все эти режимы поддерживают обратную совместимость. Это значит, что устройства, поддерживающие скорость передачи данных 300 Мбайт/с, будут поддерживать и 150 Мбайт/с. Следует отметить, что, поскольку стандарт SATA создавался с поддержкой обратной совместимости со стандартом Parallel ATA, может возникнуть определенная путаница, так как устройства SATA могут отчитываться о режимах и скоростях, которые эмулируют настройки PATA. Это сделано для того, чтобы "обмануть" старое программное обеспечение, формально не поддерживающее устройства SATA.

Например, многие системные платы при подключении накопителя SATA указывают, что он поддерживает режим Ultra DMA Mode 5 (ATA/100), который соответствует параллельному режиму ATA со скоростью передачи данных 100 Мбайт/с. Очевидно, что это неправильно, так как наиболее медленный режим Serial ATA (SATA-150) характеризуется скоростью передачи данных 150 Мбайт/с, а режимы Ultra DMA к накопителям SATA просто не применимы.

Стандарты PATA и SATA полностью отличаются по своим электрическим и физическим спецификациям, однако SATA поддерживает режим *эмуляции* параллельного интерфейса ATA, благодаря чему на уровне программного обеспечения никаких отличий не существует. На самом деле режим эмуляции параллельного интерфейса ATA, согласно спецификации SATA, соответствует всем требованиям спецификации ATA-5.

Это становится более понятным, если рассмотреть применение команды `IDENTIFY DEVICE`; ее используют функции автоматического определения BIOS, чтобы установить параметры накопителя. Согласно спецификации SATA многие данные, получаемые с помощью команды `IDENTIFY DEVICE`, определяются как соответствующие стандарту ATA/ATAPI-5, в том числе доступные режимы UDMA и другие настройки.

Согласно спецификации SATA 1 эмуляция параллельного интерфейса ATA — это совместная работа программного обеспечения накопителя и контроллера, благодаря которой BIOS и драйверам передаются необходимые данные. В частности, эмулируются регистры команд и блока управления, режимы обмена данными PIO и DMA, прерывания и другие параметры. Хост-адаптер содержит набор регистров, которые затеняют содержимое регистров традиционных устройств; данный блок называется *блоком регистров затенения* (Shadow Register Block). Все устройства SATA ведут себя как устройства *Device 0*. Они игнорируют бит `DEV` в поле `Device/Head` среди полученных данных; за это отвечает хост-адаптер.

Это означает, что блоки регистров затенения "имитируют" регистры параллельного интерфейса ATA, благодаря чему становится возможной эмуляция команд, режимов и других параметров ATA. Стандарт SATA разрабатывался таким образом, чтобы на программном уровне быть полностью совместимым со стандартом ATA/ATAPI-5; именно поэтому устройства SATA могут сообщать, что работают в параллельном режиме ATA, хотя на самом деле это не так.

Функции ATA

Стандарты ATA прошли долгий путь к преодолению несовместимости и проблем, вызванных конфликтами накопителей IDE с системами, оснащенными шинами ISA/PCI. Согласно спецификациям ATA предполагается использование для передачи данных 40-контактных кабелей, определяются функции и временны*е* характеристики сигналов, спецификации кабеля и т.д. Некоторые элементы и функции, определяемые спецификациями ATA, подробно рассматриваются в следующих разделах.

Команды интерфейса ATA

Одно из преимуществ интерфейса ATA IDE — расширенная система команд. Этот интерфейс разрабатывался на базе использовавшегося в первых компьютерах IBM AT контроллера WD1003, поэтому все без исключения накопители ATA IDE должны быть совместимыми с системой из восьми команд упомянутого контроллера. Этим, в частности, и объясняется простота установки накопителей IDE в компьютеры. Во всех PC-совместимых компьютерах поддержка контроллера WD1003, а следовательно, и интерфейса ATA IDE встроена в системную BIOS.

Помимо набора команд контроллера WD1003, в стандарте ATA предусмотрено множество других команд, позволяющих повысить быстродействие и улучшить параметры жестких дисков. Эти команды считаются необязательной частью интерфейса ATA, но некоторые из них используются почти во всех современных жестких дисках и в значительной степени определяют их возможности в целом.

По-видимому, наиболее важной является команда идентификации жесткого диска, по которой с него в систему передается блок данных размером 512 байт с подробными сведениями об устройстве. Это позволяет любой программе (в том числе и системной BIOS) определить тип подключенного жесткого диска, компанию-изготовителя, номер модели, рабочие параметры и даже заводской номер изделия. Во многих современных версиях BIOS эта информация запрашивается автоматически, и после ее получения параметры жесткого диска заносятся в CMOS-память. Это избавляет пользователя от необходимости вводить их вручную при конфигурировании системы. Кроме того, при таком подходе вы будете застрахованы от ошибок, если впоследствии вдруг забудете первоначально введенные параметры жесткого диска (если при повторном вводе они будут другими, доступ к данным на диске окажется невозможным).

Данные, полученные при выполнении команды идентификации жесткого диска, включают ряд сведений, относящихся к этому дисководу:

- количество адресов логических блоков, доступных при использовании режима LBA;
- количество физических цилиндров, головок и секторов, доступных в режиме P-CHS;
- количество логических цилиндров, головок и секторов в текущей трансляции режима L-CHS;
- поддерживаемые режимы (и скорости) передачи;
- название компании-изготовителя и номер модели;
- версия внутренней прошивки;
- серийный номер;
- тип или размер буфера, определяющий буферизацию сектора или возможности кэширования.

Некоторые общедоступные программы позволяют выполнить эту команду и вывести полученную информацию на экран. К их числу принадлежит и программа ATAINF, входящая в состав набора средств диагностики Ultimate Boot CD. Весь этот набор или его отдельные утилиты можно бесплатно загрузить с сайта `http://ultimatbootcd.com`. Эти программы могут оказаться как никогда кстати при установке жесткого диска в системе, не поддерживающей автоматическое распознавание, для получения характеристик диска, которые необходимо вручную задать в настройках BIOS. Все эти программы получают информацию непосредственно от самих устройств.

Еще две очень важные команды — `Read Multiple` и `Write Multiple`. Они позволяют осуществлять так называемый *многосекторный обмен данными* (т.е. обмен порциями, равными нескольким секторам). В сочетании с возможностью реализации пакетного режима программного ввода-вывода (Programmed I/O — PIO) это позволяет многократно повысить общую производительность жесткого диска (по сравнению с работой в односекторном режиме). Некоторые старые системы требуют указания точного количества секторов, поддерживаемых устройством; более современные системы извлекают эту информацию автоматически.

Помимо указанных, существует множество других команд, в том числе специфических, определяемых производителями конкретных моделей жестких дисков. Довольно часто некоторые операции, например форматирование низкого уровня и создание карт поверхностных дефектов, осуществляются именно с помощью таких специфических наборов команд. Поэтому программы форматирования низкого уровня зачастую бывают уникальными, а производители включают их в комплект поставки своих IDE.

Режим безопасности ATA

Поддержка защиты паролем жестких дисков (так называемый режим безопасности ATA Security Mode) была включена в спецификацию ATA-3 еще в 1995 году. Соответствующее дополнение к спецификации ATA было предложено компанией IBM, которая разработала соответствующие функции и реализовала их в портативных системах ThinkPad и 2,5-дюймовых дисках. Поскольку данная функция в дальнейшем была включена в официальный стандарт ATA-3 (окончательно опубликованный в 1997 году), ее начали поддерживать и другие производители дисков и компьютерных систем, особенно в 2,5-дюймовых дисках для портативных систем. Следует отметить, что подобные пароли оказываются весьма надежными: если его забыть, то, как правило, не останется ни малейшей возможности получить доступ к диску.

Пароль доступа к жесткому диску задается с помощью программы настройки BIOS, хотя данную функцию поддерживают не все системы. Большинство портативных систем эту функцию поддерживают, а большинство настольных — нет. Если данная функция поддерживается, можно задать пароли двух типов: пароль пользователя и основной пароль. Первый блокирует и разблокирует диск, в то время как второй используется исключительно для разблокировки. Можно задать только пароль пользователя или пароль пользователя и основной пароль; задать только основной пароль нельзя.

Когда задается только пароль пользователя или оба пароля, доступ к диску блокируется (даже после его установки в другую систему) до тех пор, пока корректный пароль не будет указан при включении системы.

Основной пароль представляет собой резервный пароль, предназначенный для системных администраторов. Если заданы оба пароля, сообщается только пароль пользователя. Следовательно, при желании пользователь может изменить свой пароль; при этом системный администратор сможет получить доступ к диску, указав основной пароль.

Если определены оба пароля, доступ к диску должен быть разблокирован при загрузке еще на уровне BIOS. Внешний вид соответствующего сообщения зависит от конкретной системы, однако в системах IBM для этого всегда используется графический интерфейс. На экране отображается значок в виде цилиндра с номером над ним (который указывает на номер диска) рядом со значком в виде замк*а*. Если на экране отобразится окно с запросом пароля доступа к диску, необходимо его ввести; в противном случае будет запрещен доступ к диску и дальнейшая загрузка будет невозможна.

Как отмечалось выше, если вы забыли пароль пользователя (без использования основного пароля) или же оба пароля, вам не удастся получить доступ к диску даже в том случае, если его установить в другую систему, в том числе в такую, которая не поддерживает режим ATA Security Mode. Поэтому в данном случае диск становится совершенно бесполезной "железкой".

Как и при использовании подавляющего большинства средств безопасности, должно существовать решение на тот случай, если вы забыли пароль. Есть минимум одна компания, которая может восстановить работоспособность диска и даже данные на нем. Это компания Nortek (подробные сведения вы найдете на сайте `www.nortek.on.ca`). За снятие пароля придется заплатить от 85 до 295 долларов; кроме того, необходимо будет предоставить подтверждение прав на владение диском. Как видите, за восстановление придется заплатить больше, чем за новый диск, поэтому к данной возможности следует обращаться только в том случае, если вам во чтобы то ни стало необходимо восстановить данные.

Пароли на новых дисках не заданы, однако они вполне могут быть заданы в том случае, если вы приобретаете диск, бывший в употреблении. Например, многие продавцы, которые реализуют старые компьютеры на электронных аукционах, таких как eBay, задают системный пароль или пароль жесткого диска и сообщают его покупателю только после того, как получат деньги. Однако иногда диски продаются "как есть", и даже продавец может не знать пароля. Поэтому не рекомендуется приобретать бывший в употреблении портативный компьютер или жесткий диск до тех пор, пока вы не будете уверены в том, что на них не заданы никакие пароли.

Подавляющее большинство систем также поддерживает пароль включения или системный пароль, который задается с помощью программы настройки BIOS. В большинстве случаев при определении системного пароля такой же пароль задается и для жесткого диска. Поэтому чаще всего при вводе системного пароля BIOS автоматически указывает такой же пароль и для жесткого диска. Это означает, что пароль жесткого диска может быть задан, а вы об этом даже не подозреваете, так как соответствующий запрос не отображается на экране. Однако, если диск переставить в другую систему, он не будет работать до тех пор, пока не будет введен корректный пароль. Так что, если новый пользователь его не знает, визита в специальную компанию, такую как Nortek, не избежать.

Защищенная область

Многие современные ПК поддерживают определенные функции автоматического восстановления, которые позволяют пользователю легко восстановить работоспособность операционной системы или другого программного обеспечения. Сначала для этого использовался один или несколько специальных компакт-дисков, содержащих сценарии, которые восстанавливают исходные настройки программного обеспечения, установленного в системе.

К сожалению, компакт-диски могут быть потеряны или повреждены; кроме того, включение подобных компакт-дисков в комплект поставки компьютера приводит к дополнительным расходам со стороны производителей. В результате производители решили размещать программное обеспечение для восстановления в специальном скрытом разделе загрузочного жесткого диска. Как правило, программное обеспечение для восстановления занимает от одного до четырех компакт-дисков, что составляет около 1–3 Гбайт. Поэтому при использовании жестких дисков объемом 60 Гбайт и больше "теряется" около 5% (или меньше) от общего пространства. В то же время с помощью программного обеспечения для создания разделов или других специальных утилит скрытый раздел может быть удален.

В 1996 году компания Gateway предложила внести изменения в разрабатываемый в то время стандарт ATA-4, которые позволили бы резервировать на жестком диске специальную защищенную область. Эти изменения были утверждены, и функция HPA (Host Protected Area) была включена в спецификацию ATA-4, опубликованную в 1998 году. В 1999 году была предложена отдельная спецификация интерфейса BIOS —PARTIES (Protected Area Run Time Interface Extension Services), согласно которой определены службы, используемые операционной системой для доступа к защищенной области HPA. Стандарт PARTIES был завершен и опубликован в 2001 году под названием *NCITS 346-2001, Protected Area Run Time Interface Extension Services*.

Для обеспечения возможности использования защищенной области HPA применяется команда ATA `SET MAX ADDRESS`, благодаря чему жесткий диск воспринимается системой как диск чуть меньшего размера. Вся область, которой соответствуют адреса от заданного этой командой (определяющего новый конец диска) до адреса фактического конца диска, является защищенной областью HPA, доступ к которой возможен только с помощью специальных команд `PARTIES`. Благодаря этому обеспечивается более высокий уровень защиты, чем при использовании обычных скрытых разделов, поскольку к защищенной области не могут обращаться не только обычные приложения, но и такие специализированные утилиты для работы с разделами, как PartitionMagic и Partition Commander. Поэтому, если вы решили удалить защищенную область HPA, вам придется использовать специальные параметры программы настройки BIOS или отдельные команды для изменения исходного значения `MAX ADDRESS`. После этого можно воспользоваться утилитой PartitionMagic или Partition Commander, чтобы изменить размеры смежного раздела и включить в него дополнительное пространство, которое ранее было скрыто или недоступно.

Начиная с 2003 года многие новые системы, оснащенные Phoenix FirstBIOS, поставляются вместе с программами восстановления и диагностики, которые хранятся в области HPA, поскольку это подразумевается новым ядром Phoenix BIOS.

Интерфейс ATAPI (ATA Packet Interface)

Данный интерфейс был разработан для того, чтобы накопители на магнитной ленте, CD-ROM и другие устройства, такие как SuperDisk и Zip, можно было подключать к обычному разъему IDE. Основное преимущество устройств, выполненных в стандарте ATAPI, — это их дешевизна и возможность подключения к уже установленному адаптеру. Что касается накопителей CD-ROM, то они используют ресурсы центрального процессора гораздо реже, чем аналогичные устройства, подключенные к специальным адаптерам, но не дают выигрыша в быстродействии. А вот быстродействие и надежность накопителей на магнитной ленте могут существенно возрасти, если их подключить к интерфейсу ATAPI, а не к контроллерам дисководов на гибких дисках. Хотя накопители CD-ROM и подключаются к интерфейсу жесткого диска, это отнюдь не означает, что с точки зрения системы они выглядят, как обычные жесткие диски. Напротив, в контексте программного обеспечения они напоминают устройства SCSI. Все современные накопители ATA CD-ROM поддерживают протоколы ATAPI, поэтому эти термины можно с полным основанием использовать в качестве синонимов. Другими словами, накопитель ATAPI CD-ROM представляет собой ATA CD-ROM, и наоборот.

Предупреждение

Большинство систем с 1998 года стали поддерживать спецификацию Phoenix El Torito, в которой допускается загрузка с устройств ATAPI CD и DVD. Системы, не поддерживающие эту спецификацию, не могут загружаться с оптических устройств ATAPI. Даже если в BIOS установлена поддержка ATAPI, для поддержки этого интерфейса в DOS или Windows следует установить соответствующий драйвер. В Windows 95 и более поздних версиях системы уже имеется поддержка ATAPI на уровне ядра. Некоторые компакт-диски установки Windows 98 и Me искусственно сделаны загрузочными (с помощью принудительной загрузки дополнительных драйверов), в то время как все диски Windows NT/2000/XP/Vista в таких системах загружаются напрямую, что значительно упрощает процесс инсталляции.

Кроме того, обычно рекомендуется устанавливать различные типы устройств ATA на разные каналы. Дело в том, что интерфейс ATA не поддерживает одновременный доступ к нескольким устройствам, установленным на одном и том же канале. Это значит, что пока на некотором канале выполняется доступ к одному устройству, другое устройство того же канала остается недоступным. Распределив привод оптических дисков и жесткий диск по разным каналам, можно более эффективно использовать данные устройства. Еще один подвох скрывается в том, что некоторые жесткие диски на интерфейсе PATA могут оказаться неработоспособными, если в качестве ведущего устройства установлен привод оптических дисков. Таким образом, рекомендуется всегда устанавливать жесткий диск PATA в качестве ведущего, а устройства ATAPI — в качестве ведомых (в случае их подключения к одному кабелю).

Ограничения емкости дисков ATA

Версии стандарта интерфейса ATA, вплоть до ATA-5, имеют ограничение емкости диска величиной 136,9 Гбайт. Кроме того, в зависимости от версии BIOS значение этого ограничения может находиться еще ниже, например на отметке в 8,4 Гбайт или 528 Мбайт. Это может случиться в результате наложения ограничений для ATA на ограничения BIOS. Чтобы понять физическую сущность этих ограничений, необходимо рассмотреть взаимодействие интерфейсов аппаратного (ATA) и программного (BIOS) уровней.

Примечание

В дополнение к ограничениям BIOS и ATA, которые рассматриваются в настоящем разделе, свои ограничения налагают и различные операционные системы. Эту тему мы затронем ниже.

В табл. 7.13 обобщаются ограничения емкости жестких дисков, связанные непосредственно с интерфейсом ATA или BIOS.

В следующих разделах будут более подробно описаны отличия методов адресации секторов и налагаемые ими ограничения.

Таблица 7.13. Ограничения емкости ATA/IDE при использовании различных методов адресации секторов

Метод адресации сектора	Расчет общего количества секторов	Максимальное количество секторов	Максимальная емкость, байты	Емкость (десятичная)	Емкость (двоичная)
CHS: BIOS w/o TL	1024×16×63	1032192	528482304	528,48 Мбайт	504,00 МиБ
CHS: BIOS w/bit-shift TL	1024×240×63	15482880	7929234560	7,93 Гбайт	7,38 ГиБ
CHS: BIOS w/LBA-assist TL	1024×255×63	16450560	8422686720	8,42 Гбайт	7,84 ГиБ
CHS: BIOS INT13h	1024×256×63	16515072	8455716864	8,46 Гбайт	7,88 ГиБ
CHS: ATA-1/ATA-5	65536×16×255	267386880	136902082560	136,9 Гбайт	127,5 ГиБ
LBA: ATA-1/ATA-5	228	268435456	137438953472	137,44 Гбайт	128,0 ГиБ
LBA: ATA-6+	248	281474976710655	144115188075855872	144,12 Пбайт	128 ПиБ
LBA: EDD BIOS	264	18446744073709551600	9444732965739290427392	9,44 Збайт	8,0 ЗиБ

CHS — Cylinder Head Sector (цилиндр, головка, сектор).

LBA — Logical Block (sector) Address (адрес логического блока).

w/ — с (наличие).

w/o — без (отсутствие).

TL — Translation.

INT13h — прерывание 13h.

Таблица 7.14. Стандартные префиксные наименования и обозначения десятичной и двоичной системы счислений

Десятичная система				Двоичная система			
Множитель	Название	Обозначение	Значение	Множитель	Название	Обозначение	Значение
10^3	Кило	к	1000	2^{10}	Киби	Ки	1024
10^6	Мега	М	1000000	2^{20}	Меби	Ми	1048576
10^9	Гига	Г	1000000000	2^{30}	Гиби	Ги	1073741824
10^{12}	Тера	Т	1000000000000	2^{40}	Теби	Ти	1099511627776
10^{15}	Пета	П	1000000000000000	2^{50}	Пеби	Пи	1125899906842624
10^{18}	Экса	Э	1000000000000000000	2^{60}	Эксби	Ei	1152921504606846976
10^{21}	Зетта	З	1000000000000000000000	2^{70}	Зеби	Zi	1180591620717411303424

Обозначение "кило/kilo (k)" в соответствии с Международной системой единиц СИ начинается со строчной буквы, а все остальные обозначения десятичной системы счислений — с прописной.

Префиксы десятичных и двоичных множителей

Боюсь, что многие читатели плохо знакомы с мебибайтами (МиБ), гибибайтами (ГиБ) и другими подобными обозначениями, которые используются как в этом разделе, так и во всей книге. Они представляют собой некоторую часть стандарта, позволяющего избежать путаницы между множителями десятичной и двоичной систем счислений, в частности в компьютерных системах. Единицы измерений стандарта SI (международной системы единиц, или метрической системы) создаются на основе десятичных множителей. Такая система подходит для решения разнообразных задач, но неудобна для компьютеров, обитающих в двоичном мире, в котором все числа создаются на двоичной основе (т.е. на основе множителя 2). Это привело к появлению различных значений, присваиваемых одному и тому же префиксу, например 1 Кбайт (килобайт) может обозначать как 1000 (10^3) байт, так и 1024 (2^{10}) байт. В декабре 1998 года Международная электротехническая комиссия (МЭК) утвердила в качестве международного стандарта ряд префиксных названий и обозначений двоичных множителей, используемых при обработке и передаче данных. Некоторые из этих префиксов см. в табл. 7.14.

В соответствии с принятой стандартной терминологией 1 Мбайт (мегабайт) содержит 1000000 байт, в то время как 1 МиБ (мебибайт) — 1048576 байт.

Примечание

Для того чтобы получить подробную информацию о промышленном стандарте десятичных и двоичных префиксов, обратитесь на сайт Национального института стандартов и технологий (NIST):
`physics.nist.gov/cuu/Units/prefixes.html`

Ограничения BIOS

Обновления ROM BIOS системной платы обеспечивают поддержку накопителей, емкость которых постоянно увеличивается. В табл. 7.15 приведены данные, касающиеся изменения емкости накопителей.

Таблица 7.15. Даты, когда были преодолены ограничения на емкость накопителей в ROM BIOS

Дата создания BIOS	Ограничение емкости
Август 1994 года	528 Мбайт
Январь 1998 года	8,4 Гбайт
Сентябрь 2002 года	137 Гбайт

В таблице представлены этапы преодоления ограничений на емкость дисков. Например, BIOS, созданные до августа 1984 года, поддерживали накопители, емкость которых не превышала 528 Мбайт; BIOS, разработанные до января 1998 года, как правило, ограничивают емкость дисков значением 8,4 Гбайт. Большинство BIOS, используемых после 1998 года, поддерживают емкость жестких дисков, равную 137 Гбайт. И наконец, BIOS, созданные после сентября 2002 года, поддерживают накопители, емкость которых превышает 137 Мбайт. В то же время эти сведения являются лишь общими правилами; для определения параметров конкретной системы следует обратиться к производителю системной платы. Также существует утилита *BIOS Wizard* (`http://www.unicore.com.bioswiz/index2.html`), которая укажет данные BIOS и определит, поддерживает ли компьютер спецификацию EDD (Enhanced Hard Disk Drive) (т.е. поддерживаются ли накопители объемом свыше 8,4 Гбайт).

В том случае, если BIOS не поддерживает спецификацию EDD, возможно несколько вариантов действий:

- обновите системную BIOS, заменив ее версией, выпущенной после 1998 года, которая поддерживает накопители емкостью более 8,4 Гбайт;
- установите плату расширения BIOS, например UltraATA (`www.siiz.com`);
- установите программное обновление, обеспечивающее поддержку накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт.

Оптимальным является первый способ, не требующий каких-либо капиталовложений. Чтобы узнать, существует ли новая версия BIOS, которая обеспечивает поддержку дисков большого размера, посетите сайт производителя конкретной системной платы. Если нужной версии не оказалось, можно приобрести плату UltraATA от компании SIIG. К программному методу прибегать вообще не рекомендуется, поскольку инсталляция программного обновления в загрузочный сектор жесткого диска может повлечь за собой многочисленные проблемы, в частности при загрузке с различных дисков, установке новых накопителей или восстановлении данных.

Методы адресации CHS и LBA

Существуют два основных метода, используемых для адресации (или нумерации) секторов накопителей ATA. Первый из них называется *CHS* (Cylinder Head Sector). Это аббревиатура от названий трех координат, используемых для адресации каждого сектора дисковода.

Во втором методе, который называется *LBA* (Logical Block Address), для адресации секторов накопителя используется только одно значение. В основе метода CHS лежит физическая структура накопителей (а также способ организации его внутренней работы). Метод LBA, в свою очередь, представляет собой более простой и логический способ нумерации секторов, не зависящий от внутренней физической архитектуры накопителей.

При последовательном считывании данных с накопителя в режиме CHS процесс чтения начинается с цилиндра 0, головки 0 и сектора 1 (который является первым сектором на данном диске), после чего считываются все остальные секторы первой дорожки. Затем выбирается следующая головка и читаются все секторы, находящиеся на этой дорожке. Это продолжается до тех пор, пока не будут считаны данные со всех головок первого цилиндра. Затем выбирается следующий цилиндр, и процесс чтения продолжается в такой же последовательности. Метод CHS подобен принципу одометра (счетчика пройденного пути): для того чтобы изменить номер головки, необходимо "провернуть" определенное количество секторов, а для того, чтобы перейти на следующий цилиндр, необходимо "провернуть" несколько головок.

При последовательном считывании данных с накопителя в режиме LBA процесс чтения начинается с сектора 0, после чего читается сектор 1, сектор 2 и т.д. Как вы помните, в режиме CHS первым сектором жесткого диска является 0,0,1. В режиме LBA этот же сектор будет сектором 0.

В качестве примера представьте себе накопитель, содержащий один жесткий диск, две головки (используются обе стороны жесткого диска), две дорожки на каждом жестком диске (цилиндры) и два сектора на каждой дорожке. В этом случае можно сказать, что накопитель содержит два цилиндра (две дорожки на каждой стороне), две головки (по одной на сторону), а также два сектора на каждой дорожке. В общей сложности емкость накопителя равна восьми (2×2×2) секторам. Обратите внимание на то, что нумерация цилиндров и головок начинается с нуля, а нумерация физических секторов, находящихся на дорожке, — с единицы. При использовании адресации CHS расположение первого сектора накопителя определяется выражением "цилиндр 0, головка 0, сектор 1 (0,0,1)"; адрес второго сектора — 0,0,2; третьего — 0,1,1; четвертого — 0,1,2 и т.д., пока мы не дойдем до последнего сектора, адрес которого — 1,1,2.

Представьте теперь, что мы взяли восемь секторов и, не обращаясь непосредственно к физическим цилиндрам, головкам и секторам, пронумеровали их от 0 до 7. Таким образом, если необходимо обратиться к четвертому сектору накопителя, можно сослаться на него как на сектор 0,1,2 в режиме CHS или как на сектор 3 в режиме LBA. Соотношение между номерами секторов воображаемого восьмисекторного накопителя в режимах CHS и LBA приведено в табл. 7.16.

Таблица 7.16. Нумерация секторов в режимах CHS и LBA для воображаемого накопителя, содержащего два цилиндра, две головки и по два сектора на каждой дорожке (в общей сложности — восемь секторов)

Режим	Соответствующие номера секторов							
CHS	0,0,1	0,0,2	0,1,1	0,1,2	1,0,1	1,0,2	1,1,1	1,1,2
LBA	0	1	2	3	4	5	6	7

Как видно из приведенного примера, использование нумерации LBA заметно облегчает и упрощает процесс обработки данных. Несмотря на это, при создании первых ПК вся адресация ATA на уровне устройства выполнялась методом CHS.

Преобразования CHS/LBA и LBA/CHS

Адресация секторов может выполняться как в режиме CHS, так и в режиме LBA. Для любого конкретного накопителя существует определенное соответствие между адресациями CHS и LBA, которое, в частности, позволяет преобразовывать адреса CHS в адреса LBA, и наоборот. Спецификация ATA-1 предлагает довольно простую формулу, с помощью которой можно преобразовывать параметры CHS в LBA:

$$LBA = (((C \times HPC) + H) \times SPT) + S - 1.$$

Обратив эту формулу, можно выполнить обратное преобразование, т.е. преобразовать параметры LBA в адрес CHS:

C = int (LBA/SPT/HPC),

H = int ((LBA/SPT) mod HPC),

S = (LBA mod SPT) + 1.

В этих формулах использованы следующие обозначения:

- LBA — адрес логического блока;
- C — цилиндр;
- H — головка;
- S — сектор;
- HPC — количество головок в каждом цилиндре (общее количество головок);
- SPT — количество секторов на каждой дорожке;
- int X — целочисленная часть X;
- X mod Y — остаток от деления X на Y.

С помощью данных формул можно вычислить параметры LBA практически для любого адреса CHS, и наоборот. Если взять накопитель с 16 383 цилиндрами, 16 головками и 63 секторами на каждой дорожке, полученное соотношение адресов CHS и LBA будет подобно показанному в табл. 7.17.

Таблица 7.17. Параметры CHS и соответствующая им нумерация секторов LBA для накопителя, содержащего 16383 цилиндра, 16 головок и 63 сектора на каждой дорожке (общее количество секторов — 16514064)

Цилиндр	Головка	Сектор	LBA
0	0	1	0
0	0	63	62
1	1	1	63
999	15	63	1007999
1000	0	1	1008000
9999	15	63	10079999
10 000	0	1	10080000
16 382	15	63	16514063

Команды BIOS и ATA

Помимо двух методов адресации секторов (CHS и LBA), существуют еще два уровня интерфейса, в которых она выполняется. Первым уровнем является область взаимодействия операционной системы и BIOS (с помощью команд драйвера); вторым — область сопряжения BIOS и накопителя (с помощью команд ATA). На каждом из этих уровней используются определенные команды, которые поддерживают как режим CHS, так и режим LBA. На рис. 7.12 схематически показаны уровни интерфейса.

Когда операционная система обращается к BIOS для чтения или записи секторов, она выдает соответствующие команды через программное прерывание INT13h, которое обращается к стандартной подпрограмме BIOS, используемой для доступа к диску. Подфункции прерывания INT13h позволяют выполнять чтение или запись секторов, используя при этом адресацию LBA или CHS. После этого стандартные программы базовой системы ввода-вывода преобразуют команды BIOS в аппаратные команды ATA, которые передаются через порты шины ввода-вывода на контроллер дисковода. Аппаратные команды ATA также могут использовать адресацию CHS или LBA, несмотря на то, что существуют определенные ограничения. Будут ли BIOS и накопитель использовать адресацию CHS или LBA, зависит от емкости жесткого

диска, срока службы накопителя и "возраста" BIOS, установленных параметров BIOS и используемой операционной системы.

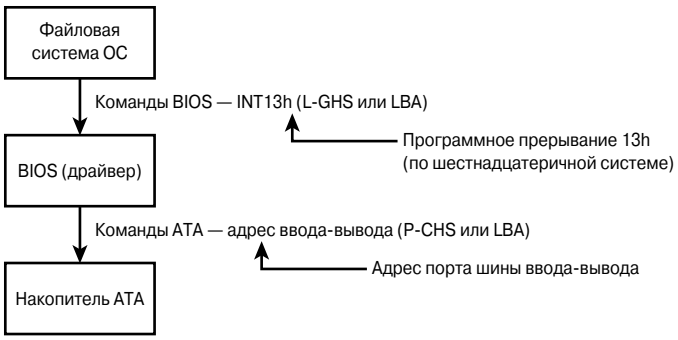


Рис. 7.12. Взаимоотношения между BIOS и схемой физической адресации секторов (где выражение L-CHS обозначает логический CHS, а P-CHS — физический CHS)

Ограничения CHS (преодоление ограничения в 528 Мбайт)

BIOS обращается к драйверу жесткого диска с помощью прерывания INT13h, которое предоставляет функции чтения и записи на диск на уровне секторов. Прерывание INT13h требует указания определенного сектора, при этом каждый сектор адресуется расположением цилиндра, головки и сектора. Этот интерфейс обращения к диску называется *CHS-адресацией* и используется операционной системой и дисковыми утилитами низкого уровня. Изначально интерфейс прерывания 13h был реализован IBM в BIOS для контроллера жесткого диска компьютера PC XT. Этот интерфейс был создан в 1983 году, а в 1984 году был включен в BIOS системной платы PC AT. Интерфейс использует числа для адресации каждого отдельного сектора, цилиндра и головки. В табл. 7.18 приведены ограничения параметров CHS прерывания INT13h для стандартной BIOS.

Таблица 7.18. Ограничения параметров CHS для прерывания BIOS INT13h

Поле	Размер поля, биты	Максимальное значение	Диапазон	Количество используемых значений
Цилиндры	10	1024	0–1023	1024
Головки	8	256	0–255	256
Секторы	6	64	0–63	64

Концепция определения максимального значения при заданном количестве цифр проста. К примеру, если у вас есть отель, в котором номера комнат ограничены двумя разрядами, вы сможете пронумеровать только сто комнат — от 0 до 99. Номера CHS, используемые интерфейсом INT13h, записаны в двоичном формате. Поскольку цилиндры адресуются десятью битами, можно использовать максимум 1024 цилиндра (от 0 до 1023). Максимальное количество головок, с которыми можно работать через BIOS, равно 256; они нумеруются от 0 до 255. И наконец секторы, с которыми еще больше проблем. Секторы на дорожке адресуются шестью битами, значит, можно адресовать максимум 64 сектора. Однако, поскольку нумерация начинается не с нуля, а с единицы, суммарное количество секторов на дорожку, с которым может работать BIOS, не должно превышать 63.

Эти ограничения распространяются на все версии BIOS и на все программы, которые используют стандартную адресацию CHS и интерфейс INT13h. Подставив максимальные значения для адресации CHS, мы получим диск с 1024 цилиндрами, 256 головками и 63 секторами на дорожку. Поскольку размер каждого сектора равен 512 байт, результаты будут такими, как показано ниже.

```
        Максимальные значения
----------------------------
Цилиндров                1024
Головок                   256
Секторов на дорожку        63
============================
Итого секторов        16515072
----------------------------
Итого байтов        8455716864
Мегабайт (Мбайт)          8456
Мебибайт (МиБ)            8064
Гигабайт (Гбайт)           8,4
Гибибайт (ГиБ)             7,8
```

Из этих расчетов видно, что максимальный размер диска, который можно адресовать через интерфейс BIOS INT13h, составляет приблизительно 8,4 Гбайт, или 7,8 ГиБ.

К сожалению, не только BIOS накладывает ограничения — существуют еще и ограничения самого интерфейса ATA (табл. 7.19).

Таблица 7.19. Ограничения параметров стандартного интерфейса ATA

Поле	Размер поля, биты	Максимальное значение	Диапазон	Число используемых значений
Цилиндры	16	65536	0-65535	65536
Головки	4	16	0-15	16
Секторы	8	256	1-255	255

Как видите, в интерфейсе ATA для хранения значений адресов CHS используются поля другого размера. Обратите внимание на то, что ограничения ATA, относящиеся к количеству цилиндров и секторов, выше, чем соответствующие ограничения BIOS, но ниже, чем ограничения BIOS по количеству головок. Ограничения CHS по емкости жестких дисков в соответствии со спецификациями ATA приведены ниже.

```
          Максимальные значения
------------------------------
Цилиндров                 65536
Головок                      16
Секторов на дорожку         255
==============================
Итого секторов         267386880
------------------------------
Итого байтов       136902082560
Мегабайт (Мбайт)         136902
Мебибайт(МиБ)            130560
Гигабайт (Гбайт)          136,9
Гибибайт (ГиБ)            127,5
```

При объединении ограничений BIOS и ATA CHS мы сталкиваемся с ситуацией, описанной в табл. 7.20.

Таблица 7.20. Объединение ограничений BIOS и ATA CHS

Поле	Ограничения параметров для CHS BIOS	Ограничения параметров для ATA	Суммарные ограничения
Цилиндры	1024	65536	1024
Головки	256	16	16
Секторы	63	255	63
Всего секторов	16505072	267386880	1032192
Максимальный объем	8,4 Гбайт	139,9 Гбайт	528 Мбайт

Как видим, комбинация ограничений приводит к следующим максимальным значениям: цилиндров — 1024, головок — 16, секторов — 63; в результате максимальный объем получается равным 528 Мбайт. Это значение стало называться *барьером в 528 Мбайт* и существует практически во всех компьютерах, выпущенных в 1993 году и ранее.

CHS-трансляция (преодоление ограничения в 528 Мбайт)

При использовании жестких дисков, объем которых не превышал 528 Мбайт, существование барьера не играет никакой роли. Однако к 1994 году технология достигла уровня, позволившего создавать жесткие диски, емкость которых значительно превышала ограничения, налагаемые BIOS и спецификациями ATA. В результате данная проблема приобрела особую остроту.

В 1993 году компания Phoenix Technologies начала работу над расширениями BIOS, которые дали бы возможность преодолеть ограничения CHS. В январе 1994 года эта компания опубликовала спецификацию BIOS Enhanced Disk Drive (EDD), переизданную впоследствии комитетом T13 (который также занимается развитием стандарта ATA) в виде документа *BIOS Enhanced Disk Drive Services (EDD)*. Документы EDD содержат подробное описание различных методов, позволяющих обойти ограничения предыдущих BIOS, избегая при этом проблем совместимости с существующим программным обеспечением. Эти методы включают в себя следующее:

- расширения базовой системы ввода-вывода INT13h, поддерживающие 64-разрядную адресацию LBA;
- геометрическая трансляция CHS со смещением разряда;
- геометрическая трансляция CHS LBA-assist.

Метод, используемый для реализации ограничений CHS, называется *трансляцией*, поскольку позволяет ввести в BIOS дополнительные стандартные подпрограммы, необходимые для преобразования параметров CHS от максимальных значений ATA до максимальных значений BIOS (и наоборот). Стремясь превратить эти методы в стандарт, используемый во всех производимых персональных компьютерах, компания Phoenix опубликовала документ EDD и разрешила бесплатное использование описанной технологии всем производителям, в том числе своим основным конкурентам — компаниям AMI и Award. Впоследствии комитет T13, отвечающий за интерфейс ATA, принял стандарт EDD и включил его в официальные документы ATA.

С 1993 года в большинстве версий BIOS начали использовать "ухищрения", позволяющие адресовать до 8,4 Гбайт дискового пространства. Новый способ получил название *метод трансляции параметра*, который активизируется на уровне BIOS и адаптирует, или, другими словами, транслирует, параметры цилиндров, головок и секторов в приемлемые для BIOS. Существуют два типа трансляции: первый основан на сдвиге разряда CHS (в программе настройки BIOS этот метод называется *Large CHS* или *Extended CHS*), второй — на общем числе секторов (в программе настройки BIOS он называется *LBA* — Logical Block Address). Описанные типы трансляции представлены разными математическими методами, хотя выполняют, по сути, одну и ту же операцию, состоящую в преобразовании одного набора значений CHS в другой.

CHS-трансляция со сдвигом разряда оперирует номерами цилиндров и головок, не изменяя при этом номер сектора. В качестве основы принимается число физических (переданных диском) цилиндров и головок, которое с помощью несложных операций деления и умножения преобразуется в измененные номера цилиндров и головок. Количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, не транслируется и передается в неизмененном виде. Математические операции деления и умножения фактически выполняются в программном обеспечении BIOS путем смещения разрядов в адресе CHS, поэтому в данном случае и используется термин "смещение/сдвиг разряда".

При использовании CHS-трансляции со сдвигом разряда сообщенные диском (физические) параметры предаются как P-CHS, а логические параметры, измененные BIOS, передаются в виде L-CHS. После установки соответствующих значений в программе настройки BIOS происхо-

дит автоматическое преобразование логических адресов CHS (L-CHS) в физические адреса CHS (P-CHS) на уровне BIOS. Это дает возможность операционной системе посылать команды в BIOS, используя логические параметры L-CHS, которые при обращении BIOS к накопителю с помощью команд ATA автоматически преобразуются в физические параметры P-CHS. Правила вычисления параметров CHS-трансляции со сдвигом разряда приведены в табл. 7.21.

Таблица 7.21. Правила CHS-трансляции со сдвигом разряда

Физические (переданные диском) цилиндры	Физические головки	Логические цилиндры	Логические головки	Максимальная емкость
1 < C <= 1024	1 < H <= 16	C = C	H = H	528 Мбайт
1024 < C <= 2048	1 < H <= 16	C = C/2	H = H×2	1 Гбайт
2048 < C <= 4096	1 < H <= 16	C = C/4	H = H×4	2,1 Гбайт
4096 < C <= 8192	1 < H <= 16	C = C/8	H = H×8	4,2 Гбайт
8192 < C <= 16 384	1 < H <= 16	C = C/16	H = H×16	8,4 Гбайт

Количество секторов, переданное дисководом, не транслируется.

При использовании таких операционных систем, как DOS/Win9x/Me, количество логических головок не может превышать 255.

CHS-трансляция со сдвигом разряда основывается на делении количества физических цилиндров на число 2, что позволяет преодолеть существующее ограничение BIOS INT13h (количество цилиндров не должно превышать 1024), и последующем умножении количества головок на то же число, благодаря чему общее количество секторов остается неизменным. Как показано ниже, степень числа 2, используемая в качестве делителя, зависит от количества цилиндров.

Ниже приведен пример CHS-трансляции со сдвигом разряда.

```
                        Физические              Логические
                     параметры CHS           параметры CHS
                                          со сдвигом разряда
-------------------------------------------------------------
          Цилиндров            8000                    1000
            Головок              16                     128
Секторов на дорожке              63                      63
=============================================================
     Итого секторов         8064000                 8064000
-------------------------------------------------------------
       Итого байтов      4128768000              4128768000
   Мегабайт (Мбайт)            4129                    4129
     Мебибайт (МиБ)            3938                    3938
   Гигабайт (Гбайт)            4,13                    4,13
     Гибибайт (ГиБ)            3,85                    3,85
```

В данном примере приведен диск, содержащий 8000 цилиндров и 16 головок. Физическое количество цилиндров больше ограничения в 1024 цилиндра, накладываемого BIOS, поэтому при выборе CHS-трансляции со сдвигом разряда BIOS делит количество цилиндров на 2, 4, 8 или 16, уменьшая его до 1024. В данном случае количество цилиндров делится на 8, в результате чего получено новое число логических цилиндров, равное 1000, которое не превышает установленного ограничения (1024). После этого число головок умножается на ту же величину, в результате чего получается количество логических головок, равное 128, что также ниже ограничения, установленного BIOS.

Таким образом, несмотря на то, что диск физически имеет 8000 цилиндров и 16 головок, BIOS и все программное обеспечение (включая операционную систему) рассматривают его как жесткий диск, содержащий 1000 цилиндров и 128 головок. Обратите внимание на то, что число 63, выражающее количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, передается в неизменном виде. Результатом трансляции является то, что благодаря использованию логических параметров BIOS может полностью видеть весь диск емкостью 4,13 Гбайт, не ограничиваясь только первыми 528 Мбайт.

При установке нового жесткого диска не придется выполнять математическую трансляцию для преобразования количества цилиндров и головок — BIOS сделает это автоматически. Необходимо только разрешить BIOS автоматически определить физические параметры CHS, а затем активизировать в программе настройки BIOS трансляцию ECHS или Large. Все остальное BIOS сделает сама.

CHS-трансляция со сдвигом разряда представляет собой простую и довольно быструю схему, работающую практически со всеми дисководами, которая, к сожалению, не позволяет правильно транслировать все теоретически возможные конфигурации жесткого диска емкостью до 8,4 Гбайт. Для решения этой проблемы в спецификацию ATA-2 было введено специальное дополнение, в соответствии с которым дисководы должны были указывать определенные диапазоны конфигураций, позволяющие выполнять трансляцию со сдвигом разряда. Таким образом, все дисководы, которые соответствуют спецификации ATA-2 (или выше), могут выполнять трансляцию с помощью этого метода.

Преодоление ограничений емкости в 2,1 и 4,2 Гбайт

В некоторых базовых системах ввода-вывода для данных, обозначающих количество полей физических цилиндров CHS, отводилось только 12 бит, что ограничивало объем диска 4096 цилиндрами. В сочетании с существующими стандартными ограничениями (16 головок и 63 сектора) это не позволяло поддерживать накопители, емкость которых превышала 2,1 Гбайт. К счастью, описанный дефект существовал только в определенных системах, включающих в себя BIOS, созданную примерно до середины 1996 года.

Тем не менее все еще существовали определенные проблемы, связанные с трансляцией со сдвигом разряда. Технология организации операционных систем DOS и Windows 9x/Me не позволяет правильно обрабатывать жесткие диски, содержащие 256 головок. Подобная ситуация стала проблемной для накопителей емкостью более 4,2 Гбайт, поскольку правила CHS-трансляции со сдвигом разряда обычно приводили к логическому значению 256 головок, как в следующем примере.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	12000	750
Головок	16	256
Секторов на дорожке	63	63
Итого секторов	12096000	12096000
Итого байтов	6193152000	6193152000
Мегабайт (Мбайт)	6193	6193
Мебибайт (МиБ)	5906	5906
Гигабайт (Гбайт)	6,19	6,19
Гибибайт (ГиБ)	5,77	5,77

При попытке инсталляции Windows 9x/Me (или DOS) на жестком диске емкостью более 4,2 Гбайт оказалось, что подобная схема неудачна, поскольку значение “256 головок” является одним из параметров L-CHS. Ограничение емкости диска значением 4,2 Гбайт было свойственно практически каждой BIOS, реализующей эту схему, поэтому установка жесткого диска большей емкости и выбор CHS-трансляции со сдвигом разряда и приводили к сбоям накопителя. Следует заметить, что к операционным системам Windows NT/2000/XP это не относится.

Примечание

Интересно то, что причиной подобной проблемы является вовсе не BIOS, а код файловой системы DOS/Win9x/Me, в котором количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, сохраняется в виде 8-разрядного числа. Проблемы возникают при считывании числа 256, представляющего собой в двоичной записи выражение 100000000b, для хранения которого требуется 9-разрядное поле. Число 255 (или

11111111b в двоичной системе) является наибольшим значением, которое подходит 8-разрядному двоичному регистру и определяет максимальное число головок, поддерживаемое той или иной операционной системой.

Для решения этой проблемы CHS-трансляция со сдвигом разряда была переработана и дополнена правилом, согласно которому при наличии 16 физических головок и более чем 8192 цилиндров (что привело бы к трансляции 256 головок) принимается количество головок P-CHS, равное 15 (вместо 16). Во избежание ошибок при вычислении количество цилиндров P-CHS умножается на выражение 16/15. После этого выполняется трансляция скорректированного количества цилиндров и головок. Результаты вычислений приведены ниже.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	12000	750	800
Головок	16	256	240
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	12096000	12096000	12096000
Итого байтов	6193152000	6193152000	6193152000
Мегабайт (Мбайт)	6193	6193	6193
Мебибайт (МиБ)	5906	5906	5906
Гигабайт (Гбайт)	6,19	6,19	6,19
Гибибайт (ГиБ)	5,77	5,77	5,77

Как показано в примере, жесткий диск, содержащий 12000 цилиндров и 16 головок, с помощью стандартной схемы CHS со сдвигом разряда преобразуется в логический диск с 750 цилиндрами и 256 головками. В данном случае в соответствии с правилом переработанной схемы CHS со сдвигом разряда выполняется двойная трансляция, которая состоит в изменении числа физических головок (принимается число головок, равное 15, а не 16) и последующем умножении числа цилиндров (12000) на выражение 16/15, в результате чего получается количество цилиндров, равное 12800. После этого новое число цилиндров, полученное при CHS-трансляции со сдвигом разряда, делится на 16, в результате чего получается 800 логических цилиндров. Аналогично при умножении количества головок (15) на число 16 получаем 240 логических головок. Вычисленное количество логических цилиндров, превышающее 1024, уменьшается до 1024. В этом случае 12000 физических цилиндров и 16 головок транслируются в 800 логических цилиндров и 240 головок (вместо 750 цилиндров и 256 головок), что позволяет не обращать внимания на ошибки, существующие в операционных системах DOS/Win9x/Me.

До сих пор все приведенные примеры были понятны, т.е. вычисленные логические параметры L-CHS и физические параметры P-CHS соответствовали одной и той же емкости жесткого диска. К сожалению, этот метод подходит далеко не всегда. Ниже приведен довольно типичный пример из реальной жизни. Накопители емкостью 8,4 Гбайт, созданные в компаниях Maxtor, Quantum, Seagate и др., содержат 16 383 физических цилиндра и 16 головок. При трансляции будут получены приведенные ниже параметры дисков.

	Физические параметры CHS	Логические параметры CHS со сдвигом разряда	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда
Цилиндров	16383	1023	1024
Головок	16	256	240
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	16514064	16498944	15482880

```
-----------------------------------------------------------------------
Итого байтов          8455200768         8447459328          7927234560
Мегабайт (Мбайт)            8455               8447                7927
Мебибайт (МиБ)              8064               8056                7560
Гигабайт (Гбайт)            8,46               8,45                7,93
Гибибайт (ГиБ)              7,87               7,87                7,38
```

Правила переработанной CHS-трансляции со сдвигом разряда позволяют поддерживать не более 7,93 Гбайт из общего объема жесткого диска, равного 8,4 Гбайт. Фактически параметры, приведенные в этом примере (в столбце с 240 головками), являются абсолютным максимумом, который может поддерживать переработанная CHS-трансляция со сдвигом разряда. К счастью, существует другой режим трансляции, позволяющий выйти из этого положения.

Трансляция LBA-Assist

Метод трансляции LBA-Assist не налагает каких-либо искусственных ограничений на физические параметры конфигурации жесткого диска, но работает только на тех накопителях, которые поддерживают адресацию LBA на уровне интерфейса ATA. Практически все накопители ATA, емкость которых превышает 2 Гбайт, поддерживают LBA. Трансляция LBA-Assist принимает параметры CHS, переданные диском, перемножает их для того, чтобы получить расчетное максимальное значение LBA (общее число секторов), а затем использует вычисленное значение LBA для получения преобразованных (транслированных) параметров CHS. Основные правила трансляции LBA-Assist приведены в табл. 7.22.

Трансляция LBA-Assist устанавливает число секторов, равное 63, независимо от числа цилиндров и головок, получаемых при делении и умножении общего числа секторов. В результате получается набор логических параметров CHS, которые используются операционной системой при обращении к BIOS. После этого выполняется трансляция чисел L-CHS в числа LBA на уровне интерфейса ATA. Режим LBA более подходит для выполнения трансляции, поэтому в большинстве случаев вместо CHS-трансляции со сдвигом разряда следует использовать именно этот режим.

Таблица. 7.22. Правила трансляции LBA-Assist

Общее количество секторов	Логические цилиндры	Логические головки	Логические секторы
1 < T <= 1032192	T/1 008	16	63
1032192 < T <= 2064384	T/2 016	32	63
2064384 < T <= 4128768	T/4 032	64	63
4128768 < T <= 8257536	T/8 064	128	63
8257536 < T <= 16450560	T/16 065	255	63

T — общее количество секторов, полученное при перемножении переданных жестким диском физических параметров CHS (C×H×S).

Обычно выполнение CHS-трансляции со сдвигом разряда и трансляции LBA-Assist приводит к получению практически одинаковых логических параметров конфигурации накопителя. Это справедливо в тех случаях, когда жесткий диск содержит 63 сектора на каждой дорожке и 4, 8 или 16 головок. В приведенном ниже примере обе схемы трансляции приводят к получению одинаковых логических параметров CHS.

```
                                Откорректированные
                    Физические          логические              Логические
                 параметры CHS       параметры CHS           параметры CHS
                                со сдвигом разряда  трансляции LBA-Assist
-----------------------------------------------------------------------
Цилиндров                 8192               1024                   1024
Головок                     16                128                    128
Секторов на дорожке         63                 63                     63
=======================================================================
Итого секторов         8257536            8257536                8257536
```

Итого байтов	4227858432	4227858432	4227858432
Мегабайт (Мбайт)	4228	4228	4228
Мебибайт (МиБ)	4032	4032	4032
Гигабайт (Гбайт)	4,23	4,23	4,23
Гибибайт (ГиБ)	3,94	3,94	3,94

Тем не менее, если значения, переданные жестким диском, отличаются от ранее описанных (63 сектора на дорожке и 4, 8 или 16 головок), то параметры, полученные при выполнении трансляции LBA-Assist и CHS-трансляции со сдвигом разряда, будут совершенно разными. Результаты подобной трансляции показаны ниже.

	Физические параметры CHS	Откорректированные логические параметры CHS со сдвигом разряда	Логические параметры CHS трансляции LBA-Assist
Цилиндров	16383	1024	1024
Головок	16	240	255
Секторов на дорожке	63	63	63
Итого секторов	16514064	15482880	16450560
Итого байтов	8455200768	7927234560	8422686720
Мегабайт (Мбайт)	8455	7927	8423
Мебибайт (МиБ)	8064	7560	8033
Гигабайт (Гбайт)	8,46	7,93	8,42
Гибибайт (ГиБ)	7,87	7,38	7,84

Трансляция LBA-Assist поддерживает жесткие диски емкостью 8,42 Гбайт, что примерно на 500 Мбайт больше, чем поддерживает переработанная CHS-трансляция со сдвигом разряда. Гораздо важнее то, что различия этих трансляций могут привести при изменении режимов трансляции к определенным проблемам с данными, находящимися на жестком диске. Например, при использовании трансляции LBA-Assist для преобразования параметров жесткого диска, установленного и отформатированного с помощью CHS-трансляции со сдвигом разряда, зачастую происходит изменение интерпретируемой геометрии диска. В результате жесткий диск становится нечитаемым, и единственным выходом из этого положения будет повторное разбиение диска на разделы и их форматирование, что приведет к уничтожению всех имеющихся данных. Запомните, что после выбора используемого метода трансляции следующее изменение режима можно выполнять только после полного резервирования *всех* важных данных.

Начиная с 1994 года практически во всех BIOS, используемых в персональных компьютерах, функция трансляции введена в программу настройки параметров BIOS. Более того, во всех BIOS поддерживаются опции обоих режимов трансляции, а также возможность их полного отключения. В том случае, если предлагаются оба режима трансляции (т.е. CHS со сдвигом разряда и LBA-Assist), следует воспользоваться методом LBA, который является более гибким и эффективным. Не забывайте также о том, что трансляция LBA-Assist поддерживает, независимо от существующих параметров, не более 255 логических головок, что позволяет устранить проблему ограничения емкости диска в 4,2 Гбайт, возникшую из-за ошибки операционной системы.

Чтобы узнать, поддерживает ли трансляцию параметров ваша версия BIOS, попробуйте в соответствующем разделе программы настройки параметров BIOS ввести число, большее 1024. Однако лучше просто проверить, есть ли параметры трансляции в разделе настройки диска программы. Запуск и работа с программой настройки параметров BIOS описываются в главе 5. Если вы столкнулись с такими относящимися к накопителю параметрами, как `LBA` и `ECHS` (иногда используются названия `Large` и `Extended`), учтите, что они указывают на BIOS с поддержкой трансляции. Данную функцию поддерживает большинство версий BIOS,

выпускаемых с 1994 года, однако в некоторых версиях AMI BIOS, которые выпускаются с середины 1990-х годов, параметры LBA задаются не в том разделе, где задаются параметры работы жестких дисков. Если ваша система не поддерживает трансляцию параметров, следует обновить BIOS или же установить специальную плату модернизации BIOS, например LBA Pro от компании eSuport.com

В табл. 7.23 приведены данные для всех доступных сегодня четырех способов адресации секторов: стандартный CHS (без трансляции), расширенная трансляция CHS, адресация LBA и полный режим LBA (EDD BIOS).

Таблица 7.23. Способы адресации секторов на диске

Режим BIOS	Параметры, которые операционная система передает BIOS	Параметры, которые BIOS передает диску
Стандартный (без трансляции)	Физические параметры CHS	Физические параметры CHS
Расширенная трансляция CHS (ECHS)	Логические параметры CHS	Физические параметры CHS
Трансляция LBA	Логические параметры CHS	Параметры LBA
"Чистый" LBA	Параметры LBA	Параметры LBA

В стандартном режиме трансляция может выполняться только в один этап и только в пределах самого диска. Сегодня настоящая физическая геометрия всех зонально записанных дисков ATA абсолютно не видна снаружи. Информация о цилиндрах, головках и секторах, которую показывает программа настройки параметров BIOS, отражает логическую геометрию, а не реальные физические параметры диска. Стандартная адресация CHS ограничена 16 головками и 1024 цилиндрами, что приводит к лимиту емкости диска в 504/528 Мбайт.

В программе настройки параметров BIOS этот режим часто называется `Normal` и "заставляет" BIOS вести себя так, будто это ее старая версия без трансляции. Данный режим применим для дисков, имеющих менее 1024 цилиндров, или же при использовании такого диска с операционной системой, которая не поддерживает трансляцию.

Параметры `ECHS` и `Large`, указанные в программе настройки BIOS, представляют собой CHS-трансляцию со сдвигом разряда, а начиная с 1997 года и по сей день в BIOS чаще всего используется переработанный и дополненный метод трансляции (не более 240 логических головок).

Параметр `LBA`, выбранный в программе настройки BIOS, определяет трансляцию LBA-Assist, которая не является "чистым" режимом LBA, и позволяет программному обеспечению использовать логические параметры CHS при обращении BIOS к жесткому диску в режиме LBA.

Существует только один способ, позволяющий выбрать "естественный" режим LBA как при обращении операционной системы к BIOS, так и при обращении BIOS к жесткому диску, — использование жесткого диска, емкость которого превышает 8,4 Гбайт. Все накопители емкостью более 137 Гбайт должны адресоваться посредством LBA как на уровне BIOS, так и на уровне жесткого диска. Следует заметить, что BIOS, используемая в большинстве персональных компьютеров, с помощью этого метода автоматически адресует любые жесткие диски емкостью более 8,4 Гбайт. В этом случае не придется задавать какие-либо специальные настройки в программе установки параметров BIOS, достаточно лишь определить автоматическое обнаружение дисков.

Предупреждение

Относительно выбора вида трансляции в настройках BIOS необходимо сказать следующее. Если изменить режим пересчета секторов (CHS, ECHS или LBA) для дисков емкостью до 8,4 Гбайт, то BIOS может перейти к другой логической модели диска. То же самое может произойти, если переставить диск, отформатированный в старом компьютере (в котором не предусмотрен режим LBA), в новую систему с возможностью такой адресации. Это приведет к смене логической модели диска, "видимой" со стороны операционной системы; при этом координаты расположения блоков данных на диске изменятся до неузнаваемости. Естественно, добраться до них вам уже не удастся. Поэтому советую всегда записывать хранящиеся в CMOS-памяти параметры жестких дисков, чтобы позднее их можно было восстановить в первоначальном виде. Это не относится к жестким дискам, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, поскольку в данном случае автоматически выбирается "чистый" режим LBA.

Преодоление ограничения емкости в 8,4 Гбайт

Несмотря на то что CHS-трансляция позволила преодолеть ограничение емкости в 528 Мбайт, вскоре пользователи столкнулись с новым препятствием, которым стали жесткие диски емкостью более 8,4 Гбайт. Обеспечение поддержки накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, потребовало отказаться от CHS-трансляции и перейти к адресации LBA на уровне BIOS. Интерфейс ATA поддерживал адресацию LBA даже в оригинальной спецификации ATA-1. К сожалению, первоначально поддержка LBA на уровне ATA была факультативной, но основная проблема состояла в том, что на уровне интерфейса BIOS адресация LBA не поддерживалась. Пытаясь устранить эту проблему, в программе настройки параметров BIOS иногда устанавливали трансляцию LBA-Assist, но это приводило лишь к преобразованию параметров LBA в параметры CHS на уровне интерфейса BIOS.

Специалисты компании Phoenix Technologies пришли к решению о необходимости использовать интерфейс BIOS для перехода от CHS к LBA и в 1994 году опубликовали спецификацию *BIOS Enhanced Disk Drive Specification (EDD)*, в которой для устранения этой проблемы использовались новые расширенные сервисы INT13h BIOS, работающие не с адресами CHS, а с параметрами LBA.

Чтобы обеспечить широкую промышленную поддержку и совместимость с новыми функциями BIOS, в 1996 году компания Phoenix передала этот документ в технический комитет T13 Национального комитета по стандартам информационных технологий (NCITS) для дальнейшего улучшения и утверждения в качестве стандарта, который в результате получил название *BIOS Enhanced Disk Drive Specification (EDD)*. Примерно с 1998 года большинство производителей BIOS начали обеспечивать поддержку EDD в создаваемых BIOS, обеспечивая тем самым поддержку режима LBA на уровне BIOS для накопителей ATA, емкость которых превышает 8,4 Гбайт. Случайно или нет, но накопители ATA емкостью 8,4 Гбайт и более появились примерно в это же время.

Спецификация EDD описывает новые расширенные команды INT13h BIOS, обеспечивающие возможность выполнения адресации LBA до 2^{64} секторов, что позволяет поддерживать накопители емкостью более 9,44 Збайт. Это то же самое, что 9,44 трлн. Гбайт, $9{,}44\times10^{21}$ байт или, если говорить более точно, 9444732965739290430000 байт! Речь идет о теоретической емкости жестких дисков, так как, несмотря на то что к 1998 году BIOS могла обрабатывать до 264 секторов, накопители ATA все еще использовали 28-разрядную адресацию (2^{28} секторов) на уровне интерфейса ATA. Это позволяло накопителям ATA содержать не более 268435456 секторов, что приводило к максимальной емкости, равной 137438953472 байт, или 137,44 Гбайт. Таким образом, после успешного преодоления барьера в 8,4 Гбайт производители столкнулись с новым ограничением емкости в 137 Гбайт, появившимся в результате использования 28-разрядной адресации LBA в интерфейсе ATA. Ниже показано, как это выглядит в числовом выражении.

```
                Максимальные значения
-------------------------------------
Итого секторов               268435456
-------------------------------------
Итого байтов              137438953472
Мегабайт (Мбайт)                137439
Мебибайт (МиБ)                  131072
Гигабайт (Гбайт)                137,44
Гибибайт (ГиБ)                  128,00
```

Использование команд нового расширенного 64-разрядного режима LBA на уровне BIOS, а также существующих команд 28-разрядного режима LBA на уровне накопителей ATA не требует трансляции, поэтому параметры LBA передаются в неизменном виде. Объединение режимов LBA на уровнях BIOS и интерфейса ATA позволяет окончательно отказаться от громоздкой адресации CHS. Это означает также, что при установке жесткого диска ATA емкостью более 8,4 Гбайт в ПК, содержащий BIOS, которая поддерживает спецификацию EDD

(т.е. BIOS, выпущенную в 1998 году или позже), происходит автоматическая настройка BIOS и жесткого диска на использование режима LBA.

Существует одна интересная особенность, возникшая при попытке обеспечения обратной совместимости. В этом случае при загрузке операционной системы, которая не поддерживает режим LBA-адресации (например, DOS или первая версия Win95), большинство накопителей, емкость которых превышает 8,4 Гбайт, сообщают о наличии только 16383 цилиндров, 16 головок и 63 секторов на каждой дорожке, что и составляет в общей сложности 8,4 Гбайт. В результате BIOS или операционные системы ранних версий "видят" на 120-гигабайтовом жестком диске только первые 8,4 Гбайт. Это может показаться странным, но я думаю, что лучше иметь 120-гигабайтовый накопитель, распознаваемый как диск емкостью 8,4 Гбайт, чем совершенно нерабочий жесткий диск. При установке накопителя емкостью более 8,4 Гбайт в систему, выпущенную до 1998 года, не забудьте обновить системную BIOS или установить дополнительную плату BIOS с поддержкой EDD.

Преодоление барьера в 137 Гбайт

В 2001 году производители вплотную столкнулись с проблемой, связанной со 137-гигабайтовым ограничением емкости жестких дисков, поскольку существующий технологический уровень уже позволил создавать 3,5-дюймовые жесткие диски гораздо большей емкости. Решением этой проблемы стала спецификация ATA-6, также разработанная в 2001 году. Эта спецификация, содержащая обновленные функции LBA, позволила перейти от 28-разрядных чисел к 48-разрядным, что дало возможность поддерживать адресацию накопителей большей емкости.

Спецификация ATA-6 расширяет интерфейс LBA, что позволяет использовать 48-разрядную адресацию секторов. Это означает, что максимальная емкость жесткого диска повышается до 2^{48} (т.е. 281474976710656) секторов. Поскольку каждый сектор содержит 512 байт, максимальная емкость жесткого диска будет равна значениям, представленным ниже.

	Максимальные значения
Итого секторов	281474976710656
Итого байтов	144115188075855888
Мегабайт (МБайт)	144115188076
Мебибайт (МиБ)	137438953472
Гигабайт (Гбайт)	144115188
Гибибайт (ГиБ)	137217728
Терабайт (Тбайт)	144115
Тебибайт (ТиБ)	131072
Петабайт (Пбайт)	144,12
Пебибайт (ПиБ)	128,00

Как видите, 48-разрядная схема адресации LBA, описанная в спецификации ATA-6, поддерживает накопители, емкость которых достигает 144 Пбайт (петабайт — квадрильон байтов).

Функции EDD BIOS, использующие 64-разрядную схему адресации, позволяют еще больше расширить существующие ограничения.

	Максимальные значения
Итого секторов	18446744073709551600
Итого байтов	9444732965739290430000
Мегабайт (МБайт)	9444732965739291
Мебибайт (МиБ)	9007199254740993
Гигабайт (Гбайт)	9444732965739
Гибибайт (ГиБ)	8796093022208
Терабайт (Тбайт)	9444732966
Тебибайт (ТиБ)	8589934592

```
Петабайт (Пбайт)                    9444733
Пебибайт (ПиБ)                      8388608
Эксабайт (Эбайт)                       9445
Эксибайт (ЭиБ)                         8192
Зеттабайт (Збайт)                      9,44
Зебибайт (ЗиБ)                         8,00
```

Несмотря на то что службы BIOS, использующие 64-разрядную схему адресации LBA, позволяют работать с дисками, имеющими емкость до 2^{64} секторов, ограничение в 144 Пбайт, налагаемое спецификацией ATA-6, является наименьшим общим знаменателем, который можно применить. Так что на некоторое время мы застрахованы от проблем.

Согласно закону Мура емкость жестких дисков удваивается каждые 1,5–2 года. Принимая во внимание, что накопители ATA емкостью 160 Гбайт появились только в конце 2001 года, можно предположить, что диски емкостью 144 Пбайт будут созданы примерно в 2031–2041 годах (если допустить, что к этому времени технология изготовления жестких дисков не изменится). По аналогии с этим можно подсчитать, что ограничение EDD BIOS в 9,44 Збайт будет достигнуто не ранее чем в период с 2055 и 2073 годы! Прежде специалисты компании Phoenix заявляли, что спецификация EDD продержится примерно до 2020 года, но, похоже, они были слишком консервативны.

Преодолеть барьер в 137 Гбайт оказалось значительно труднее, чем справиться с предыдущей задачей. Это связано с тем, что, помимо реализации BIOS, пришлось решать вопросы, связанные с операционной системой.

Доступ к накопителям, емкость которых превышает 137 Гбайт, осуществляется при использовании 48-разрядной адресации LBA. Поддержка такой адресации обязательно должна существовать на уровне операционной системы, но может быть реализована и на уровне BIOS. Естественно, лучше, если поддержка LBA реализована и на уровне ОС, и на уровне BIOS, однако иногда достаточно поддержки на уровне ОС.

Поддержка LBA реализована в следующих операционных системах:

- Windows XP SP1 и более поздние версии;
- Windows 2000 SP4 и более поздние версии;
- Windows 98/98SE/Me и Windows NT с загруженной поддержкой IAA (Intel Application Accelerator); только в случае, если набор микросхем материнской платы поддерживает IAA. Дополнительную информацию о наборах микросхем, поддерживающих IAA, можно получить по такому адресу:

  `http://www.intel.com/support/chipsets/IAA`

Для поддержки 48-разрядной адресации LBA на уровне BIOS требуется следующее:

- BIOS с поддержкой 48-разрядной адресации LBA (датированная обычно сентябрем 2002 года и позже);
- адаптер контроллера ATA с BIOS, включающей поддержку 48-разрядной адресации LBA.

Если система не обеспечивает поддержку BIOS, обратитесь за обновленной версией к изготовителю системной платы или установите дополнительную плату со встроенной BIOS. Компания Promise Technologies (`www.promise.com`) выпустила несколько карт PCI с интерфейсами PATA и SATA, а также ряд микросхем BIOS с поддержкой 48-разрядной адресации LBA.

Следует отметить, что, если поддержка 48-разрядной адресации LBA осуществляется и на уровне ОС, и на уровне BIOS, можно просто установить высокоемкий жесткий диск, как любой другой. Если поддержка реализована только на уровне ОС, то все пространство, находящееся за пределами 137 Гбайт, будет распознано и доступно только после загрузки операционной системы. Если установка операционной системы (такой, как Windows XP в своем изначальном виде) выполняется на новый жесткий диск и при этом загрузка была произведена с компакт-диска, во время инсталляции потребуется создать раздел емкостью 137 Гбайт. После

установки системы Windows XP и пакета обновлений SP1 можно создать дополнительные разделы на оставшемся пространстве диска с помощью встроенных средств или сторонних программ. Кстати, такие программы, как Partition Magic и Partition Commander, позволяют расширить первый раздел на весь объем жесткого диска. Если загрузка выполняется с диска Windows XP SP1 или более поздней версии, разметить все пространство жесткого диска можно уже в процессе самой инсталляции ОС.

В заключение следует заметить, что оригинальная версия Windows XP (а также Windows 2000/NT или Windows 95/98/Me) не обеспечивает поддержку накопителей ATA, емкость которых превышает 137 Гбайт. Однако эта проблема легко решается, если установить соответствующий пакет обновлений или Intel Application Accelerator.

Ограничения операционных систем и различного программного обеспечения

Следует хорошо запомнить, что при использовании устаревшего программного обеспечения, включая утилиты, приложения и даже операционные системы, работа которых базируется на параметрах CHS, им будут доступны лишь первые 8,4 Гбайт дисков любой емкости. Для поддержки прямой адресации LBA необходима не только новая система BIOS, но и новые версии программ.

Существующие ограничения операционных систем на емкость жестких дисков приведены в табл. 7.24.

Таблица 7.24. Ограничения операционных систем на емкость жестких дисков

Операционная система	Существующие ограничения
DOS/Windows 3x	DOS 6.22 или ниже не может поддерживать диски емкостью более 8,4 Гбайт. DOS 7.0 или выше (включая Windows 95 и выше) распознает диски емкостью более 8,4 Гбайт
Windows 9x/Me	Windows 95a (оригинальная версия) поддерживает расширения INT13h, а это значит, что данная система поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт, однако в связи с ограничениями файловой системы FAT16 максимальный размер одного раздела имеет ограничение в 2 Гбайт. Windows 95B OSR2 и следующие версии (включая Windows 98) поддерживают расширения INT13h, что позволяет работать с дисками емкостью более 8,4 Гбайт, а также поддерживают файловую систему FAT32, которая допускает наличие разделов большой емкости. В то же время, ввиду конструктивных особенностей, Windows 95 не поддерживает жесткие диски емкостью более 32 Гбайт. Windows 98 требует обновления программы FDISK для создания разделов в дисках емкостью более 64 Гбайт
Windows NT	Windows NT 3.5x не поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт. Windows NT 4.0 поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт; однако, если диск такой емкости используется как основное загрузочное устройство, Windows NT не распознает его (эта ошибка исправлена в пакете обновления Service Pack 4)
Windows 2000 и более новые	Эти ОС поддерживают диски емкостью более 8,4 Гбайт
OS/2 Warp	В некоторых версиях OS/2 существовало ограничение на емкость загрузочного раздела в 3,1 или 4,3 Гбайт. Компания IBM выпустила программу Device Driver Pack, которая позволяет использовать загрузочный раздел емкостью более 8,4 Гбайт. Файловая система HPFS поддерживает диски емкостью 64 Гбайт
Novell	Операционная система NetWare 5.0 и выше поддерживает диски емкостью более 8,4 Гбайт

При использовании операционной системы, обеспечивающей поддержку жестких дисков емкостью более 8,4 Гбайт, ограничения максимального объема накопителя зависят не от нее, а от базовой системы ввода-вывода и интерфейса жесткого диска. В этом случае более существенную роль играют ограничения размера томов (разделов) и файлов, создаваемых и управляемых различными операционными системами. Эти ограничения зависят не только от существующей ОС, но и от файловой системы, которая используется в данном разделе. Минимальный и максимальный размеры тома (раздела), а также ограничения размера файлов для различных операционных систем Windows приведены в табл. 7.25. Как отмечалось выше, оригинальная версия Windows XP (а также Windows 2000/NT или Windows 95/98/Me) не обеспечивает в своем исходном виде поддержку накопителей ATA, емкость которых превы-

шает 137 Гбайт. Для этого нужна версия Windows XP SP1 (SP2) или Windows Vista/7. Данный тезис не относится к устройствам, подключенным через интерфейсы USB, FireWire, SCSI и др.

Таблица 7.25. Ограничения размеров файлов и томов в различных файловых системах

Ограничения, накладываемые файловой системой	FAT16	FAT32	NTFS
Минимальный размер тома (раздела) (9x/Me)	2,092 Мбайт	33,554 Мбайт	—
Минимальный размер тома (NT/2000/XP/Vista)	2,092 Мбайт	33,554 Мбайт	1,000 Мбайт
Максимальный размер тома (раздела) (9x)	2,147 Гбайт	136,902 Гбайт	—
Максимальный размер тома (раздела) (Me)	2,147 Гбайт	8,796 Тбайт	—
Максимальный размер тома (раздела) (NT/2000/XP/Vista/7)	4,294 Гбайт	8,796 Гбайт	281,475 Тбайт
Максимальный размер файла (все)	4,294 Гбайт	4,294 Гбайт	16,384 Тбайт

PATA/SATA RAID

Избыточный массив независимых дисковых накопителей (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks — RAID) разрабатывался в целях повышения отказоустойчивости и эффективности систем компьютерных запоминающих устройств. Технология RAID разработана в Калифорнийском университете в 1987 году. В ее основу положен принцип использования нескольких дисков небольшого объема, взаимодействующих посредством специального программного и аппаратного обеспечения, в качестве одного диска большой емкости.

Первоначальная конструкция RAID предусматривала простое соединение областей памяти нескольких отдельных дисков. Но, как оказалось, подобная схема снижает надежность матрицы и практически не влияет на ее быстродействие. Например, четыре диска, объединенные в матрицу, которая работает, как один диск, будут "сбоить" в четыре раза чаще, чем один диск той же емкости. Для повышения надежности и быстродействия матрицы ученые университета Беркли предложили шесть уровней RAID, каждый из которых характеризуется определенной отказоустойчивостью, емкостью запоминающего устройства и быстродействием.

В июле 1992 года была создана организация RAID Advisory Board (RAB), которая занимается разработкой спецификаций RAID, согласованием программ для его различных уровней, а также систематизацией класса программ для аппаратного обеспечения RAID.

В настоящее время организация RAB определила семь стандартных уровней RAID — от RAID 0 до RAID 6. Избыточный массив независимых дисковых накопителей (RAID) обычно реализуется посредством соответствующей платы контроллера. Кроме того, реализация RAID может быть обеспечена с помощью соответствующих программ (что, правда, не рекомендуется). Ниже описаны существующие уровни RAID.

- **RAID 0 — полосование.** Содержимое файла записывается одновременно на несколько дисков массива, работающих, как один дисковод большой емкости. Этот уровень обеспечивает высокую скорость выполнения операций чтения/записи, но очень низкую надежность. Для реализации уровня необходимы минимум два дисковода.
- **RAID 1 — зеркальное отражение.** Данные, записанные на одном диске, дублируются на другом, что обеспечивает превосходную отказоустойчивость (при повреждении одного диска данные считываются с другого). При этом заметного повышения эффективности матрицы по сравнению с отдельным дисководом не происходит. Для реализации уровня необходимы минимум два диска.
- **RAID 2 — код коррекции ошибок на уровне битов.** Одновременно происходит побитовое дробление данных и запись кода коррекции ошибок (ECC) на нескольких дисках. Этот уровень предназначен для запоминающих устройств, не поддерживающих ECC (все дисководы SCSI и ATA имеют встроенный внутренний код коррекции ошибок). Он обеспечивает высокую скорость передачи данных и достаточную надежность матрицы. В то же время для достижения хотя бы 50%-ной эффективности необходимо

минимум семь дисков. Для реализации этого уровня требуется несколько дисководов. Насколько я знаю, в настоящее время не существует коммерческих контроллеров RAID 2 или дисков, не поддерживающих ECC.

- **RAID 3 — полосование с контролем четности.** Объединение уровня RAID 0 с дополнительным дисководом, используемым для обработки информации контроля четности. Этот уровень фактически представляет собой видоизмененный уровень RAID 0, для которого характерно уменьшение общей полезной емкости матрицы при сохранении числа дисководов. Однако при этом достигается высокая степень целостности данных и отказоустойчивости, так как в случае повреждения одного из дисков данные могут быть восстановлены. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 4 — блочные данные с контролем четности.** Этот уровень отличается от RAID 3 только тем, что запись информации осуществляется на независимые дисководы в виде больших блоков данных, что приводит к увеличению скорости чтения больших файлов. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 5 — блочные данные с распределенным контролем четности.** Этот уровень подобен RAID 4, но предполагает более высокую производительность, которая достигается за счет распределения системы контроля четности по жестким дискам. Для реализации этого уровня необходимы минимум три дисковода (два или более — для данных и один — для контроля четности).
- **RAID 6 — блочные данные с двойным распределенным контролем четности.** Подобен уровню RAID 5, но отличается тем, что данные контроля четности записываются дважды за счет использования двух различных схем контроля четности. Это обеспечивает более высокую надежность матрицы в случае множественных отказов дисковода. Для реализации этого уровня необходимы минимум четыре дисковода (два или более — для данных и два — для контроля четности).

Существуют и *вложенные* уровни RAID, получаемые в результате объединения нескольких форм RAID. Наиболее популярные из них описаны ниже.

- **RAID Level 01: чередование с зеркалом.** Накопители сначала объединяются в массивы RAID 0, после чего массивы RAID 0 объединяются в конфигурацию RAID 1. Необходимо как минимум четыре накопителя; общее количество накопителей должно быть четным. Большинство реализаций на ПК допускает использование максимум четырех накопителей. Общее используемое пространство равно половине количества накопителей в массиве, умноженной на емкость диска с наименьшей емкостью. Массивы RAID 01 допускают отказ одного накопителя, а некоторые реализации — нескольких накопителей. Данный вариант не рекомендуется к использованию, так как массивы RAID 10 обеспечивают большую избыточность и производительность.
- **RAID Level 10: зеркалирование с чередованием.** Накопители сначала объединяются в массивы RAID 1, после чего массивы RAID 1 объединяются в конфигурацию RAID 0. Необходимо как минимум четыре накопителя; общее количество накопителей должно быть четным. Большинство реализаций на ПК допускает использование максимум четырех накопителей. Общее используемое пространство равно половине количества накопителей в массиве, умноженной на емкость диска с наименьшей емкостью. Массивы RAID 10 допускают отказ одного накопителя, а некоторые реализации — нескольких накопителей. Похожи на RAID 01 за исключением увеличенной надежности благодаря отказоустойчивости в большем количестве вариантов отказа нескольких накопителей, а также возможности быстрее заменить диск и восстановить массив после сбоя.

Существуют также дополнительные уровни RAID, которые являются нестандартными реализациями определенных компаний. Например, с 1993-го по 2004-й год существовало понятие “RAID 7” для описание фирменной реализации RAID, выпущенной компанией Storage Computer Corp. (в настоящее время прекратила свое существование) Эти уровни официально не поддерживаются RAID Advisory Board.

Если необходима максимальная производительность, обычно используются массивы RAID уровня 0, предполагающего чередование данных. К сожалению, массивы RAID 0 ненадежны, так как при отказе одного накопителя теряются все данные. Преимущества — высокая производительность, которая увеличивается пропорционально количеству дисков в массиве. Например, производительность массива из четырех дисков при использовании производительных контроллеров может практически в четыре раза превышать производительность отдельного диска. Однако нельзя забывать о таких факторах, как задержки, т.е. время, необходимое для поиска данных. Как бы там ни было, производительность RAID 0 всегда выше производительности одного диска.

Для достижения более высокой надежности адаптеры ATA RAID поддерживают уровень RAID 1, который обеспечивает зеркальное отображение (т.е. дублирование) данных, записанных на одном из дисков. При повреждении какого-либо дисковода система может работать с информацией, сохраненной на другом диске. К сожалению, эффективность массива при этом практически не изменяется; более того, используется только половина существующего дискового пространства. Другими словами, устанавливаются два диска, а по сути получается только один (второй диск является зеркальной копией первого). Тем не менее в эпоху накопителей большой емкости, имеющих невысокую стоимость, это не имеет существенного значения.

Для того чтобы объединить высокую эффективность с повышением надежности матрицы, следует воспользоваться уровнем RAID 3 или RAID 5. Например, практически все профессиональные контроллеры RAID, используемые в сетевых файловых серверах, предназначены для работы на уровне RAID 5. При этом стоимость подобных контроллеров значительно выше. Кроме того, для реализации уровня RAID 5 необходимы минимум три накопителя.

Используя четыре диска объемом 500 Гбайт в конфигурации RAID 5, вы получите хранилище общим объемом 1,5 Тбайт; при этом допускается отказ одного накопителя. После отказа диска данные могут быть считаны с массива или записаны в него. Однако скорость операций чтения/записи будет чрезвычайно низкой до тех пор, пока не будет заменен диск и восстановлен массив. Процесс восстановления массива может занять относительно много времени, а если произойдет отказ еще одного диска, все данные будут утеряны.

При использовании четырех накопителей в конфигурации RAID 10 вы получите хранилище общим объемом 1 Тбайт, однако при этом допускается отказ нескольких накопителей. Кроме того, после отказа накопителя работа с данными возможна, причем без каких-либо потерь быстродействия. После замены накопителя восстановление массива занимает достаточно мало времени, особенно по сравнению с массивом RAID 5. Благодаря их преимуществам массивы RAID 10 часто рекомендуются как альтернатива RAID 5, особенно когда необходимы избыточность и производительность.

Типичный недорогой контроллер SATA RAID позволяет подключить до семи дисков; с его помощью можно организовать массивы уровней 0, 1, 5 и 0+1; доступны также четырехканальные платы PATA RAID. Однако в настоящее время основной акцент сместился на выпуск контроллеров SATA RAID, так как соответствующие диски не имеют проблем с распределением функций ведущего и ведомого дисков. На платах SATA RAID для подключения каждого из дисков используется отдельный канал (кабель), что приводит к максимальному повышению производительности. Лично я отдаю предпочтение SATA RAID перед PATA RAID из-за повышенной производительности.

При поиске нужного контроллера SATA RAID в первую очередь обратите внимание на следующие параметры:

- поддерживаемые уровни RAID (наилучшие модели поддерживают уровни 0, 1, 5 и 0+1; отсутствие поддержки RAID 5 указывает на продукт низкого качества);
- четыре, шесть или восемь каналов;
- поддержка скорости передачи данных 3 Гбит/с;
- с точки зрения производительности и совместимости наилучшими являются платы контроллеров с интерфейсом PCI.

Если хотите поэкспериментировать с RAID без дополнительных затрат, можете создать дисковый массив с помощью программного обеспечения. Например, операционные системы Windows NT/2000 и более поздние предлагают программную реализацию полосования и зеркального отображения. Если же хотите реально повысить производительность и надежность системы, приобретите контроллер SATA RAID, поддерживающий уровень RAID 5.

ГЛАВА

8

Устройства магнитного хранения данных

Хранение данных на магнитных носителях

Практически во всех персональных компьютерах информация хранится на носителях, использующих принципы магнетизма или оптики. При использовании магнитных устройств хранения поток двоичных данных (нули и единицы) превращается в небольшие металлические намагниченные частички, расположенные на плоском диске или на ленте в виде узора. Этот магнитный узор впоследствии может быть восстановлен в изначальный поток двоичных данных.

История развития устройств хранения данных на магнитных носителях

Долгое время основным устройством хранения данных в компьютерном мире были *перфокарты* (картонные листы с отверстиями, соответствующими определенным символам или двоичным данным), введенные еще в 1890 году Германом Холлеритом для счетной машины Census. Больше всего меня потрясло то, что я перестал использовать перфокарты всего за один год, когда взял академотпуск в колледже и занимался на компьютерных курсах. Тогда мне казалось, что использование перфокарт было больше связано с вопросами финансирования (в 1979 году уже достаточно редко можно было встретить устройства чтения перфокарт) и отсутствием четкого понимания современных технологий. Хотя в компьютерном мире перфокарты отжили свое, они в том или ином виде продолжали использоваться в различных старых системах подсчета голосов.

История развития устройств хранения данных на магнитных носителях возвращает нас к далекому июню 1949 года, когда группа инженеров и исследователей компании IBM приступила к разработке нового устройства хранения данных. Именно это и стало точкой отсчета в истории развития магнитных устройств хранения данных, которые буквально взорвали ком-

пьютерный мир. 21 мая 1952 года IBM анонсировала модуль ленточного накопителя IBM 726 для вычислительной машины IBM 701.

Четыре года спустя, 13 сентября 1956 года, небольшая команда разработчиков все той же IBM объявила о создании первой дисковой системы хранения данных — 305 RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control — метод произвольного доступа для подсчета и управления).

Эта система могла хранить 5 млн. символов (5 Мбайт) на 50 дисках диаметром 24 дюйма (около 61 см). В отличие от ленточных устройств хранения данных, в системе RAMAC запись осуществлялась с помощью головки в произвольное место поверхности диска. Такой способ заметно повысил производительность компьютера, поскольку данные записывались и извлекались намного быстрее, чем при использовании ленточных устройств.

Магнитные устройства хранения данных прошли полувековой путь от RAMAC до современных жестких дисков емкостью 2 Тбайт и размером 3,5 дюйма.

Как магнитное поле используется для хранения данных

В основе работы магнитных носителей — накопителей на жестких и гибких дисках — лежит такое явление, как *электромагнетизм*. Оно было открыто датским физиком Гансом Кристианом Эрстедом в 1819 году. Суть его состоит в том, что при пропускании через проводник электрического тока вокруг него образуется магнитное поле (рис. 8.1). Обратите внимание на то, что электроны протекают от отрицательного заряда к положительному, хотя мы обычно думаем, что все происходит наоборот.

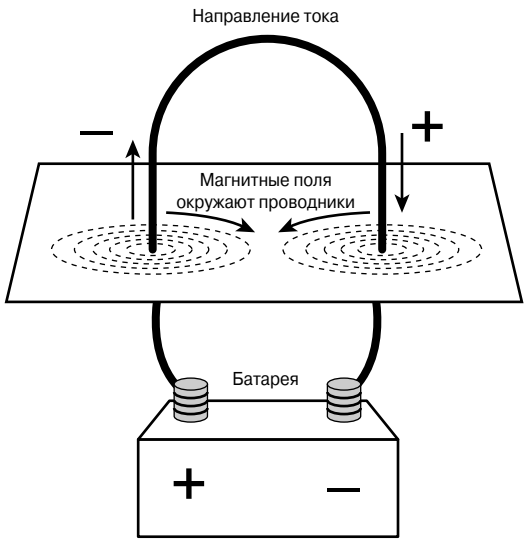


Рис. 8.1. При пропускании тока через проводник вокруг него образуется магнитное поле

Эрстед обнаружил, что стрелка компаса отклоняется от направления на север, когда компас находится около катушки проводов, в которой генерируется электрический ток. Когда ток отключался, положение стрелки снова совпадало с линиями магнитного поля Земли и стрелка указывала на север.

Создаваемое поле воздействует на оказавшееся в нем ферромагнитное вещество. При изменении направления тока полярность магнитного поля также изменяется. Явление электромагнетизма используется в электродвигателях для генерации сил, воздействующих на магниты, которые установлены на вращающемся валу.

Однако существует и противоположный эффект: в проводнике, на который воздействует переменное магнитное поле, возникает электрический ток. При изменении полярности магнитного поля изменяется и направление электрического тока (рис. 8.2).

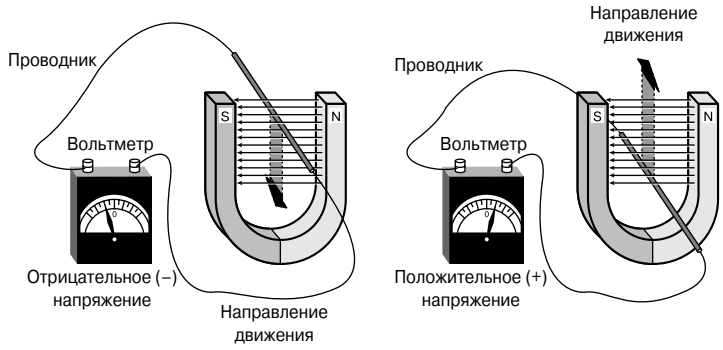


Рис. 8.2. При перемещении проводника в магнитном поле генерируется электрический ток

Например, внутри обмоток генератора электрического тока, который используется в автомобилях, есть ротор с катушкой возбуждения, при вращении которой в обмотках генератора возникает электрический ток. Благодаря такой взаимной "симметрии" электрического тока и магнитного поля существует возможность записывать, а затем считывать данные на магнитном носителе.

Головка чтения/записи в любом дисковом накопителе состоит из U-образного ферромагнитного сердечника и намотанной на него катушки (обмотки), по которой может протекать электрический ток. При пропускании тока через обмотку в сердечнике (*магнитопроводе*) головки создается магнитное поле (рис. 8.3). При переключении направления протекающего тока полярность магнитного поля также изменяется. В сущности, головки представляют собой электромагниты, полярность которых можно очень быстро изменить, переключив направление пропускаемого электрического тока.

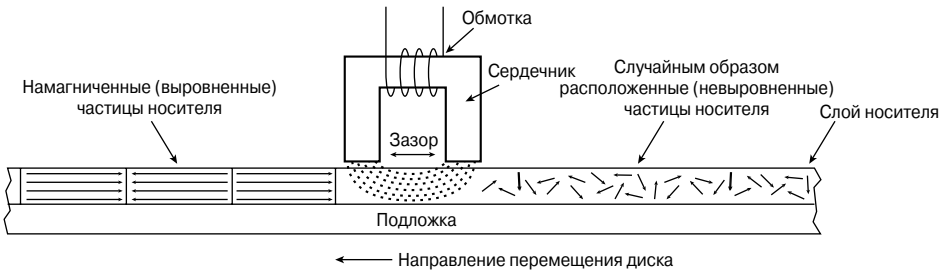


Рис. 8.3. Головка чтения/записи

Гибкие магнитные диски обычно производятся на лавсановой, а жесткие — на алюминиевой или стеклянной подложке, на которую наносится слой ферромагнитного материала. Рабочий слой в основном состоит из окиси железа с различными добавками. Магнитные поля, создаваемые отдельными доменами на чистом диске, ориентированы случайным образом и взаимно компенсируются на любом сколько-нибудь протяженном (макроскопическом) участке поверхности диска, поэтому его остаточная намагниченность равна нулю.

Магнитное поле в сердечнике частично распространяется в окружающее пространство благодаря зазору, "пропиленному" в основании U-образного сердечника. Если вблизи зазора располагается ферромагнетик (рабочий слой носителя), то магнитное поле в нем локализуется,

поскольку подобные вещества обладают меньшим магнитным сопротивлением, чем воздух. Магнитный поток, пересекающий зазор, замыкается через носитель, что приводит к поляризации его магнитных частиц (*доменов*) в направлении действия поля.

Магнитное поле, генерируемое головкой чтения/записи, "перескакивает" зазор между концами U-образного сердечника. Пройти по проводнику значительно легче, чем преодолеть воздушную прослойку, поэтому магнитное поле отклоняется от конца сердечника, используя поверхность близлежащего ферромагнитного носителя в качестве кратчайшего пути к другому концу магнита. При прохождении поля через рабочий слой, находящийся непосредственно под сердечником, происходит поляризация магнитных частиц, что приводит к их ориентации по направлению действия магнитного поля. Полярность или направление поля, в частности поля, которое индуцируется в среде магнитного носителя, определяется направлением электрического тока, проходящего через обмотку. Смена направления электрического тока приводит к изменению полярности магнитного поля.

Расстояние между головкой чтения/записи и поверхностью носителя с развитием магнитных запоминающих устройств постоянно сокращалось. Это позволило значительно уменьшить величину зазора между концами сердечника и размер записываемого магнитного домена, а уменьшение размера домена, в свою очередь, позволило повысить плотность записи данных, хранящихся на диске.

При прохождении магнитного поля через носитель частицы, оказавшиеся под зазором сердечника, ориентируются по направлению действия поля, которое индуцируется головкой чтения/записи. Когда отдельные магнитные домены частиц выстраиваются в определенном направлении, их магнитные поля прекращают компенсировать друг друга, что приводит к появлению на этом участке отчетливого магнитного поля. Это локальное поле генерируется множеством магнитных частиц, которые в данном случае функционируют как одно целое, создавая общее поле, имеющее единое направление.

Итак, в результате протекания переменного тока импульсной формы в обмотке головки чтения/записи на вращающемся диске образуется последовательность участков с различной по знаку (направлению) остаточной намагниченностью. Причем наиболее важными в аспекте последующего воспроизведения записанной информации оказываются те зоны, в которых происходит *смена направления остаточного магнитного поля* или просто *зоны смены знака*.

Магнитная головка записывает данные на диск, размещая на нем зоны смены знака. При записи каждого бита (или битов) данных в специальных областях на диске располагаются последовательности зон смены знака. Эти области называются *битовыми ячейками*. Таким образом, битовая ячейка — это специальная область на диске, в которой головка размещает зоны смены знака. Геометрические размеры такой ячейки зависят от тактовой частоты сигнала записи и скорости, с которой перемещаются относительно друг друга головка и поверхность диска. *Ячейка перехода* — это область на диске, в которую можно записать только одну зону смены знака. При записи отдельных битов данных или их групп в ячейках формируется характерный "узор" из зон смены знака, зависящий от способа *кодирования информации*. Это связано с тем, что в процессе переноса данных на магнитный носитель каждый бит (или группа битов) с помощью специального кодирующего устройства преобразуется в серию электрических сигналов, не являющихся точной копией исходной последовательности импульсов.

Примечание

Сегодня самыми распространенными способами кодирования являются *модифицированная частотная модуляция* (Modified Frequency Modulation — MFM) и *кодирование с ограничением длины поля записи* (Run Length Limited — RLL). Для записи на гибкие диски используется метод MFM, а на жесткие — MFM и несколько вариантов метода RLL. Подробнее о способах кодирования речь пойдет далее.

При записи напряжение прилагается к головке, и по мере изменения его полярности регистрируемая полярность магнитного поля также изменяется. Зоны смены знака записываются (регистрируются) в тех точках, в которых происходит изменение полярности. Это может показаться странным, но во время считывания головка выдает не совсем тот сигнал, который

был записан; вместо этого она генерирует импульс напряжения, или выброс, только в тех точках, в которых пересекает зону смены знака. Когда знак меняется с положительного на отрицательный, генерируется отрицательный выброс; в противном случае — положительный. Этот эффект является следствием того, что ток, генерируемый в обмотке, пересекает линии магнитного поля под углом. Так как головка перемещается параллельно линиям магнитного поля, созданного ею на носителе, в ней ток генерируется только в том случае, если она пересекает зону смены знака.

В сущности, во время считывания информации с диска головка ведет себя подобно детектору зон смены знака, выдавая импульсы напряжения при каждом пересечении такой зоны. На тех участках, где не происходит смена знака, импульсы не генерируются (выбросы отсутствуют). На рис. 8.4 в графическом виде представлена взаимосвязь между формами импульсов (сигналов) во время считывания и записи и зонами смены знака, записанными на диске.

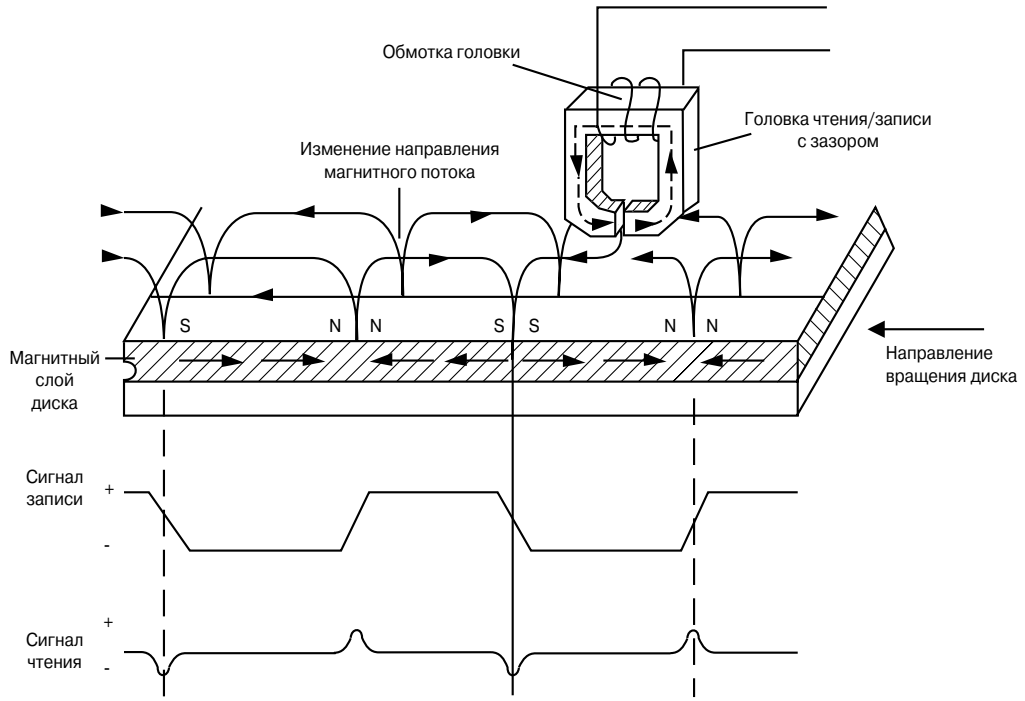


Рис. 8.4. Запись и считывание информации с магнитного диска

Записываемые данные представляют собой волновые импульсы прямоугольной формы, соответствующие положительным или отрицательным значениям напряжения, которые приводят к поляризации магнитного носителя в том или ином направлении. Когда меняется полярность напряжения, остаточная намагниченность диска также изменяет полярность. Во время считывания головка регистрирует зоны смены знака и выдает соответствующие импульсы. Другими словами, сигнал соответствует нулевому напряжению, если не обнаружены переходы от положительного знака к отрицательному или наоборот. Импульсы появляются только в тех случаях, когда головка пересекает зоны смены знака на магнитном носителе. Зная тактовую частоту, схема устройства или контроллера определяет, попадает ли импульс (и, следовательно, зона смены знака) в данную ячейку перехода.

Амплитуда сигнала, поступающего с головки при считывании, очень мала, поэтому проблема шумов и помех является достаточно острой. Для усиления сигнала по отношению к

шуму используются высокочувствительные устройства. После усиления сигнал поступает на декодирующие схемы, которые предназначены для восстановления потока данных, *теоретически* идентичного потоку, поступавшему на накопитель при выполнении записи.

Итак, запись и считывание информации с диска основаны на принципах электромагнетизма. При записи данных на диск электрический ток пропускается через электромагнит (головку устройства), в результате чего создаются зоны намагниченности, которые и сохраняются на диске. Данные считываются с диска при перемещении головки над его поверхностью; при этом головка регистрирует изменения в зонах намагниченности и в результате генерирует слабые электрические сигналы, указывающие на наличие или отсутствие зон смены знака в записанных сигналах.

Конструкции головок чтения/записи

По мере развития технологии производства дисковых накопителей совершенствовались и конструкции головок чтения/записи. Первые головки представляли собой сердечники с обмоткой (электромагниты). По современным меркам их размеры были огромными, а плотность записи — чрезвычайно низкой. Конструкции головок прошли долгий путь развития от первых головок с ферритовыми сердечниками до современных типов. В данном разделе описаны типы головок, применяемые в накопителях на жестких дисках.

Всего существовало шесть типов головок:

- ферритовые;
- с металлом в зазоре (MIG);
- тонкопленочные (TF);
- магниторезистивные (MR);
- гигантские магниторезистивные (GMR);
- перпендикулярной магнитной записи (PMR).

Примечание

До конца 2005 года жесткие диски, использующие перпендикулярную магнитную запись, использовались только в портативных музыкальных плеерах и ноутбуках. Жесткие диски, использующие эту технологию и предназначенные для настольных компьютеров, появились на рынке только в начале 2006 года. Технология PMR будет подробно описана в конце главы.

Ферритовые головки

Классические *ферритовые головки* впервые были использованы в накопителе Winchester 30-30 компании IBM. Их сердечники производятся на основе прессованного феррита (т.е. окиси железа). Магнитное поле в зазоре возникает при протекании через обмотку электрического тока. В свою очередь, при изменениях напряженности магнитного поля вблизи зазора в обмотке возникает электродвижущая сила. Таким образом, головка является универсальной, т.е. может использоваться как для записи, так и для считывания. Размеры и масса ферритовых головок больше, чем аналогичные показатели тонкопленочных головок; поэтому, чтобы предотвратить их нежелательный контакт с поверхностью дисков, приходится увеличивать зазор.

Первоначальная (монолитная) конструкция ферритовых головок за время их существования была значительно усовершенствована. Были разработаны, в частности, так называемые *стеклоферритовые (композитные) головки*, небольшой ферритовый сердечник которых установлен в керамический корпус. Ширина сердечника и магнитного зазора таких головок меньше, что позволяет повысить плотность размещения дорожек записи. Кроме того, снижается их чувствительность к внешним магнитным помехам.

В 1980-х годах стеклоферритовые головки широко использовались в дешевых накопителях, например ST-225 компании Seagate. По мере увеличения емкости накопителей ферритовые головки были полностью вытеснены другими разновидностями. Ферритовые головки

непригодны для записи на носители с большой коэрцитивной силой, их частотная характеристика ограничена, а чувствительность низка (плохое соотношение "сигнал–шум"). Главное достоинство ферритовых головок — их дешевизна.

Головки с металлом в зазоре

Головки с металлом в зазоре (Metal-In-Gap — MIG) появились в результате усовершенствования конструкции композитной ферритовой головки. В таких головках магнитный зазор, расположенный в задней части сердечника, заполнен металлом. Благодаря этому существенно уменьшается склонность материала сердечника к магнитному насыщению, что позволяет повысить магнитную индукцию в рабочем зазоре и, следовательно, выполнить запись на диск с большей плотностью. Головки с металлом в зазоре бывают двух видов: одно- и двусторонние (т.е. с одним и с двумя металлизированными зазорами). В односторонних головках прослойка из магнитного сплава расположена только в заднем (нерабочем) зазоре, а в двусторонних — в обоих. Слой металла наносится методом *вакуумного напыления*.

Индукция насыщения магнитного сплава примерно вдвое больше, чем у феррита, что, как уже отмечалось, позволяет осуществлять запись на носители с большой коэрцитивной силой, которые используются в накопителях высокой емкости. Двусторонние головки в этом отношении лучше односторонних.

Благодаря своим неоспоримым преимуществам в конце 1980-х — начале 1990-х годов в высококачественных накопителях головки с металлом в зазоре полностью заменили традиционные ферритовые. Последний раз они использовались в дисках LS-120 (SuperDisk).

Тонкопленочные головки

Тонкопленочные (Thin Film — TF) головки производятся почти по той же технологии, что и интегральные схемы, т.е. путем фотолитографии. На одной подложке можно "напечатать" сразу несколько тысяч головок, которые получаются в результате маленькими и легкими.

Рабочий зазор в тонкопленочных головках можно сделать предельно узким, причем его ширина регулируется в процессе производства путем наращивания дополнительных слоев немагнитного алюминиевого сплава. Алюминий полностью заполняет рабочий зазор и хорошо защищает его от повреждений (сколов краев) при случайных контактах с диском. Собственно сердечник делается из сплава железа и никеля, индукция насыщения которого в 2–4 раза больше, чем у феррита.

Формируемые тонкопленочными головками участки остаточной намагниченности на поверхности диска имеют четко выраженные границы, что позволяет добиться очень высокой плотности записи. Благодаря небольшому весу и малым размерам головок можно значительно уменьшить просвет между ними и поверхностью дисков по сравнению с ферритовыми и MIG-головками; в некоторых накопителях его величина не превышает 0,05 мкм. В результате, во-первых, повышается остаточная намагниченность участков поверхности носителя, а во-вторых, увеличивается амплитуда сигнала и улучшается соотношение "сигнал–шум" в режиме считывания, что в итоге сказывается на достоверности записи и считывании данных. При тех плотностях расположения дорожек и размещения данных вдоль дорожки, которые характерны для современных накопителей, сигнал воспроизведения с обычной ферритовой головки просто "потерялся" бы в шумах и помехах. Наконец, благодаря небольшой высоте тонкопленочных головок при тех же размерах корпуса накопителя удается установить большее количество дисков.

В момент появления на рынке тонкопленочные головки были значительно дороже ранее существовавших. Усовершенствование технологии производства и повышение требований к емкости накопителей привели, с одной стороны, к снижению стоимости тонкопленочных головок (она стала сопоставимой, а иногда и более низкой, с ценой ферритовых головок и головок с металлом в зазоре), а с другой — к их более широкому распространению.

Во многих накопителях емкостью от 100 Мбайт до 2 Гбайт используются тонкопленочные головки, особенно в накопителях малого формфактора. Тонкопленочные головки пришли на смену головкам с металлом в зазоре в накопителях наиболее популярных формфакторов, однако теперь им самим на смену пришли магниторезистивные головки.

Магниторезистивные головки

Магниторезистивные (Magneto-Resistive — MR) головки появились сравнительно недавно. Они разработаны IBM и позволяют добиться самых высоких значений плотности записи и быстродействия накопителей. Впервые магниторезистивные головки были установлены в накопителе на жестких дисках емкостью 1 Гбайт (3,5") компании IBM в 1991 году.

Все головки являются детекторами, т.е. регистрируют изменения в зонах намагниченности и преобразуют их в электрические сигналы, которые могут быть интерпретированы как данные. Однако при магнитной записи существует одна проблема: при уменьшении магнитных доменов носителя снижается уровень сигнала головки и существует вероятность принять шум за настоящий сигнал. Для решения этой проблемы необходимо иметь эффективную головку чтения, которая более достоверно сможет определить наличие сигнала.

Довольно давно был открыт еще один эффект магнетизма: при воздействии на проводник внешнего магнитного поля его сопротивление изменяется. При прохождении обычной головки над зоной смены знака на выходах обмотки формируется импульс напряжения. Иначе обстоит дело при считывании данных с помощью магниторезистивной головки. Значения ее сопротивления оказываются различными при прохождении над участками с разными значениями остаточной (постоянной) намагниченности. Это явление и было использовано для создания компанией IBM нового типа считывающих головок.

Вместо того чтобы генерировать в головке малый ток, который впоследствии нужно фильтровать, усиливать и расшифровывать, MR-головки регистрируют изменение сопротивления. Через головку протекает небольшой постоянный измерительный ток, и при изменении сопротивления падение напряжения на ней также изменяется. Этот механизм позволяет получить более сильный и чистый сигнал и использовать более высокую плотность записи.

В магниторезистивных головках использован тот факт, что сопротивление в проводнике несколько изменяется при наличии внешнего магнитного поля. Вместо того чтобы регистрировать напряжение, возникающее при прохождении головки над зоной смены знака, как делают обычные головки, MR-головки в ответ на изменение намагниченности отвечают изменением сопротивления. Через головку протекает малый ток, который и позволяет регистрировать эти изменения. Такая конструкция головки позволяет получить при чтении примерно втрое более сильный выходной сигнал, чем конструкция тонкопленочной головки. Таким образом, MR-головки при операциях чтения выступают скорее как датчики, а не генераторы.

Магниторезистивные головки дороже и сложнее головок других типов, поскольку в их конструкции есть добавочные элементы, а технологический процесс включает несколько дополнительных этапов:

- к ним должны быть подведены дополнительные провода для подачи измерительного тока на резистивный датчик;
- в процессе производства используется 4–6 дополнительных масок (фотошаблонов);
- благодаря высокой чувствительности магниторезистивные головки более восприимчивы к внешним магнитным полям, поэтому их приходится тщательно экранировать.

Устройства, созданные на основе магниторезистивного эффекта, позволяют считывать данные, но не могут быть использованы для их записи, поэтому магниторезистивная головка в действительности представляет собой две различные головки, объединенные в одну конструкцию. В эту конструкцию входят стандартная тонкопленочная головка, используемая для записи данных, и магниторезистивная головка для их чтения. Поскольку две различные головки встроены в один блок, каждая из них оптимизирована в соответствии с выполняемой

задачей. Ферритовые и тонкопленочные головки, а также головки с металлом в зазоре называются *однозазорными* головками, так как для чтения и записи данных используется один и тот же зазор. В магниторезистивных головках для выполнения каждой операции требуется отдельный зазор.

При разработке головок с одним рабочим зазором приходится идти на компромисс при выборе его ширины. Дело в том, что для улучшения параметров головки в режиме считывания нужно уменьшать ширину зазора (для увеличения разрешающей способности), а при записи зазор должен быть шире, поскольку при этом магнитный поток проникает в рабочий слой на бо́льшую глубину ("намагничивая" его по всей толщине). В магниторезистивных головках с двумя зазорами каждый из них может иметь оптимальную ширину. Еще одна особенность рассматриваемых головок заключается в том, что их записывающая (тонкопленочная) часть формирует на диске более широкие дорожки, чем это необходимо для работы считывающего магниторезистивного узла. В данном случае считывающая головка "собирает" с соседних дорожек меньше магнитных помех.

Схема типичной магниторезистивной головки IBM, т.е. весь узел головки вместе с ползунком, показана на рис. 8.5. Считывающий элемент головки (магниторезистивный сенсор) состоит из железоникелевой пленки, отделенной небольшим промежутком от магнитного слоя. Сопротивление этой пленки изменяется в зависимости от магнитного поля. Защитные слои предохраняют сенсор считывающего элемента от наведенных магнитных полей.

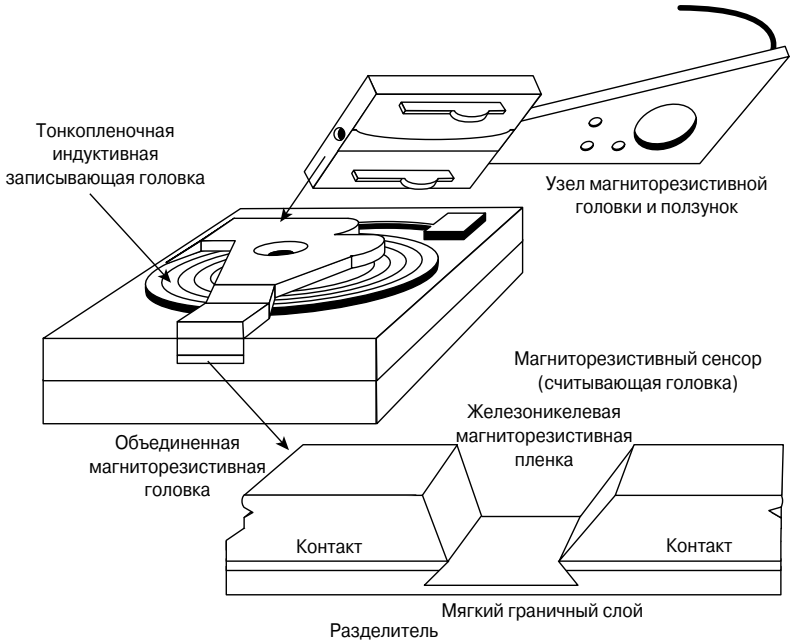


Рис. 8.5. Поперечное сечение магниторезистивной головки

Считывающий элемент, представляющий собой магниторезистивный сенсор, состоит из железоникелевой (NiFe) пленки, разделенной на участки, промежутки между которыми заполнены магнитно-мягким слоем. Сопротивление железоникелевой пленки в магнитном поле изменяется. Считывающий элемент магниторезистивного сенсора защищается от разрушительного воздействия соседнего или случайного магнитного поля экранирующим слоем. Во многих конструкциях второй экранирующий слой выполняет также роль одного из полюсов записывающего элемента, который называется *объединенной* магниторезистивной головкой.

Элемент записи представляет собой не магниторезистивный блок, а традиционную тонкопленочную индуктивную головку.

Магниторезистивная головка, созданная компанией IBM, включает в себя конструкцию Soft Adjacent Layer (SAL), состоящую из магниторезистивной железоникелевой пленки, разделенной на отдельные слои, промежутки между которыми заполнены магнитно-мягким слоем, имеющим высокое электрическое сопротивление. В этой конструкции при прохождении магнитного поля через магниторезистивный сенсор сопротивление железоникелевого слоя изменяется.

С повышением плотности записи магниторезистивные элементы, входящие в головки чтения/записи, становились все меньше и меньше. В современных головках ширина пленки, находящейся между боковыми контактами, составляет полмикрона и даже меньше.

Гигантские магниторезистивные головки

В 1997 году IBM анонсировала новый тип магниторезистивных головок, обладающих намного большей чувствительностью. Они были названы *гигантскими магниторезистивными головками* (Giant Magnetoresistive — GMR). Такое название они получили в связи с используемым эффектом, хотя по размеру были меньше стандартных магниторезистивных головок. Их конструкция довольно проста — традиционная магниторезистивная головка, в которой, кроме железоникелевого, используется еще несколько дополнительных слоев. В магниторезистивных головках при изменении знака потока, проходящего через магнитный носитель, изменяется сопротивление железоникелевой пленки. В гигантских магниторезистивных головках эту функцию выполняют две пленки, разделенные сверхтонким медным проводящим слоем.

Эффект GMR был открыт в 1988 году в кристаллах, подвергнутых воздействию сильного магнитного поля (мощность которого была в тысячу раз выше мощности полей, используемых в накопителях на жестких дисках). Ученые Петер Грюнберг (Германия) и Альберт Ферт (Франция) обнаружили, что в магнитном поле сопротивление проводников, состоящих из чередующихся сверхтонких слоев различных металлов, изменяется в довольно широком диапазоне. Основная конструкция, используемая в гигантских магниторезистивных головках, представляет собой разделительный слой немагнитного материала, расположенный между двумя слоями магнитных металлов. Один из этих магнитных слоев является *закрепленным*, т.е. имеет заданную магнитную ориентацию. Другой же считается *свободным*, что означает возможность свободного изменения направления или ориентации. Магнитные материалы стремятся выровняться в одном направлении. Таким образом, если разделительный слой будет достаточно тонок, свободный слой приобретет ту же ориентацию, что и закрепленный. Было обнаружено, что ориентация свободного слоя периодически изменяется, то совпадая с магнитной ориентацией закрепленного слоя, то приобретая строго противоположное направление. Когда слои ориентированы в одном направлении, их общее сопротивление имеет относительно низкую величину; при противоположной магнитной ориентации общее сопротивление слоев значительно возрастает.

Считывающий элемент гигантской магниторезистивной головки показан на рис. 8.6.

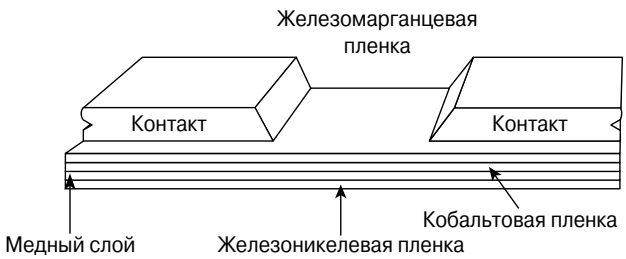


Рис. 8.6. Поперечное сечение магнитной головки GMR

При прохождении слабого магнитного поля (характерного, например, для жестких дисков) через гигантскую магниторезистивную головку происходит изменение ориентации частиц свободного магнитного слоя по отношению к магнитному направлению закрепленного слоя, что значительно повышает общее сопротивление. Как вы уже знаете, подобное явление возникает в результате эффекта GMR. Физическая природа перепадов сопротивления обусловлена направлением собственного вращения электронов в различных слоях.

В декабре 1997 года все та же IBM анонсировала 3,5-дюймовый накопитель емкостью 16,8 Гбайт, в котором используются головки GMR. С тех пор головки GMR стали использоваться в большинстве устройств 3,5- и 2,5-дюймового формфакторов.

Ползунки

Ползунком называется деталь конструкции, благодаря которой головка поддерживается в подвешенном положении на нужном расстоянии от поверхности диска. Сам ползунок при этом также не соприкасается с поверхностью носителя. В большинстве случаев эта деталь по форме напоминает катамаран с двумя боковыми "поплавками" и центральной "рулевой рубкой" — магнитной головкой (рис. 8.7).

Постоянное уменьшение размеров накопителей приводит к тому, что все их составные части, в том числе ползунки, также уменьшаются. Например, размер стандартного минивинчестера составляет 4×3,2×0,86 мм. Большинство производителей головок уже перешли на уменьшенные размеры ползунков: Micro, Nano, Pico и Femto. Используемые сегодня ползунки Femto предельно малы и имеют размеры, сопоставимые с размером шарика стержня шариковой ручки. Ползунки Pico и Femto собираются с помощью пленочного соединительного кабеля (FIC) и чипа с технологией керамики (COC), что позволило полностью автоматизировать процесс.

В табл. 8.1 представлены характеристики различных типов ползунков, используемых в накопителях на жестких дисках.

Таблица 8.1. Типы ползунков накопителей на жестких дисках

Тип ползунка	Год появления на рынке	Относительный размер, проценты	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, мг
Mini	1980	100	4,00	3,20	0,86	55,0
Micro	1986	70	2,80	2,24	0,60	16,2
Nano (+ Pressure)	1991	62	2,50	1,70	0,43	7,8
Nano (– Pressure)	1994	50	2,00	1,60	0,43	5,9
Pico	1997	30	1,25	1,00	0,30	1,6
Femto	2003	20	0,85	0,70	0,23	0,6

Уменьшение размеров ползунка приводит к снижению массы всей подвижной системы, состоящей из головки, ползунка и рычага перемещения головки. Это, в свою очередь, позволяет перемещать их с бо́льшим ускорением, т.е. уменьшить время перехода с одной дорожки на другую и в итоге — время доступа к данным. Кроме того, при этом можно уменьшить размеры зоны "парковки" головок ("посадочной полосы") и соответственно увеличить полезную площадь дисков. Наконец, благодаря меньшей площади контактной поверхности ползунка уменьшается неизбежный износ поверхности носителя в процессе раскручивания и остановки дисков. На рис. 8.8 представлена увеличенная фотография ползунка Femto, закрепленного на блоке головок.

В новейших конструкциях нижней стороне ползунков придается особая форма, благодаря которой "высота полета" головок над поверхностью диска (величина воздушного просвета) поддерживается примерно одинаковой при работе как на внешних, так и на внутренних цилиндрах. При использовании обычных ползунков просвет между головкой и рабочим слоем диска существенно изменяется при переходе от внешних дорожек к внутренним и обратно. Это связано с различиями в линейных скоростях разных участков поверхности диска относи-

тельно головок (линейная скорость зависит от радиуса вращения). Чем выше скорость, тем больше величина просвета. Такой эффект крайне нежелателен, особенно в новых накопителях с зонной записью, в которых линейная плотность записи (вдоль дорожек) одинакова на всех цилиндрах. В этом случае для нормального считывания и записи величина воздушного просвета между головкой и рабочим слоем диска должна оставаться постоянной. Эту проблему можно решить, придав поверхностям ползунков специальную форму, что и делается в накопителях с зонной записью.

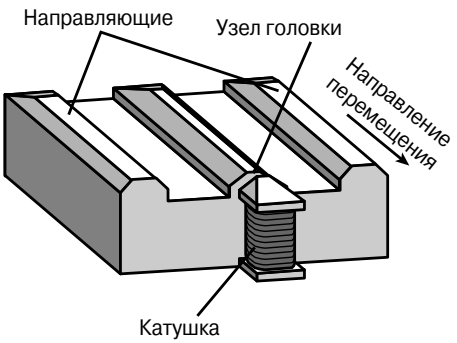


Рис. 8.7. Внешний вид ползунка Mini

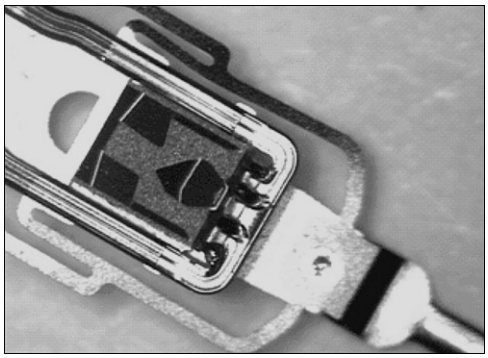


Рис. 8.8. Увеличенное изображение блока головок с ползунком Femto. Фотография предоставлена компанией Hitachi Global Storage Technologies

Структура ползунка Femto показана на рис. 8.9.

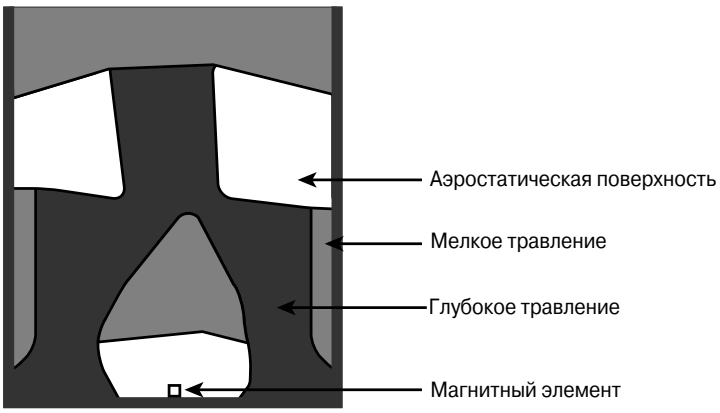


Рис. 8.9. Структура ползунка Femto

Ползунок Femto состоит из трех основных областей сложной формы, благодаря которым обеспечивается постоянная высота размещения головки над поверхностью пластины и минимальное изменение высоты в условиях низкого давления. Область мелкого травления создает "порог", что позволяет создать положительное давление под аэростатической поверхностью и тем самым сместить ползунок от поверхности диска. Область глубокого травления создает отрицательное давление с противоположной стороны, что позволяет сместить ползунок ближе к поверхности диска. Комбинация положительного и отрицательного давления позволяет сбалансировать давление рычага на ползунок, смещающее его к поверхности диска, благодаря чему ползунок располагается на необходимом расстоянии от нее. Баланс положительного и

отрицательного давления стабилизирует положение ползунка и уменьшает колебания головки, характерные для ползунков более старых конструкций. Первым диском, в котором использовался ползунок Femto, был 2,5-дюймовый диск Hitachi 7K60, представленный в мае 2003 года.

Способы кодирования данных

Информация на магнитном носителе хранится в аналоговом виде. В то же время сами данные представлены в цифровом виде, так как являются последовательностью нулей и единиц. При выполнении записи цифровая информация, поступая на магнитную головку, создает на диске магнитные домены соответствующей полярности. Если во время записи на головку поступает положительный сигнал, магнитные домены поляризуются в одном направлении, а если отрицательный — в противоположном. Когда меняется полярность записываемого сигнала, происходит также изменение полярности магнитных доменов. Во время операции чтения регистрируются зоны смены знака поляризации магнитных доменов, в результате чего генерируются положительные и отрицательные импульсы, используемые для реконструкции исходных двоичных данных.

Чтобы оптимальным образом расположить импульсы в сигнале записи, необработанные исходные данные пропускаются через специальное устройство, которое называется *кодером/декодером* (encoder/decoder). Это устройство преобразует двоичные данные в электрические сигналы, оптимизированные в контексте размещения зон смены знака на дорожке записи. Во время считывания кодер/декодер выполняет обратное преобразование: восстанавливает из сигнала последовательность двоичных данных. За прошедшие годы было разработано несколько методов кодирования данных, причем одни из них лучше и эффективнее других.

В некоторых источниках процесс кодирования данных может быть представлен значительно проще, но при этом упускаются многие факторы, определяющие надежность жесткого диска, в частности синхронизация. Инженеры и разработчики постоянно стремились разместить все больший и больший объем информации на каждом квадратном дюйме носителя, хотя на нем имеется ограниченное количество областей изменения полярности магнитного потока (т.е. перемагничивания). В результате была получена схема, в которой при декодировании информации учитывается не только изменение знака магнитного потока, но и наличие сигнала синхронизации между зонами различной полярности. Чем выше точность синхронизации процесса реверсирования магнитного потока, тем больший объем информации можно закодировать (или впоследствии декодировать) с помощью данных синхронизации.

При работе с цифровыми данными особое значение приобретает синхронизация. Во время считывания или записи очень важно точно определить момент каждой смены знака. Если синхронизация отсутствует, то момент смены знака может быть определен неправильно, в результате чего неизбежна потеря или искажение информации. Чтобы предотвратить это, работа передающего и принимающего устройств должна быть строго синхронизирована. Например, если запись нулевого бита выполняется с помощью магнитных доменов одной полярности, создаваемых на диске в течение определенного времени, или ячейки данных, то 10 нулевых битов, записанных в одну строку, будут представлять собой 10 одинаковых последовательно расположенных участков одной полярности или 10 ячеек, не имеющих зон изменения знака.

Теперь представьте, что во время считывания данных произошло некоторое рассогласование схемы синхронизации кодирующего устройства. Увеличение частоты тактовых импульсов может привести к тому, что кодирующее устройство воспримет длинный участок, состоящий из 10 ячеек, не имеющих зон изменения знака, как 9 ячеек данных. При понижении частоты синхронизации запись может быть распознана уже как 11 ячеек данных. И в том и в другом случае это приведет к ошибке считывания, т.е. первоначально записанные биты данных будут считаны по другой схеме. Чтобы избежать появления ошибок синхронизации при кодировании/декодировании, необходимо строго синхронизировать процессы чтения и записи данных. Для этого следует синхронизировать работу двух устройств, передавая специальный *сигнал синхронизации* по отдельному каналу. Можно также объединить сигнал данных

с сигналом синхронизации, а затем передать их по одному каналу. Подобное объединение сигналов используется в большинстве схем кодирования данных.

Добавление сигнала синхронизации к передаваемым данным служит гарантией того, что устройства связи будут точно интерпретировать все отдельные однобитовые элементы. Каждый бит информации ограничен двумя ячейками, содержащими определенные тактовые переходы. При передаче синхронизирующих сигналов вместе с данными синхронизация сохраняется даже в том случае, когда носитель содержит длинные цепочки совершенно одинаковых нулей. К сожалению, ячейки переходов, необходимые только для синхронизации процессов, занимают место на диске, которое могло бы использоваться для записи данных.

Поскольку количество зон смены знака, которые можно записать на диске, ограничено возможностями технологий производства носителей и головок, при разработке дисковых накопителей изобретаются такие способы кодирования данных, с помощью которых можно было бы "втиснуть" как можно больше битов данных в минимальное количество зон смены знака. При этом приходится учитывать, что часть из них все равно будет использоваться только для синхронизации.

Хотя разработано множество разнообразных методов, сегодня реально используются только три из них:

- частотная модуляция (FM);
- модифицированная частотная модуляция (MFM);
- кодирование с ограничением длины поля записи (RLL).

В следующих разделах рассматриваются все эти методы, области их использования, а также их преимущества и недостатки. Данный материал поможет вам понять рис. 8.10, на котором каждая из этих схем применена для кодирования на одном и том же носителе символа X.

Частотная модуляция (FM)

Метод кодирования *FM* (Frequency Modulation — частотная модуляция) был разработан прежде других и использовался при записи на гибкие диски так называемой *одинарной плотности* в первых ПК. Емкость таких односторонних дискет составляла всего 80 Кбайт. В 1970-х годах запись по методу FM использовалась во многих устройствах, но сейчас от него полностью отказались.

Модифицированная частотная модуляция (MFM)

Основной целью разработчиков метода *MFM* (Modified Frequency Modulation — модифицированная частотная модуляция) было сокращение количества зон смены знака для записи того же объема данных по сравнению с FM-кодированием и соответственно увеличение потенциальной емкости носителя. При этом способе записи количество зон смены знака, используемых только для синхронизации, сокращается. Синхронизирующие переходы записываются только в начало ячеек с нулевым битом данных и только в том случае, если ему предшествует нулевой бит. Во всех остальных случаях синхронизирующая зона смены знака не формируется. Благодаря такому уменьшению количества зон смены знака при той же допустимой плотности их размещения на диске информационная емкость по сравнению с записью по методу FM удваивается.

Поскольку при рассматриваемом способе записи на одно и то же количество зон смены знака приходится вдвое больше "полезных" данных, чем при FM-кодировании, скорость считывания и записи информации на носитель также удваивается.

Вот почему диски, записанные с помощью метода MFM, часто называют *дисками двойной плотности*. Сегодня этот метод кодирования используется практически во всех приводах гибких дисков; долгие годы он применялся и в жестких дисках. Сегодня почти все жесткие диски перешли на одну из вариаций кодирования RLL, имеющего большую эффективность, чем MFM.

В табл. 8.2 показано соответствие между битами данных и зонами смены знака.

Таблица 8.2. Последовательность зон смены знака при записи по методу MFM

Бит данных	Последовательность зон смены знака
1	NT*
0 с предшествующим нулем	TN
0 с предшествующей единицей	NN

* *T — смена знака есть; N — смены знака нет.*

Кодирование с ограничением длины поля записи (RLL)

Сегодня наиболее популярен метод *кодирования с ограничением длины поля записи* (Run Length Limited — RLL). Он позволяет разместить на диске в полтора раза больше информации, чем при записи по методу MFM, и в три раза больше, чем при FM-кодировании. При использовании этого метода происходит кодирование не отдельных битов, а целых групп, в результате чего создаются определенные последовательности зон смены знака. Комбинирование в эти последовательности сигналов данных и синхронизации позволило повысить частоту синхронизации, сохранив то же базовое расстояние между зонами смены знака на магнитном носителе.

Метод RLL был разработан IBM и сначала использовался в дисковых накопителях больших машин. В конце 1980-х годов его стали использовать в накопителях на жестких дисках ПК, а сегодня он применяется почти во всех ПК.

Как уже отмечалось, при записи по методу RLL одновременно кодируются целые группы битов. Термин *Run Length Limited* ("с ограничением длины пробега") составлен из названий двух основных параметров, которыми являются минимальное (длина пробега) и максимальное (предел пробега) число ячеек перехода, которые можно расположить между двумя зонами смены знака. Изменяя эти параметры, можно получать различные методы кодирования, но на практике используются только два из них: RLL 2,7 и RLL 1,7.

Методы FM и MFM, по своей сути, являются частными случаями RLL. Так, например, FM-кодирование можно было бы назвать *RLL 0,1*, поскольку между двумя зонами смены знака может располагаться максимум одна и минимум нуль ячеек перехода. Метод MFM в этой терминологии можно было бы обозначить *RLL 1,3*, так как в данном случае между двумя зонами смены знака может располагаться от одной до трех ячеек перехода. Однако при упоминании этих методов обычно используются более привычные названия *FM* и *MFM*.

До последнего времени самым популярным был метод RLL 2,7, поскольку он позволял достичь высокой плотности записи данных (в 1,5 раза больше по сравнению с методом MFM) и достоверности (надежности) их воспроизведения. При этом соотношение размеров зон смены знака и участков с постоянной намагниченностью оставалось тем же, что и при методе MFM. Однако для накопителей очень большой емкости метод RLL 2,7 оказался недостаточно надежным. В большинстве современных жестких дисков высокой емкости используется метод RLL 1,7, который позволяет увеличить плотность записи в 1,27 раза по сравнению с MFM при оптимальном соотношении между размерами зон смены знака и участков с постоянной намагниченностью. За счет некоторого снижения плотности записи (по сравнению с RLL 2,7) удалось существенно повысить надежность считывания данных. Это особенно важно, поскольку в накопителях большой емкости носители и головки уже приближаются к пределу возможностей современной технологии.

Еще один, правда довольно редко используемый, вариант RLL — метод RLL 3,9. Иногда его называют *усовершенствованным RLL* или *ARRL* (Advanced RLL). С его помощью можно достичь еще большей плотности записи информации, чем при использовании метода RLL 2,7. Но, к сожалению, надежность ARRL-кодирования очень невысока; его пытались применять в некоторых контроллерах, но их выпуск был вскоре прекращен.

Понять сущность RLL-кодирования без наглядных примеров довольно сложно, поэтому рассмотрим метод RLL 2,7, так как именно он используется чаще всего. Даже для этого конкретного варианта можно построить множество (тысячи!) таблиц перекодировки различных последовательностей битов в серии зон смены знака.

В приведенной ниже таблице преобразований (табл. 8.3) группы данных длиной 2, 3 и 4 бит преобразуются в серии зон смены знака длиной 4, 6 и 8 битовых ячеек соответственно. При этом кодирование последовательностей битов происходит так, чтобы расстояние между зонами смены знаков было не слишком маленьким, но и не очень большим.

Первое ограничение вызвано тем, что величины разрешений головки и магнитного носителя, как правило, являются фиксированными. Второе ограничение необходимо для того, чтобы обеспечить синхронизацию устройств.

Таблица 8.3. Последовательность зон смены знака при записи по методу RLL 2,7

Биты данных	Последовательность зон смены знака	Биты данных	Последовательность зон смены знака
10	NTNN*	011	NNTNNN
11	TNNN	0010	NNTNNTNN
000	NNNTNN	0011	NNNNTNNN
010	TNNTNN		

* *T — смена знака есть; N — смены знака нет.*

При внимательном изучении этой таблицы можно заметить, что кодировать, например, байт (в двоичном представлении) `00000001` нельзя, поскольку его нельзя составить из комбинации приведенных в таблице групп битов. Однако на практике никаких проблем не возникает. Дело в том, что контроллер не оперирует байтами, а формирует сразу целые секторы записи. Поэтому, если ему встречается такой байт, он просто начинает искать подходящую для разбивки на группы комбинацию с учетом следующего байта последовательности. Затруднение может возникнуть только в том случае, если указанный байт последний в секторе. В этой ситуации кодер, установленный в контроллере, просто дописывает в конец последнего байта несколько дополнительных битов. При последующем считывании они отбрасываются, и последний байт воспроизводится таким, каким должен быть.

Сравнение способов кодирования

На рис. 8.10 показаны диаграммы сигналов, формируемых при записи на жесткий диск ASCII-кода символа “X” для трех различных способов кодирования.

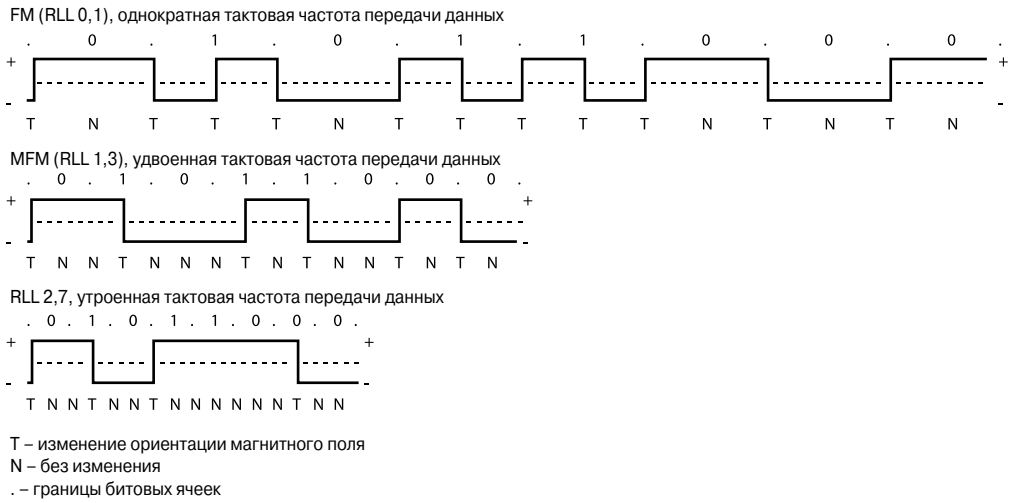


Рис. 8.10. Сигналы, формируемые во время записи ASCII-кода символа “X” при способах кодирования FM, MFM и RLL 2,7

В верхней строке каждой из этих диаграмм показаны отдельные биты данных (01011000) в битовых ячейках, границами которых являются синхронизирующие сигналы, обозначенные точками. Под этой строкой изображен сам сигнал, представляющий собой чередование положительных и отрицательных значений напряжения, причем в моменты смены полярности напряжения происходит запись зоны смены знака. В нижней строке показаны ячейки перехода, причем T обозначает ячейку, содержащую зону смены знака, а N — ячейку, в которой зоны смены знака нет.

Разобраться в FM-кодировании очень просто. В каждой битовой ячейке содержатся две ячейки перехода: одна — для синхронизирующего сигнала, другая — для самих данных. Все ячейки перехода, в которых записаны сигналы синхронизации, содержат зоны смены знака. В то же время ячейки перехода, в которых записаны данные, содержат зону смены знака только в том случае, если значение бита равно логической единице. При нулевом значении бита зона смены знака не формируется. Поскольку в нашем примере значение первого бита — 0, он будет записан в виде комбинации TN. Значение следующего бита равно 1, и ему соответствует комбинация TT. Третий бит — тоже нулевой (TN) и т.д. С помощью приведенной выше диаграммы FM-кодирования легко проследить всю кодирующую комбинацию для рассматриваемого примера байта данных. Отметим, что при таком способе записи зоны смены знака могут следовать непосредственно одна за другой; в терминах RLL-кодирования это означает, что минимальный "пробег" равен нулю. С другой стороны, максимально возможное количество пропущенных подряд зон смены знака не может превышать единицы — вот почему FM-кодирование можно обозначить как *RLL 0,1*.

При MFM-кодировании в ячейках для каждого бита данных также записываются синхросигнал и зона смены знака. Но, как видно на схеме, ячейки для записи синхросигнала содержат зону смены знака только в том случае, если значения и текущего, и предыдущего битов равны нулю. Первый бит слева — нулевой, значение же предыдущего бита в данном случае неизвестно, поэтому предположим, что он тоже равен нулю. При этом последовательность зон смены знака будет выглядеть как TN. Значение следующего бита равно единице, которой всегда соответствует комбинация NT. Следующему нулевому биту предшествует единичный, поэтому ему соответствует последовательность NN. Аналогичным образом можно проследить процесс формирования сигнала записи до конца байта. Легко заметить, что минимальное и максимальное число ячеек перехода между любыми двумя зонами смены знака равно 1 и 3 соответственно. Следовательно, MFM-кодирование в терминах RLL может быть названо методом *RLL 1,3*.

Труднее всего разобраться в диаграмме, иллюстрирующей метод RLL 2,7, поскольку в нем кодируются не отдельные биты, а их группы. Первая группа слева, совпадающая с одной из приведенных в табл. 9.2 комбинаций, состоит из трех битов: 010. Она преобразуется в такую последовательность зон смены знака: TNNTNN. Следующим двум битам (11) соответствует комбинация TNNN, а последним трем (000) — NNNTNN. Как видите, в данном примере для корректного завершения записи дополнительные биты не потребовались.

Обратите внимание на то, что в этом примере минимальное и максимальное число пустых ячеек перехода между двумя зонами смены знака равно 2 и 6 соответственно, хотя в другом примере максимальное количество пустых ячеек перехода может быть равным 7. Именно поэтому такой способ кодирования называется RLL 2,7. Поскольку в данном случае записывается еще меньше зон смены знака, чем при MFM-кодировании, частоту сигнала синхронизации можно увеличить в 3 раза по сравнению с методом FM и в 1,5 раза по сравнению с методом MFM. Это позволяет на таком же пространстве диска записать больше данных. Но необходимо отметить, что минимальное и максимальное физическое расстояние на поверхности диска между любыми двумя зонами смены знака одинаково для всех трех упомянутых методов кодирования.

Декодеры PRML

В последнее время в накопителях вместо традиционных усилителей считывания с пиковыми детекторами стала использоваться так называемая технология *PRML* (Partial-Response, Maximum-Likelihood — частичное определение, максимальное правдоподобие). Это позволяет повысить плотность расположения зон смены знака на диске в среднем на 40% и на столько же увеличить емкость носителя.

Увеличение плотности записи приводит к тому, что пиковые значения напряжения при считывании данных могут накладываться друг на друга. При использовании метода PRML контроллер анализирует поток данных с головки посредством фильтрации, обработки и алгоритма определения (элемент частичного определения), а затем предсказывает последовательность битов, которые этот поток данных представляет наилучшим образом (элемент максимального правдоподобия). Технология RPML имеет и аналоговую, волновую форму, которая позволяет точно считывать сигнал из сильно зашумленного источника.

Практичность методов считывания информации определяется точностью распознавания данных на битовом уровне. Может показаться, что точность описанного метода невысока, но благодаря использованию фильтров обработки цифрового сигнала появилась возможность значительно снизить уровень шума, тем самым повысив плотность размещения зон изменения полярности на жестком диске. Это, в свою очередь, позволило повысить плотность записи данных. Технология PRML с успехом используется в схемах кодирования/декодирования, применяемых в накопителях емкостью 2 Гбайт и выше.

Измерение емкости накопителя

В декабре 1998 года Международная электротехническая комиссия (МЭК), занимающаяся стандартизацией в области электротехники, представила в качестве официального стандарта систему названий и символов единиц измерения для использования в области обработки и передачи данных. До недавнего времени при одновременном использовании десятичной и двоичной систем измерений один мегабайт мог быть равен как 1000000 байт (10^6), так и 1048576 байт (2^{20}). Стандартные сокращения единиц, используемые для измерения емкости магнитных и других накопителей, приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Стандартные единицы измерения емкости накопителей

Аббревиатура	Название	Величина	Величина
K	Кило	1000	1000
Ki	Киби	1000	1024
M	Мега	1000000	1000000
Mi	Меби	1000000	1048576
G	Гига	1000000000	1000000000
Gibi	Гиби	1000000000	1073741824
T	Тера	1000000000000	1000000000000
T	Теби	1000000000000	1099511627776
P	Пета	10^{15}	1000000000000000
Pi	Пеби	2^{50}	1125899906842624

В соответствии с новым стандартом 1 MiB (мебибайт) содержит 2^{20} (1048576) байт, а 1 Мбайт (мегабайт) — 10^6 (1000000) байт. К сожалению, не существует общепринятого способа отличать двоичные кратные единицы измерения от десятичных. Другими словами, аббревиатура MB (или M) может обозначать как миллионы байтов, так и мегабайты. Как правило, объем памяти измеряется в двоичных единицах, но емкость накопителей — и в десятичных, и в двоичных, что часто приводит к недоразумениям. Заметьте также, что обозначения битов и байтов отличаются регистром первой буквы (она может быть строчной или прописной). Например, при обозначении миллионов битов используется строчная буква “b”, в результате

чего единица измерения *миллион битов в секунду* обозначается *Mbps*, в то время как MBps означает *миллион байтов в секунду*.

Поверхностная плотность записи

Основной критерий оценки накопителей на жестких дисках — *поверхностная плотность записи* (рис. 8.11). Она определяется как произведение линейной плотности записи вдоль дорожки, выражаемой в *битах на дюйм* (Bits Per Inch — BPI), и количества *дорожек на дюйм* (Tracks Per Inch — TPI). В результате поверхностная плотность записи измеряется в Мбит/дюйм^2 или Гбит/дюйм^2. На основании этого значения можно сделать вывод об эффективности того или иного способа записи данных. В современных накопителях размером 3,5 дюйма величина этого параметра составляет 400 Гбит/дюйм^2.

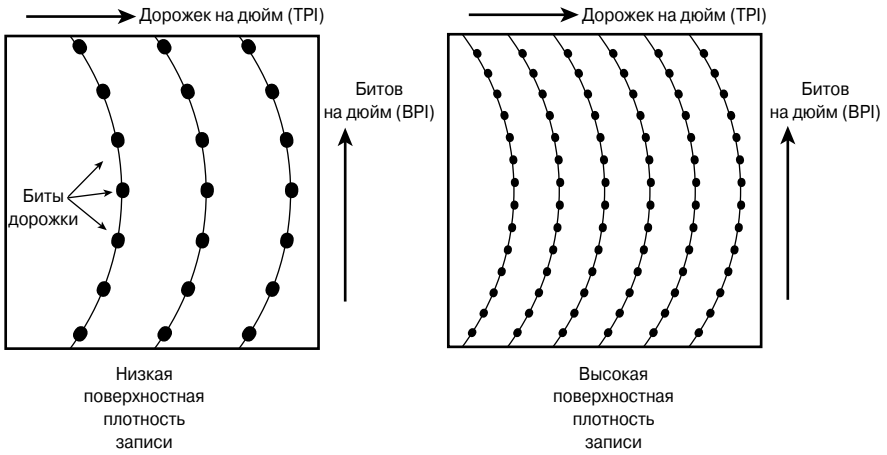


Рис. 8.11. Графическое представление поверхностной плотности записи

В накопителях данные записываются в виде дорожек; каждая дорожка, в свою очередь, состоит из секторов. На рис. 8.12 показан магнитный диск 5,25-дюймовой дискеты на 360 Кбайт, состоящий из 40 дорожек на каждой стороне, при этом каждая дорожка разделена на 9 секторов. В начале каждого сектора находится особая область, в которую записываются идентификационная и адресная информация. В области перед первым сектором записываются заголовки дорожки и сектора. Перед остальными секторами записываются лишь заголовки сектора. Область между заголовками предназначена непосредственно для записи данных.

Обратите внимание на то, что сектор 9 длиннее всех остальных. Это сделано для того, чтобы компенсировать отличия в скорости вращения различных накопителей. Большая часть поверхности рассматриваемой дискеты не используется с целью уменьшения разницы в длине внешних и внутренних секторов.

Поверхностная плотность записи неуклонно увеличивается. При появлении первого устройства магнитного хранения данных IBM RAMAC в 1956 году рост поверхностной плотности записи достигал 25% в год, а с начала 1990-х годов — 60%. Разработка и внедрение магниторезистивных (1991) и гигантских магниторезистивных (1997) головок, а также накопителей, использующих антиферромагнитные двойные слои (2001) (см. следующий раздел), еще больше ускорили увеличение поверхностной плотности записи, вплоть до 100% в год. За пятьдесят лет, прошедших с момента появления первых устройств магнитного хранения данных, поверхностная плотность записи повысилась более чем в 200 млн. раз: с 2 Кбит/дюйм^2 (RAMAC, 5 Мбайт на 50 пластинах диаметром 24 дюйма) до 400 Гбит/дюйм^2 у накопителей объемом 2 Тбайт, представленных в 2009 году.

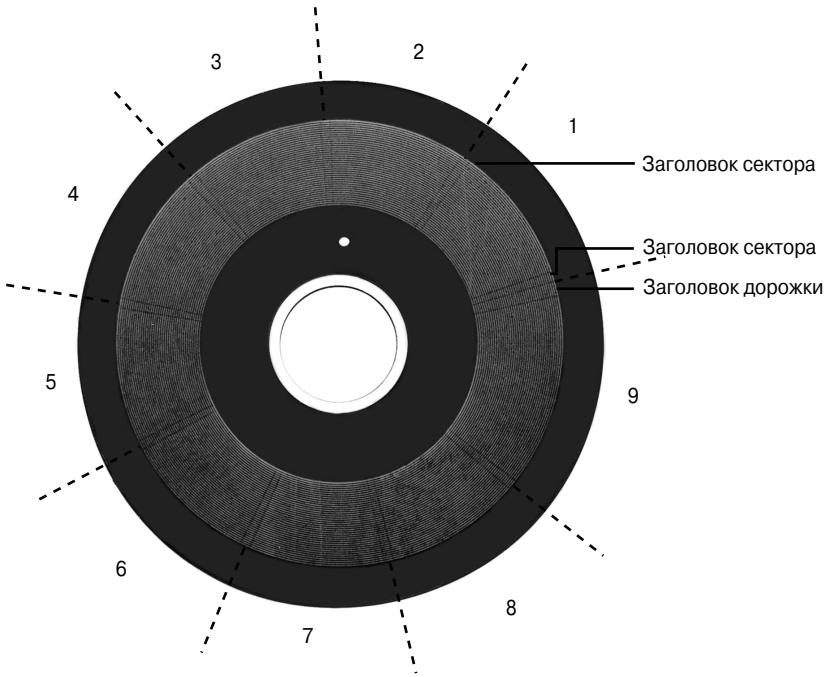


Рис. 8.12. Схема магнитного носителя 5,25-дюймовой дискеты на 360 Кбайт

Современные устройства используют технологию *перпендикулярной записи*, взяв на вооружение то, что раньше считалось точкой, в которой возникает *суперпарамагнитный эффект*. Это эффект, при котором магнитные домены настолько малы, что становятся нестабильными при комнатной температуре. Технологии, подобные технологии перпендикулярной записи, в сочетании с носителями с предельно высокой коэрцитивностью способны обеспечить в недалеком будущем увеличение поверхностной плотности записи магнитных дисков до 1000 Гбит/дюйм^2 и более. Кроме того, ученые и инженеры находятся в постоянном поиске новых технологий. Одной из таких технологий будущего являются диски, частицы в которых выстроены в битовый массив. Таким образом, домены можно будет расположить более плотно без их влияния друг на друга. Еще одной возможной технологией будущего можно назвать голографию; при этом данные в объемном кристалле будет записывать и считывать лазер.

На рис. 8.13 представлен график увеличения поверхностной плотности записи устройств магнитного хранения данных с момента их первого появления до настоящего времени.

Дальнейшее повышение поверхностной плотности записи связано с созданием новых типов носителей (с использованием некристаллических стекловидных материалов) и конструкций головок, с применением метода псевдоконтактной записи, а также более совершенных методов обработки сигналов. Для достижения более высокого уровня поверхностной плотности необходимо создать такие головки и диски, которые могли бы функционировать при минимальном зазоре между ними.

Чтобы увеличить количество данных, которые можно поместить на жестком диске определенного размера, необходимо уменьшить расстояние между дорожками и повысить точность позиционирования головки чтения/записи по отношению к дорожкам носителя. Это означает также, что с увеличением емкости жесткого диска расстояние между головкой и поверхностью носителя во время операций чтения/записи должно уменьшаться. В некоторых накопителях зазор между головкой и поверхностью жесткого диска уже не превышает 10 нм (0,01 мкм), что примерно соответствует толщине клеточной мембраны. Для сравнения: тол-

щина человеческого волоса в среднем равна 80 мкм, что в 8000 раз больше величины зазора между головкой чтения/записи и поверхностью носителя в некоторых накопителях. В перспективе дальнейшее повышение поверхностной плотности будущих накопителей возможно только при контактной (или почти контактной) записи данных.

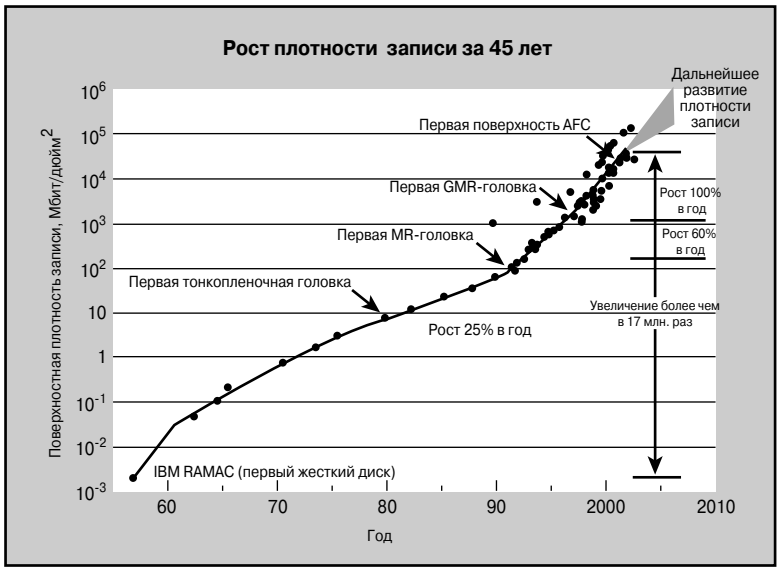


Рис. 8.13. Эволюция поверхностной плотности записи устройств магнитного хранения данных

Перпендикулярная магнитная запись

Практически все жесткие диски и накопители на магнитных носителях записывают данные, применяя алгоритмы продольной записи; при этом магнитные домены располагаются вдоль поверхности носителя. Однако в случае перпендикулярной записи ситуация кардинально меняется: магнитные домены располагаются вертикально, т.е. перпендикулярно поверхности носителя. Благодаря этому становится возможным увеличение плотности записи, поскольку при вертикальной ориентации домены занимают гораздо меньшую поверхность, чем при горизонтальной (рис. 8.14). В настоящее время все ведущие производители жестких дисков занимаются разработкой продуктов с перпендикулярной записью, так как это позволяет увеличить плотность сигнала еще больше, чем при использовании носителей на основе "пыльцы эльфов" AFC.

При использовании традиционных методов магнитной записи магнитные домены располагаются вдоль поверхности пластины. Это не только накладывает ограничения на плотность размещения доменов, но и приводит к проявлению так называемого суперпарамагнитного эффекта, при котором отдельные домены, будучи расположенными слишком близко один к другому, начинают оказывать влияние друг на друга; это приводит к возможному изменению полярности домена, а значит, и к нестабильности. Довольно давно исследователи пришли к выводу, что, если удастся расположить домены перпендикулярно поверхности носителя (так называемая вертикальная запись), можно будет не только увеличить плотность записи, но и значительно увеличить "сопротивляемость" доменов суперпарамагнитному эффекту. И хотя основная концепция была разработана достаточно давно, практическая реализация оказалась крайне сложной задачей.

В отличие от головок GMR и носителей AFC (которые можно использовать и в рамках существующих технологий производства накопителей) перпендикулярная запись требует

применения головок чтения/записи совершенно другой конструкции. Различие между перпендикулярной и продольной записью показано на рис. 8.15. Перпендикулярная запись позволяет увеличить плотность размещения доменов минимум в два раза.

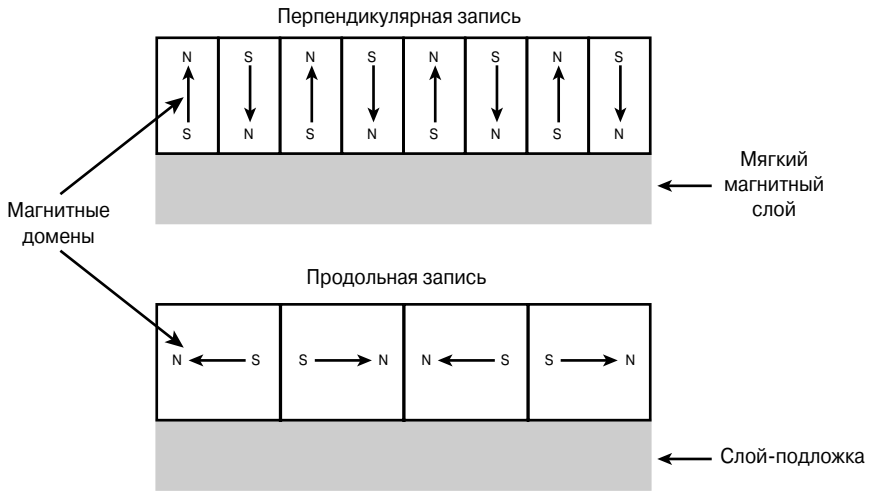


Рис. 8.14. Перпендикулярная и продольная записи

При перпендикулярной записи головки конструируются таким образом, чтобы запись осуществлялась "внутри" носителя. Для этого используется толстый внутренний магнитный слой, который как будто "отражает" часть магнитного поля. Это позволяет доменам располагаться вертикально, а значит, увеличивается плотность их размещения без нежелательного взаимодействия.

Перпендикулярная запись была впервые продемонстрирована в конце XIX века датским ученым Вольдемаром Паульсеном, который, кроме всего прочего, продемонстрировал возможность магнитной записи звука. После этого в развитии перпендикулярной записи не было особого прогресса, пока в 1976 году профессор Шуничи Ивасаки не доказал преимущества перпендикулярной магнитной записи. Затем в 1978 году профессор Т. Фудзивара, выполнив немалый объем работ в рамках исследований, финансируемых компанией Toshiba Corporation, представил дискету, оптимизированную под перпендикулярную запись.

Единственным устройством, в котором использовалась эта технология, был недолговечный накопитель на 2,88-дюймовых гибких магнитных дисках, представленный компанией Toshiba в 1989 году. Начиная с 1991 года этот накопитель стал использоваться в системах IBM PS/2; целый ряд производителей начали выпуск подобных накопителей для IBM и других производителей ПК, в том числе Toshiba, Mitsubishi, Sony и Panasonic. Поскольку накопитель 2,88 MB ED способен работать с обычными 3,5-дюймовыми дискетами 1,44 MB HD (так как разработчики реализовали поддержку накопителей 2,88 MB в BIOS) и поддержка данных накопителей была реализована в DOS 5.0 и более поздних версиях операционной системы, переход к дискетам емкостью 2,88 Мбайт оказался довольно простой задачей. К сожалению, вследствие высокой стоимости накопителей и относительно небольшого увеличения емкости к тому моменту, как на смену классическим дискетам пришли компакт-диски, данные накопители не получили какого-либо серьезного распространения.

Несмотря на отсутствие коммерческого успеха накопителей 2,88 MB ED компания Toshiba, а также некоторые другие компании продолжали разработку алгоритмов перпендикулярной магнитной записи для других накопителей, особенно для жестких дисков. К сожалению, оказалось, что технология перпендикулярной записи опередила свое время в области

жестких дисков, где прочно закрепились существующие технологии и увеличение плотности записи и так шло семимильными шагами. Потребовалось более двадцати лет, пока эти технологии не достигли предела 1 Гбит/дюйм^2, за которым их безжалостно настигал эффект парамагнетизма, что и привело к возвращению на сцену технологии перпендикулярной записи.

В апреле 2002 года компания Read-Rite Corporation, основной производитель головок чтения/записи, сообщила о достижении плотности записи 130 Гбит/дюйм^2 для прототипа накопителя на жестких магнитных дисках, созданного MMC Technology, подразделением компании Maxtor. В ноябре 2002 года компания Seagate Technology сообщила о достижении плотности записи свыше 100 Гбит/дюйм^2 в прототипе накопителя на жестких магнитных дисках. В соответствии с результатами двух независимых исследований, опубликованных в 2000 году, при использовании перпендикулярной записи в будущем возможно достижение плотности записи до 500 и даже 1000 Гбит (1 Тбит) на квадратный дюйм.

Перпендикулярная запись была впервые представлена в коммерчески доступных продуктах (накопителях на жестких магнитных дисках) 16 августа 2005 года, когда подразделение Storage Device Division компании Toshiba анонсировало начало поставок первого в мире жесткого диска с перпендикулярной записью. Подобные накопители в формфакторе 1,8 дюйма нашли применение преимущественно в портативных устройствах, таких как мультимедийные плееры Apple iPod, однако использовались они и в миниатюрных портативных компьютерах, например в серии Toshiba Libretto. Первыми накопителями в формфакторе 1,8 дюйма с использованием перпендикулярной записи оказались диски емкостью 40 и 80 Гбайт (они содержали соответственно одну и две пластины). Данные накопители характеризовались высочайшим на тот момент значением поверхностной плотности записи — 133 Гбит/дюйм^2 (206 Мбит/мм^2).

В июне 2006 года компания Toshiba представила диск емкостью 250 Гбайт в формфакторе 2,5 дюйма толщиной 9,5 мм и весом всего 98 граммов. Это стало наивысшим достижением за всю историю 2,5-дюймовых жестких дисков. К тому же этот диск достиг наивысшей плотности записи среди дисков массовой серии — 178,8 Гбит/дюйм^2. К октябрю 2006 года Toshiba выпустила уже около миллиона устройств, использующих технологию перпендикулярной записи.

Компания Seagate представила свой первый жесткий диск с перпендикулярной записью Momentus 5400.3 в формфакторе 2,5 дюйма емкостью 160 Гбайт, предназначенный для ноутбуков. Хотя компания Seagate анонсировала его еще в июне 2005 года, реально доступным он стал в первом квартале 2006 года. В апреле 2006 года Seagate представила диск Barracuda 7200.10, который одновременно стал первым диском емкостью 750 Гбайт и первым диском в формфакторе 3,5 дюйма, использующим технологию перпендикулярной записи. Компания Seagate также продемонстрировала плотность записи 245 Гбит/дюйм^2 при скорости передачи данных 480 Мбит/с и объявила, что в ближайшем будущем планирует достичь вдвое большей плотности записи и соответственно впятеро большей емкости своих дисков. Так, при поверхностной плотности записи 500 Гбит/дюйм^2 диск в формфакторе 3,5 дюйма сможет хранить 2 Тбайт данных, а диск в формфакторе 2,5 дюйма, предназначенный для ноутбуков, — 500 Гбайт; при этом однодюймовый диск Microdrive сможет хранить 50 Гбайт данных.

Другие производители также заняты разработкой накопителей с перпендикулярной записью. В апреле 2005 года компания Hitachi продемонстрировала перпендикулярную запись с плотностью 230 Гбит/дюйм^2, что, по мнению компании, позволило бы ей к 2007 году выпустить накопитель Microdrive емкостью 20 Гбайт. Замечу, что накопители Microdrive используются преимущественно в портативных плеерах, таких как Apple iPod Mini, а также Muvo и Zen Micro компании Creative. В январе 2007 года компания Hitachi заметила, что за первые тридцать пять лет существования индустрии дисков на магнитных носителях удалось пройти путь от 5 Мбайт до 1 Гбайт (1956–1991), за следующие четырнадцать лет — достичь рубежа 500 Гбайт (1991–2005), и только два года потребовалось на то, чтобы удвоить последний результат (1 Тбайт в 2007 году). Эта статистика еще раз подтвердила правильность закона Мура,

на этот раз в области магнитных носителей. Позже, в июне 2007 года, компания Hitachi представила 2,5-дюймовый диск 5K250 с невероятной поверхностной плотностью записи — 205 Гбит/дюйм^2. Новейшие 3,5-дюймовые модели емкостью 2 Тбайт, а также 2,5-дюймовые модели емкостью 500 Гбайт достигли невиданной ранее плотности 400 Гбит/дюйм^2.

Ожидается, что в будущем все производители жестких дисков перейдут на технологию перпендикулярной записи, что продолжит тенденцию к повышению емкости жестких дисков.

ГЛАВА 9

Накопители на жестких дисках

Что такое жесткий диск

Накопитель на жестком диске многим кажется самым необходимым и в то же время загадочным компонентом компьютерной системы. Как известно, он предназначен для долгосрочного хранения данных, и последствия его выхода из строя зачастую оказываются катастрофическими. Предполагается, что данные на жестком диске будут храниться до тех пор, пока сам пользователь их не сотрет или не перепишет. Для правильной эксплуатации или модернизации компьютера необходимо хорошо себе представлять, что же это такое — накопитель на жестком диске.

Основными элементами накопителя являются несколько круглых алюминиевых или некристаллических стекловидных пластин. В отличие от гибких дисков (дискет) их нельзя согнуть; отсюда и появилось название *жесткий диск* (рис. 9.1). В большинстве устройств они несъемные, поэтому иногда такие накопители называют *фиксированными*. Существуют также накопители со сменными дисками.

Примечание

Накопители на жестких дисках обычно называют *винчестерами*. Этот термин появился в 1960-х годах, когда компания IBM выпустила высокоскоростной накопитель с одним несъемным и одним съемным дисками емкостью по 30 Мбайт. Этот накопитель состоял из пластин, которые вращались с высокой скоростью, и "парящих" над ними головок, а номер его разработки — 30-30. Такое цифровое обозначение совпало с обозначением популярного нарезного оружия Winchester, поэтому термин *винчестер* вскоре стал применяться в отношении любого стационарно закрепленного жесткого диска. Это типичный профессиональный жаргон; на самом деле подобные устройства не имеют с обычными винчестерами (т.е. с оружием) ничего общего.

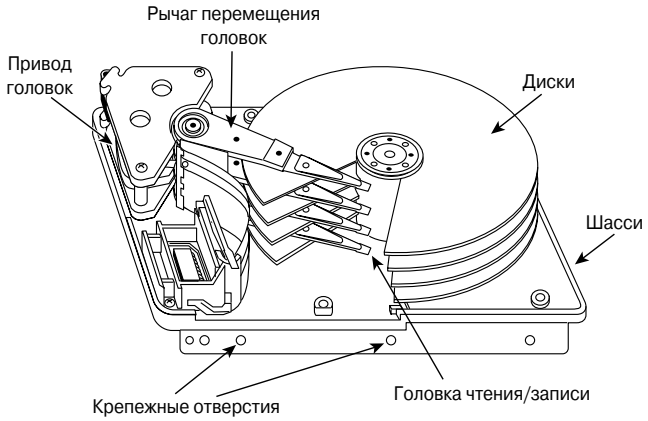


Рис. 9.1. Накопитель на жестком диске со снятой верхней крышкой

Достижения в развитии накопителей

В 1957 году Сирил Норткот Паркинсон опубликовал свой знаменитый сборник "Законы Паркинсона", который начинается с утверждения: "Работа заполняет все время, отпущенное на ее выполнение". Этот наиболее известный закон в несколько измененном виде может быть применен и к жестким дискам: "Объем данных увеличивается в соответствии с объемом пространства, отведенного для их хранения". Это означает, что независимо от емкости жесткого диска вы без особого труда найдете способ "набить" его до отказа. Хочу заметить, что под этим лозунгом я живу лет двадцать пять, начиная с момента приобретения своего первого накопителя на жестких дисках.

Я хорошо знаю об экспоненциальных темпах развития компонентов ПК, но, несмотря на это, не перестаю поражаться тому, насколько быстро увеличиваются скорость и емкость современных накопителей. Первым жестким диском, приобретенным мною еще в 1983 году, был 10-мегабайтовый (подчеркиваю: не 10 Гбайт, а 10 Мбайт) накопитель Miniscribe модели 2012, который представлял собой 5,25-дюймовый дисковод размерами 200×140×80 мм и массой около 2,5 кг (что превышает вес большинства современных портативных компьютеров). Для сравнения: в одном из наиболее емких на момент написания книги накопителей Hitachi 7K1000 SATA используются пластины диаметром 3,5 дюйма; его размеры — 146×102×25 мм, масса — 0,7 кг, а объем — 1,5 Тбайт. (Заметьте, устройство объемом, составляющим примерно шестую часть объема моего первого винчестера, способно хранить в сто тысяч раз больше информации!)

Очевидно, что колоссальные емкости современных накопителей бесполезны без обеспечения высокой скорости передачи данных. Жесткий диск, которым оснащались первые IBM XT в 1983 году, характеризовался скоростью передачи данных около 100 Кбайт/с. Сегодня же в большинстве накопителей реализован интерфейс Serial ATA, который обеспечивает реальную скорость передачи от 50 Мбайт/с (при расчетной скорости до 300 Мбайт/с). Подобно емкости накопителей на жестких магнитных дисках, быстродействие интерфейса также постоянно увеличивалось, а начиналось все с интерфейсов MFM и RLL, которые были широко распространены в 1980-х годах. Как всегда, быстродействие интерфейса оказывается выше быстродействия реальных накопителей. В настоящее время наиболее распространены интерфейсы Parallel ATA (до 133 Мбайт/с), Serial ATA (150 или 300 Мбайт/с), SAS (до 600 Мбайт/с) и SCSI (до 320 Мбайт/с). Все они имеют гораздо бо́льшую скорость передачи данных, чем реальные накопители, которыми они оснащаются. Это означает, что скорость передачи данных всегда ограничена накопителем, а не интерфейсом. Все интерфейсы характеризуются быстродействием, достаточным для того, чтобы не ограничивать работу накопителей, которые будут выпускаться в ближайшие годы.

Примечание

Книга "Законы Паркинсона" постоянно переиздается и считается одним из самых фундаментальных трудов для изучения производственных и экономических процессов. Ознакомиться с ней и загрузить ее можно по такому адресу:

`http://www.bookssite.ru/scr/read_121623.html`

В 2006 году жесткий диск отпраздновал свой 50-летний юбилей. В то время, когда на рынке появились первые ПК, емкость жестких дисков едва достигала 5 Мбайт. Для того чтобы вы могли получить представление о том, насколько далеко ушли по пути прогресса жесткие диски за прошедшие двадцать пять с лишним лет, позволю себе перечислить наиболее важные вехи в их развитии.

- Максимальная емкость накопителей увеличилась с 5 Мбайт (1981) до 1 Тбайт (3,5-дюймовые накопители для настольных систем) и 200 Гбайт (2,5-дюймовые диски для ноутбуков). Жесткие диски емкостью менее 40 Гбайт уже перешли в разряд раритетов.
- Скорость передачи данных увеличилась со 100 Кбайт/с в оригинальном компьютере IBM XT (1983) до 50 Мбайт/с в системах SATA (Western Digital Raptor WD74GD) и до 80 Мбайт/с в системах SCSI (Seagate Cheetah 15K.4).
- Среднее время поиска (т.е. время установки головки на нужную дорожку) уменьшилось с 85 мс в 10-мегабайтовых жестких дисках, используемых в компьютере IBM PC XT (1983), до 3,3 мс в наиболее быстродействующих системах.
- В 1982 году накопитель емкостью 10 Мбайт и контроллер стоили более 2000 долларов (т.е. 200 долларов за мегабайт). В настоящее время стоимость жестких дисков для настольных ПК (с интегрированными контроллерами) снизилась до 28 центов за гигабайт; т.е. жесткий диск емкостью 300 Гбайт стоит менее 100 долларов! Стоимость жестких дисков для ноутбуков составляет около 67 центов за гигабайт, т.е. жесткий диск емкостью 120 Гбайт стоит около 80 долларов.

Примечание

6 января 2003 года IBM продала компании Hitachi свое операционное отделение Hard Disk Drive, что стало для всех полной неожиданностью. В результате появилась компания Hitachi Global Storage Technologies (`www.hgst.com`), обобщившая производственный опыт Hitachi и IBM. Штаб-квартира новой компании находится в городе Сан-Хосе, штат Калифорния. Компания Hitachi Global Storage Technologies производит, реализует и поддерживает серию изделий Travelstar, Microdrive, Ultrastar и Deskstar, которые до этого выпускались компанией IBM. В настоящее время 70% акций новой компании принадлежат Hitachi, остальная часть является собственностью IBM. При этом IBM не принимает участия в управлении делами новой компании. Особую роль играет то обстоятельство, что дисковод был изобретен именно в IBM, поэтому печально наблюдать, как эта компания сворачивает свои дела.

Формфакторы

Одним из краеугольных камней индустрии ПК была стандартизация; физические и электрические характеристики жестких дисков — тому свидетельство. Благодаря промышленным стандартам можно приобрести корпус (или систему) у одного производителя и установить в него накопитель от другого и при этом быть уверенным, что накопитель войдет в отсек, шурупы совпадут с предназначенными для них отверстиями, а кабели подойдут к разъемам. Промышленные стандарты обеспечивают взаимную совместимость различных корпусов, системных плат, кабелей и накопителей.

Интересно проследить историю принятия стандартных форм и размеров. В некоторых случаях один производитель создавал накопитель общепринятой формы, поддерживающий популярный протокол обмена данными, в то время как другие копировали или клонировали параметры этого накопителя, создавая продукты, физически или электрически совместимые с оригиналом. Но бывало и так, что различные комитеты или группы формировались для ут-

верждения определенных промышленных стандартов, после чего всем компаниям предлагалось создавать продукты, соответствующие им.

С течением времени появилось несколько стандартных типов жестких дисков, обычно различающихся размером пластин. В табл. 9.1 представлены типы жестких дисков, применявшихся в настольных и портативных компьютерах.

Таблица 9.1. Формы и размеры жестких дисков

Высота	Ширина	Глубина	Объем
	Накопители на 5,25 дюйма		
3,5 дюйма (82,6 мм)	5,75 дюйма (146,0 мм)	8 дюймов (203,2 мм)	2449,9 $см^3$
	Накопители на 5,25 дюйма, половинная высота		
1,63 дюйма (41,3 мм)	5,75 дюйма (146,0 мм)	8 дюймов (203,2 мм)	1224,9 $см^3$
	Накопители на 3,5 дюйма, половинная высота		
1,63 дюйма (41,3 мм)	4 дюйма (101,6 мм)	5,75 дюйма (146,0 мм)	612,5 $см^3$
	Накопители на 3,5 дюйма, 1/3 высоты		
1 дюйм (25,4 мм)	4 дюйма (101,6 мм)	5,75 дюйма (146,0 мм)	376,9 $см^3$
	Накопители на 2,5 дюйма		
19,0 мм (0,75 дюйма)	70,0 мм (2,76 дюйма)	100,0 мм (3,94 дюйма)	133,0 $см^3$
17,0 мм (0,67 дюйма)			119,0 $см^3$
12,7 мм (0,5 дюйма)			88,9 $см^3$
12,5 мм (0,49 дюйма)			87,5 $см^3$
9,5 мм (0,37 дюйма)			66,5 $см^3$
8,5 мм (0,33 дюйма)			59,5 $см^3$
	Накопители на 1,8 дюйма		
9,5 мм (0,37 дюйма)	70,0 мм (2,76 дюйма)	60,0 мм (2,36 дюйма)	39,9 $см^3$
7,0 мм (0,28 дюйма)			29,4 $см^3$
	Накопители на 1,8 дюйма, PC Card		
0,31 дюйма (8,0 мм)	54,0 мм (2,13 дюйма)	78,5 мм (3,09 дюйма)	33,9 $см^3$
5,0 мм (0,2 дюйма)			21,2 $см^3$
	Накопители Microdrive на 1,0 дюйма		
5,0 мм (0,2 дюйма)	1,69 дюйма (42,8 мм)	36,4 мм (1,43 дюйма)	7,8 $см^3$

Сначала указано значение согласно стандарту, а затем (в скобках) — значение после преобразования. Одни стандарты базируются на единицах изменения SAE (британские), в то время как другие — на единицах измерения СИ (метрические).

На данный момент в настольных компьютерах используются накопители шириной 3,5 дюйма, а в портативных — 2,5 дюйма и меньше. На смену накопителям формфактора 3,5 дюйма с интерфейсом Parallel ATA быстро приходят накопители с интерфейсом Serial ATA, которым оснащены все современные компьютеры. Накопители с интерфейсом Parallel ATA все еще доступны для модернизации устаревших систем, хотя возможности выбора становятся все более ограниченными.

5,25-дюймовые накопители

Компания Shugart Associates впервые представила накопитель на жестких магнитных дисках формфактора 5,25 дюйма одновременно с накопителем на гибких магнитных дисках того же формфактора в 1976 году. После этого основатель компании Алан Шугарт покинул ее и основал компанию Seagate Technologies, которая представила свой первый 5,25-дюймовый накопитель (модель ST-506, емкость — 5 Мбайт) в 1980 году, т.е. до появления на рынке первых IBM PC. В дальнейшем IBM использовала накопитель Seagate ST-412 (емкостью 10 Мбайт) в некоторых моделях PC XT (это была первая серийная модель ПК, которая продавалась вместе со встроенным жестким диском). В те времена физические размеры накопителей на твердых и мягких магнитных дисках совпадали, а значит, их можно было устанавливать в один и тот же отсек системного блока. Например, первые IBM PC и XT были оснащены двумя 5,25-дюймовыми отсеками. Данные накопители использовались и в первых портативных системах

(например, Compaq Portable). В дальнейшем высота накопителей (обоих типов) была уменьшена в два раза, что позволило устанавливать два накопителя в отсек, изначально предназначенный для установки всего одного. Формфактор 5,25 дюйма половинной высоты используется до настоящего времени. Именно в нем выпускаются современные накопители CD-ROM и DVD.

3,25-дюймовые накопители

Компания Sony представила первый 3,5-дюймовый накопитель на гибких дисках в 1981 году. Он был меньше по ширине и глубине, но совпадал по высоте с 5,25-дюймовым накопителем половинного размера. Созданный Sony продукт назывался "3,5-дюймовым накопителем половинной высоты", несмотря на то, что накопителя диаметром 3,5 дюйма "полной" высоты не существовало. В 1983 году компания Rodtime выпустила первый жесткий диск диаметром 3,5 дюйма половинной высоты. Позднее накопители диаметром 3,5 дюйма стали иметь высоту 1 дюйм, что составило треть от высоты полноразмерного 5,25-дюймового накопителя (поэтому такие накопители иногда назывались накопителями высотой 1/3). На данный момент высота, равная 1 дюйму, является современным стандартом для накопителей диаметром 3,5 дюйма.

2,5-дюймовые накопители

Компания PrairieTek представила жесткие диски диаметром 2,5 дюйма в 1988 году; они оказались идеальным вариантом для портативных компьютеров. С увеличением продаж портативных компьютеров росли и продажи дисков диаметром 2,5 дюйма. Компания PrairieTek была первой компанией, выпустившей накопители такого диаметра, но другие компании быстро заполнили рынок, представив собственные модели. В 1994 году компания Conner Peripherals, Inc. заплатила 18 млн. долларов за технологию накопителей диаметром 2,5 дюйма компании PrairieTek, и последняя постепенно вышла из этого бизнеса. С момента появления накопители диаметром 2,5 дюйма используются практически всеми производителями портативных компьютеров. Хотя такие накопители могут применяться и в настольных системах, этот рынок продолжают удерживать накопители диаметром 3,5 дюйма за счет предоставления большего объема и быстродействия по меньшей цене.

Накопители диаметром 2,5 дюйма имеют различную высоту (или толщину), поэтому во многих портативных компьютерах устанавливаются накопители определенной толщины. Ниже приведены стандартные значения высоты таких накопителей:

- 8,5 мм;
- 9,5 мм;
- 12,5 мм;
- 12,7 мм;
- 17,0 мм;
- 19,0 мм.

Самыми популярными являются размеры 9,5 и 12,5 мм, устанавливаемые в большинстве портативных компьютеров. На данный момент производители уделяют основное внимание накопителям высотой 9,5 мм. Обычно вместо более толстого накопителя можно установить более тонкий; а вот установка большего по высоте накопителя вместо более тонкого не всегда возможна.

1,8-дюймовые накопители

Эти накопители были представлены компанией Integral Peripherals в 1991 году и так и не получили особой популярности. Изначально они создавались для установки в разъемы PC Card (PCMCIA), что делало их идеальным сменным носителем для портативных компьютеров. К сожалению, рынок для накопителей диаметром 1,8 дюйма формировался слишком медленно, и в 1998 году инвестиционная группа Mobile Storage приобрела эту технологию у компании Integral Peripherals за 5,5 млн. долларов. Затем компания Integral Peripherals ушла

с рынка жестких дисков. За несколько лет еще ряд компаний представили жесткие диски диаметром 1,8 дюйма. Самыми заметными из них являются HP, Calluna, Toshiba и Hitachi. В настоящее время только Toshiba и Hitachi продолжают выпускать накопители такого формата. Компания HP не выпускает жесткие диски с 1996 года, а Calluna прекратила существование в 2001 году. Компания Toshiba представила собственные накопители диаметром 1,8 дюйма (имеющие формат адаптера PC Card Type II) в 2000 году, тогда как Hitachi вышла на этот рынок в 2003 году. Такие накопители имеют емкость до 250 Гбайт и более.

1-дюймовые накопители

В 1998 году IBM представила накопитель диаметром 1 дюйм, который был назван MicroDrive. Накопитель содержит одну пластину размером с монету в 25 центов! Современные накопители MicroDrive могут иметь размер до 4 Гбайт и более. Их размеры и электрические характеристики совпадают с аналогичными показателями адаптера CompactFlash Type II, поэтому они могут использоваться в любых устройствах, поддерживающих работу с адаптерами CompactFlash, включая цифровые камеры, PDA, проигрыватели MP3 и т.д. Производство жестких дисков компании IBM в 2003 году было продано Hitachi, что привело к формированию группы Hitachi Global Storage Technologies.

Примечание

В 1992 году компания HP представила жесткий диск KittyHawk объемом 20 Мбайт и диаметром 1,3 дюйма, изначально ориентированный на рынок карманных компьютеров. В 1994 году была выпущена модель емкостью 40 Мбайт. Такие маленькие диски были дорогими и слишком опережали свое время, как и карманные компьютеры, для которых они предназначались. После двух лет незначительных продаж, в 1994 году, компания HP отказалась от семейства KittyHawk.

В 2004 году компания Toshiba представила самый миниатюрный жесткий диск: накопитель в формфакторе 0,85 дюйма размерами чуть больше почтовой марки, способный хранить до 4 Гбайт данных. Этот накопитель предназначен для использования не в ПК, а в сотовых телефонах, цифровых аудиоплеерах, КПК, цифровых фотоаппаратах, видеокамерах и т.д.

Принципы работы накопителей на жестких дисках

В накопителях на жестких дисках данные записываются и считываются универсальными головками чтения/записи с концентрических окружностей вращающихся магнитных дисков (*дорожек*), разбитых на *секторы* емкостью 512 байт (рис. 9.2).

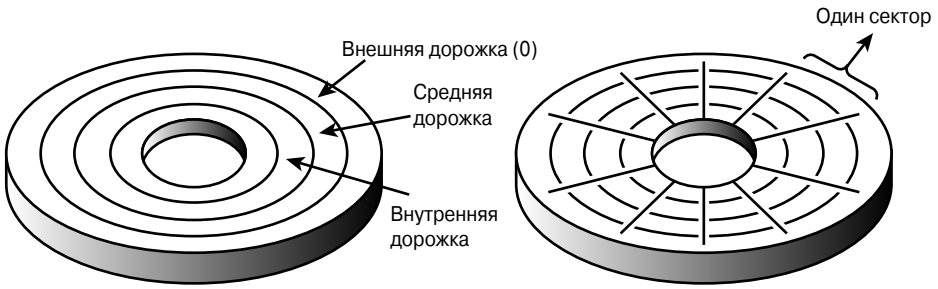


Рис. 9.2. Дорожки и секторы накопителя на жестких дисках

В накопителях обычно устанавливается несколько дисковых пластин, и данные записываются на обеих сторонах каждой из них. В большинстве накопителей есть по меньшей мере два или три диска (что позволяет выполнять запись на четырех или шести сторонах), но существуют также устройства, содержащие до одиннадцати и более дисков. Однотипные (одинаково расположенные) дорожки на всех сторонах дисков объединяются в *цилиндр* (рис. 9.3).

Для каждой стороны диска предусмотрена своя дорожка чтения/записи, но при этом все головки смонтированы на общем стержне, или *приводе*. Поэтому головки не могут перемещаться независимо друг от друга, т.е. двигаются только синхронно.

Жесткие диски вращаются намного быстрее, чем гибкие. Частота их вращения даже в большинстве первых моделей составляла 3600 об/мин (т.е. в десять раз больше, чем в накопителе на гибких дисках) и до последнего времени была почти стандартом для жестких дисков. Но в настоящее время частота вращения жестких дисков возросла. Несмотря на то что скорость вращения может изменяться, современные устройства раскручивают пластины до 4200, 5400, 7200, 10000 и даже 15000 об/мин. Некоторые диски малых формфакторов с целью экономии электроэнергии раскручиваются всего до 4200 об/мин, в то время как высокоскоростные можно встретить в основном в рабочих станциях и серверах, где повышенная цена, а также дополнительный шум и тепловыделение не имеют решающего значения. Высокая скорость вращения в сочетании со скоростным механизмом подачи головок и большим количеством секторов на дорожке — вот главные факторы, определяющие общую производительность жесткого диска.

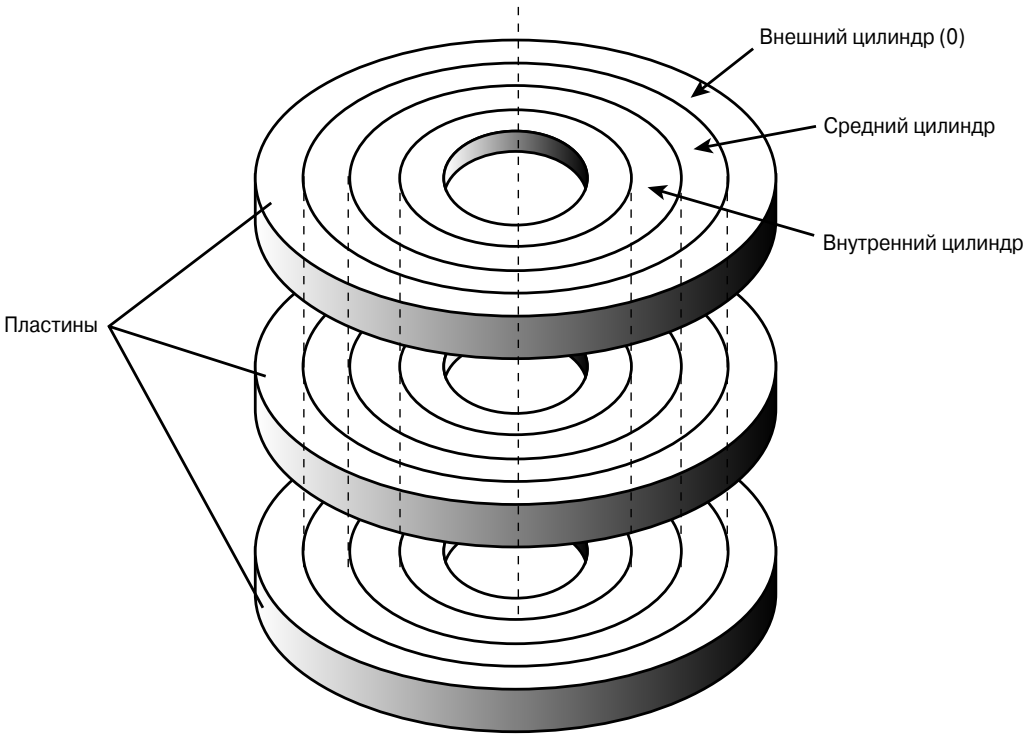


Рис. 9.3. Цилиндр накопителя на жестких дисках

При нормальной работе жесткого диска головки чтения/записи не касаются (и не должны касаться!) дисков. Но при выключении питания и остановке дисков они опускаются на поверхность. Во время работы устройства между головкой и поверхностью вращающегося диска образуется очень малый воздушный зазор (воздушная подушка). Если в этот зазор попадет пылинка или произойдет встряска, головка столкнется с диском, вращающимся на полном ходу. Если удар будет достаточно сильным, произойдет поломка головки. Последствия этого могут быть разными — от потери нескольких байтов данных до выхода из строя всего накопителя. Поэтому в большинстве накопителей поверхности магнитных дисков легируют и покры-

вают специальными смазками, что позволяет устройствам выдерживать ежедневные "взлеты" и "приземления" головок, а также более серьезные потрясения.

В некоторых современных накопителях вместо конструкции CSS (Contact Start Stop) используется механизм загрузки/разгрузки, который не позволяет головкам входить в контакт с жесткими дисками даже при отключении питания накопителя. Этот механизм впервые был использован в 2,5-дюймовых накопителях портативных компьютеров, для которых устойчивость к механическим воздействиям играет весьма важную роль. В механизме загрузки/разгрузки используется наклонная панель, расположенная непосредственно над внешней поверхностью жесткого диска. Когда накопитель выключен или находится в режиме экономии потребляемой мощности, головки съезжают на эту панель. При подаче электроэнергии головки разблокируются только тогда, когда скорость вращения жестких дисков достигнет нужной величины. Поток воздуха, создаваемый при вращении дисков (аэростатический подшипник), позволяет избежать возможного контакта между головкой и поверхностью жесткого диска.

Поскольку пакеты магнитных дисков содержатся в плотно закрытых корпусах и их ремонт не предусмотрен, плотность дорожек на них очень высока — до 96000 и более дорожек на дюйм (Hitachi Travelstar 80GH). Блоки *HDA* (Head Disk Assembly — блок головок и дисков) собирают в специальных цехах в условиях практически полной стерильности. Обслуживанием HDA занимаются считанные фирмы, поэтому ремонт или замена каких-либо деталей внутри герметичного блока HDA обходится очень дорого. Вам придется смириться с мыслью, что рано или поздно накопитель выйдет из строя, и вопрос только в том, когда это произойдет и успеете ли вы сохранить свои данные.

Предупреждение

Вскрывать накопитель на жестких дисках в домашних условиях не рекомендуется. Некоторые производители накопителей конструктивно выполняют их таким образом, что при вскрытии обрывается защитная лента. Самостоятельно вскрыв накопитель, вы тем самым разрываете эту защитную ленту и лишаетесь гарантийных обязательств производителя.

Многие пользователи считают накопители на жестких дисках самыми хрупкими и ненадежными узлами компьютеров, и, вообще говоря, они правы. Однако во время проводимых мною семинаров по аппаратному обеспечению компьютеров и проблемам восстановления данных накопители практически постоянно работали со снятыми крышками. Иногда приходилось даже снимать и устанавливать на место крышки работающих накопителей, но, несмотря на это, они по сей день продолжают успешно работать и с крышками, и без них. Разумеется, я не советую вам делать то же самое со своими устройствами.

Несколько слов о наглядных сравнениях

Вам, возможно, приходилось читать книги или статьи, в которых для описания взаимодействия головки и диска используется аналогия с Боингом-747, летящим в нескольких метрах над землей со скоростью 850 км/ч. Я сам в течение нескольких лет частенько к ней прибегал на упомянутых семинарах, но никогда не задумывался над тем, точно ли это соответствует современным накопителям.

Не скрою, сравнение головки с летящим самолетом всегда казалось мне некорректным. Она ведь никуда не летит, а плавает на воздушной подушке, которая создается над поверхностью вращающегося диска.

Правильнее было бы сравнить ее с судном на воздушной подушке. Благодаря специальному профилю головки толщина создающейся воздушной подушки автоматически поддерживается постоянной. Иногда такой способ взаимодействия двух подвижных объектов называют *воздушной подвеской*.

Пришло время прибегнуть к новым аналогиям, которые позволят получить более точное представление о размерах и скоростях, характерных для современного накопителя на жестких дисках. Для этого были взяты спецификации определенной модели накопителя, увеличенные затем более чем в 300 тысяч раз. В качестве примера возьмем накопитель IBM Deskstar 75GXP

с форматной емкостью 75 Гбайт, в котором используется 3,5-дюймовый дисковод ATA (интерфейс AT Atachment). Размеры ползунка головки (он столь миниатюрен, что называется *пикоползунком*) составляют 0,049 дюйма в длину, 0,039 дюйма в ширину и 0,012 дюйма в высоту. Ползунок с головкой плывут над поверхностью диска на воздушной подушке толщиной примерно 15 нм (нанометр — миллионная доля метра) со средней скоростью 53,55 мили в час (предполагается, что средний диаметр дорожки равен 2,5 дюйма). Эти головки читают и записывают биты данных, промежутки между которыми равны 2,56 микродюйма (микродюйм — одна миллионная дюйма). Биты данных расположены на дорожках, расстояние между которыми составляет всего 35,27 микродюйма. Среднее время позиционирования головок (т.е. перемещения с одной дорожки на другую) равно 8,5 мс.

Для создания аналогии масштаб был увеличен таким образом, чтобы получить величину зазора между плавающей головкой и поверхностью диска, равную 5 мм (примерно 0,2 дюйма). Так как 5 мм в 333333 раза больше, чем 15 нм, остальные размеры увеличены на ту же величину.

Представьте себе эту головку: при таком увеличении ее длина составит около 410 м, ширина — 325 м, а высота — 100 м (это приблизительные размеры небоскреба "Sears", положенного на бок). Перемещается она со скоростью 9187 км/с на расстоянии всего лишь 5 мм над землей (т.е. над диском) и считывает биты данных, промежутки между которыми равны 2,16 см. Эти биты данных расположены на дорожках, расстояние между которыми составляет всего лишь 29,9 см.

Скорость перемещения этой гипотетической головки даже трудно себе представить, поэтому приведу конкретный пример. Диаметр Земли составляет 12742 км, т.е. длина околоземной орбиты, проходящей на расстоянии одного дюйма от поверхности, будет равна приблизительно 40 тыс. км. Таким образом, развивая скорость 9187 км/с, эта головка совершит виток вокруг Земли меньше чем за пять секунд. Кроме того, за один виток вокруг экватора головка сможет прочитать 231,33 Мбайт данных.

При этом изменятся и скоростные характеристики головки. Среднее время позиционирования, составляющее 8,5 мс, определяется как время, затрачиваемое для перемещения головки на одну треть от общего числа дорожек (в этом случае — примерно 9241-я дорожка), т.е. за столь короткое время головка проходит расстояние, равное 2,75 км. С учетом масштабного коэффициента скорость поиска составляет более 916665 км/ч, или 254 км/с!

Не правда ли, хочется воскликнуть: "Видел чудеса техники, но такие?!" И действительно, современный жесткий диск — это настоящее чудо техники! Как видите, пример с авиалайнером оказался лишь жалким подобием того, что есть на самом деле (не говоря уже о его некорректности с точки зрения физики).

Дорожки и секторы

Дорожка — это одно "кольцо" данных на одной стороне диска. Дорожка записи на диске слишком велика, чтобы использовать ее в качестве единицы хранения информации. Во многих накопителях ее емкость превышает 100 тыс. байтов, и отводить такой блок для хранения небольшого файла крайне расточительно. Поэтому дорожки на диске разбивают на нумерованные отрезки — *секторы*.

Количество секторов может быть разным в зависимости от плотности дорожек и типа накопителя. Например, дорожка гибких дисков может содержать от 8 до 36 секторов, а дорожка жесткого диска — от 380 до 700. Секторы, создаваемые с помощью стандартных программ форматирования, имеют емкость 512 байт, но не исключено, что в будущем эта величина изменится. Следует отметить один важный факт: для совместимости со старыми BIOS, независимо от реального количества секторов на дорожке, устройство должно выполнять трансляцию в режим 63 секторов на дорожке, принятый в адресации CHS.

Нумерация секторов на дорожке начинается с единицы, в отличие от головок и цилиндров, отсчет которых ведется с нуля. Например, дискета емкостью 1,44 Мбайт содержит 80 цилиндров, пронумерованных от 0 до 79, в дисководе установлены две головки (с номерами 0 и 1), и каждая дорожка цилиндра разбита на 18 секторов (1–18).

При форматировании диска в начале и в конце каждого сектора создаются дополнительные области для записи их номеров, а также прочая служебная информация, благодаря которой контроллер идентифицирует начало и конец сектора. Это позволяет отличать неформатированную и форматированную емкости диска. После форматирования емкость диска уменьшается, и с этим приходится мириться, поскольку для обеспечения нормальной работы накопителя некоторое пространство на диске должно быть зарезервировано для служебной информации. Стоит, однако, отметить, что в новых дисках используется форматирование без идентификатора, т.е. не проставляются отметки начала и конца каждого из секторов. Это позволяет использовать немного больше пространства для хранения реальных данных.

В начале каждого сектора записывается его *заголовок* (или *префикс*), по которому определяется начало и номер сектора, а в конце —*заключение* (или *суффикс*), в котором находится *контрольная сумма*, необходимая для проверки целостности данных. В вышеупомянутой системе адресации без идентификаторов начало и конец каждого из секторов определяется на основании импульсов генератора тактовой частоты.

Помимо указанных областей служебной информации, каждый сектор содержит область данных емкостью 512 байт. При низкоуровневом (физическом) форматировании всем байтам данных присваивается некоторое значение, например F6h. Электронные схемы накопителей с большим трудом справляются с кодированием и декодированием некоторых шаблонов, поскольку эти шаблоны используются только при тестировании дисководов, выполняемом производителем в процессе первоначального форматирования. Используя специальные тестовые шаблоны, можно выявить ошибки, которые не обнаруживаются с помощью обычных шаблонов данных.

Примечание

Форматирование низкого уровня обсуждается далее. Не путайте его с форматированием высокого уровня, которое выполняется с помощью программы `FORMAT` в DOS и Windows.

Заголовки и суффиксы секторов не зависят от операционной и файловой систем, а также от файлов, хранящихся на жестком диске. Помимо этих элементов, существует множество промежутков в секторах, между секторами на каждой дорожке и между дорожками, но ни один из этих промежутков не может быть использован для записи данных. Промежутки создаются во время форматирования на низком (физическом) уровне, при котором удаляются все записанные данные. На жестком диске промежутки выполняют точно такие же функции, как и на магнитофонной кассете, где они используются для разделения музыкальных записей. Начальные, завершающие и промежуточные пробелы представляют собой именно то пространство, которое определяет разницу между форматной и неформатной емкостью диска. Например, емкость 4-мегабайтовой дискеты (3,5-дюйма) после форматирования “уменьшается” до 2,88 Мбайт (форматная емкость). Дискета емкостью 2 Мбайт (до форматирования) имеет форматную емкость 1,44 Мбайт. Жесткий диск Seagate ST-4038, имеющий неформатную емкость 38 Мбайт, после форматирования “уменьшается” до 32 Мбайт (форматная емкость).

Форматирование низкого уровня современных жестких дисков ATA/IDE и SCSI выполняется еще на заводе, поэтому изготовитель указывает только форматную емкость диска. Тем не менее практически на всех дисках имеется некоторое зарезервированное пространство для управления данными, которые будут записаны на диске. Как видите, утверждать, что размер любого сектора равен 512 байт, — не вполне корректно. На самом деле в каждом секторе можно записать 512 байт данных, но область данных — это только часть сектора. Каждый сектор на диске обычно занимает 571 байт, из которых под данные отводится только 512 байт. В различных накопителях пространство, отводимое под заголовки и суффиксы, может быть разным, но, как правило, сектор имеет размер 571 байт. Как уже говорилось, многие современные диски используют схему разметки без идентификаторов заголовков секторов, что высвобождает дополнительное пространство для данных.

Для наглядности представьте, что секторы — это страницы в книге. На каждой странице содержится текст, но им заполняется не все пространство страницы, так как у нее есть поля (верхнее, нижнее, правое и левое). На полях помещается служебная информация, например названия глав (на диске это соответствует номерам дорожек и цилиндров) и номера страниц (что соответствует номерам секторов). Области на диске, аналогичные полям на странице, создаются во время форматирования диска; тогда же в них записывается и служебная информация. Кроме того, во время форматирования диска области данных каждого сектора заполняются фиктивными значениями. Отформатировав диск, можно записывать информацию в области данных обычным образом. Информация, которая содержится в заголовках и заключениях сектора, не меняется во время обычных операций записи данных. Изменить ее можно, только переформатировав диск.

В табл. 9.2 в качестве примера приведен формат дорожки и сектора стандартного жесткого диска, имеющего 17 секторов на дорожке.

Таблица 9.2. Стандартный формат дорожки, содержащей 17 секторов

Количество байтов	Наименование	Описание
16	POST INDEX GAP (послеиндексный интервал)	Все байты равны 4Eh; записываются в начале дорожки, сразу после индексной метки (маркера)
Следующие данные повторяются 17 раз — в каждом секторе дорожки, записанной по методу MFM		
13	ID VFO LOCK (захват генератора для считывания идентификатора сектора)	Все байты равны 00h; синхронизация генератора происходит перед считыванием идентификатора (ID) сектора
1	SYNC BYTE (байт синхронизации)	A1h; сообщает контроллеру о начале участка ID сектора (о том, что далее следуют данные)
1	ADDRESS MARK (метка адреса)	FEh; отмечает начало поля ID сектора
2	CYLINDER NUMBER (номер цилиндра)	Значение байтов определяет положение привода головок
1	HEAD NUMBER (номер головки)	Значение байта соответствует номеру головки
1	SECTOR NUMBER (номер сектора)	Значение байта соответствует номеру сектора
2	CRC	Контрольные байты CRC для проверки данных ID сектора
3	WRITE TURN-ON GAP (интервал включения записи)	Все байты равны 00h; отделяет ID от сектора данных
13	DATA SYNC VFO LOCK (захват генератора для считывания данных)	Все байты равны 00h; синхронизация генератора происходит перед считыванием данных
1	SYNC BYTE (байт синхронизации)	A1h; сообщает контроллеру о начале области данных
1	ADDRESS MARK (метка адреса)	F8h; отмечает начало области данных
512	DATA (данные)	Область данных
2	CRC	Байты контрольной суммы CRC для проверки достоверности данных
3	WRITE TURN-OFF GAP (интервал отключения записи)	Все байты равны 00h; записывается при обновлении данных для их отделения от прочих участков
15	INTER-RECORD GAP (интервал между записями)	Все байты равны 00h; страховочная зона для защиты данных от стирания при отклонениях частоты вращения диска от номинальной
693	PRE-INDEX GAP (предындексный интервал)	Все байты равны 4Eh; конец дорожки перед индексной меткой (маркером)

Из таблицы видно, что “полезный” объем дорожки примерно на 15% меньше возможного. Эти потери характерны для большинства накопителей, но для разных моделей они могут быть различными. Ниже подробно анализируются данные, представленные в табл. 9.2.

Послеиндексный интервал нужен для того, чтобы при перемещении головки на новую дорожку переходные процессы (установка) закончились прежде, чем она окажется перед первым сектором. В этом случае его можно начать считывать сразу, не дожидаясь, пока диск совершит дополнительный оборот.

Послеиндексный интервал далеко не всегда обеспечивает время, достаточное для перемещения головки. В этом случае накопитель получает дополнительное время за счет смещения секторов на различных дорожках, которое приводит к задержке появления первого сектора. Другими словами, процесс форматирования низкого уровня приводит к смещению нумера-

ции секторов, в результате чего секторы на соседних дорожках, имеющие одинаковые номера, смещаются относительно друг друга. Например, сектор 9 одной дорожки находится рядом с сектором 8 следующей дорожки, который, в свою очередь, располагается бок о бок с сектором 7 следующей дорожки, и т.д. Оптимальная величина смещения определяется соотношением частоты вращения диска и радиальной скорости головки.

Примечание

Раньше параметр смещения головки устанавливался пользователем вручную при низкоуровневом форматировании. Теперь такое форматирование выполняется в промышленных условиях, и эти параметры нельзя изменить.

Идентификатор сектора (ID) состоит из полей записи номеров цилиндра, головки и сектора, а также контрольного поля CRC для проверки точности считывания информации ID. В большинстве контроллеров седьмой бит поля номера головки используется для маркировки дефектных секторов в процессе форматирования низкого уровня или анализа поверхности. Однако такой метод не является стандартным, и в некоторых устройствах дефектные секторы помечаются иначе. Но, как правило, отметка делается в одном из полей идентификатора сектора.

Интервал включения записи следует сразу за байтами CRC; он гарантирует, что информация в следующей области данных будет записана правильно. Кроме того, он служит для завершения анализа контрольной суммы (CRC) идентификатора сектора.

В *поле данных* можно записать 512 байт информации. За ним располагается еще одно поле CRC для проверки правильности записи данных. В большинстве накопителей размер этого поля составляет 2 байт, но некоторые контроллеры могут работать и с более длинными полями кодов коррекции ошибок (Error Correction Code — ECC). Записанные в этом поле байты кодов коррекции ошибок позволяют при считывании обнаруживать и исправлять некоторые ошибки. Эффективность этой операции зависит от выбранного метода коррекции и особенностей контроллера. Интервал отключения записи позволяет полностью завершить анализ байтов ECC (CRC).

Интервал между записями необходим для того, чтобы застраховать данные следующего сектора от случайного стирания при записи в предыдущий сектор. Это может произойти, если при форматировании диск вращался с частотой, несколько меньшей, чем при последующих операциях записи. При этом сектор, естественно, всякий раз будет немного длиннее. Поэтому, чтобы он не выходил за установленные при форматировании границы, их слегка “растягивают”, вводя упомянутый интервал. Его реальный размер зависит от разности частот вращения диска при форматировании дорожки и при каждом обновлении данных.

Предындексный интервал необходим для компенсации неравномерности вращения диска вдоль всей дорожки. Размер этого интервала зависит от возможных значений частоты вращения диска и сигнала синхронизации при форматировании и записи.

Информация, записываемая в заголовке сектора, имеет огромное значение, поскольку содержит данные о номере цилиндра, головки и сектора. Все эти сведения (за исключением поля данных, байтов CRC и интервала отключения записи) записываются на диск только при форматировании низкого уровня.

Форматирование дисков

Различают два вида форматирования диска:

- физическое, или форматирование *низкого уровня*;
- логическое, или форматирование *высокого уровня*.

При форматировании новых гибких дисков с помощью программы Проводник Windows или команды DOS `FORMAT` выполняются обе операции; если на диске уже выполнялось форматирование, по умолчанию предлагается только высокоуровневое форматирование.

Для жесткого диска существует и третий этап, выполняемый между двумя указанными операциями форматирования, — *организация разделов*. Создавать разделы абсолютно необходимо в том случае, если на одном компьютере предполагается использовать несколько операционных или файловых систем. При этом на диске создается несколько *томов*, или *логических устройств*, причем каждому из них операционная система присваивает отдельную букву или имя.

Таким образом, форматирование жесткого диска выполняется в три этапа.

1. Форматирование низкого уровня.
2. Организация разделов на диске.
3. Форматирование высокого уровня.

Форматирование низкого уровня

В процессе форматирования низкого уровня дорожки диска разбиваются на секторы. При этом записываются заголовки и заключения секторов (префиксы и суффиксы), а также формируются интервалы между секторами и дорожками. Область данных каждого сектора заполняется фиктивными значениями или специальными тестовыми наборами данных. В накопителях на гибких дисках количество секторов на дорожке определяется типом дискеты и дисковода; количество секторов на дорожке жесткого диска зависит от интерфейса накопителя и контроллера.

В первых контроллерах ST-506/412 при записи по методу MFM дорожки разбивались на 17 секторов, а в контроллерах этого же типа, но с кодированием RLL количество секторов достигало 26. В накопителях ESDI на дорожке содержится 32 и более секторов. В накопителях IDE контроллеры встроенные, и в зависимости от их типа количество секторов колеблется в пределах 17–2500 и более.

Практически во всех накопителях ATA используется так называемая *зонная запись* с переменным количеством секторов на дорожке. Дорожки, более удаленные от центра (а значит, и более длинные), содержат больше секторов, чем дорожки, расположенные близко к центру. Один из способов повышения емкости жесткого диска — разделение внешних цилиндров на большее количество секторов по сравнению с внутренними. Плотность данных и скорость вращения остаются постоянными, что влияет на количество битов, записанных на дорожке. На рис. 9.4 схематически представлен диск с одинаковым количеством секторов на всех дорожках.

При стандартной записи данных пространство внешних дорожек используется крайне неэффективно, так как они, отличаясь значительно большей протяженностью, содержат столько же данных, сколько и внутренние дорожки. Один из способов увеличения емкости жесткого диска при форматировании низкого уровня состоит в создании бо́льшего количества секторов во внешних цилиндрах диска, чем во внутренних. Внешние цилиндры имеют бо́льшую длину окружности и поэтому могут содержать больше данных. В накопителях, не использующих метод зонной записи, в каждом цилиндре содержится одинаковое количество данных, несмотря на то, что длина дорожки внешних цилиндров может быть вдвое больше длины внутренних. Это приводит к нерациональному использованию пространства запоминающего устройства, так как носитель должен обеспечивать надежное хранение данных, записанных с той же плотностью, что и во внутренних цилиндрах. В том случае, если количество секторов, приходящихся на каждую дорожку, фиксировано, как это бывает при использовании контроллеров ранних версий, емкость накопителя определяется плотностью записи внутренней (наиболее короткой) дорожки.

При зонной записи цилиндры разбиваются на группы, которые называются *зонами*, причем по мере продвижения к внешнему краю диска дорожки разбиваются на все большее число секторов. Во всех цилиндрах, относящихся к одной зоне, количество секторов на дорожках одно и то же. Возможное количество зон зависит от типа накопителя; в большинстве устройств их бывает десять и более (рис. 9.5).

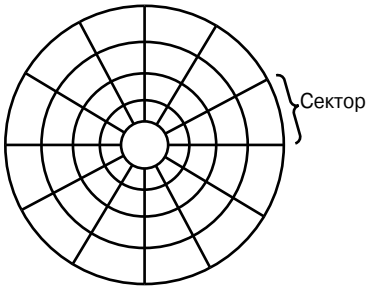


Рис. 9.4. Стандартная запись: количество секторов одно и то же на всех дорожках

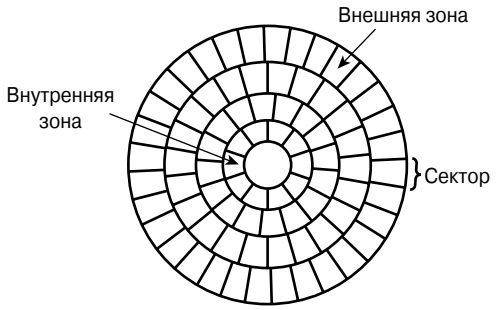


Рис. 9.5. Зонная запись: количество секторов на дорожках увеличивается по мере перемещения от центра диска

Еще одно свойство зонной записи состоит в том, что скорость обмена данными с накопителем может изменяться и зависит от зоны, в которой в конкретный момент располагаются головки. Происходит это потому, что секторов во внешних зонах больше, а угловая скорость вращения диска постоянна.

Приведем в качестве примера организацию зон в 2,5-дюймовом жестком диске Hitachi Travelstar 5K500 для портативных компьютеров (табл. 9.3).

Таблица 9.3. Информация о зонах жесткого диска Hitachi Travelstar 5K500

Зона	Секторов на дорожку	Скорость передачи данных, Мбайт/с
0	1920	117.96
1	1840	113.05
2	1800	110.59
3	1760	108.13
4	1720	105.68
5	1680	103.22
6	1632	100.27
7	1600	98.30
8	1560	95.85
9	1520	93.39
10	1480	90.93
11	1440	88.47
12	1360	83.56
13	1320	81.10
14	1296	79.63
15	1280	78.64
16	1240	76.19
17	1200	73.73
18	1140	70.04
19	1104	67.83
20	1080	66.36
21	1020	62.67
22	960	58.98
23	912	56.03

Этот накопитель имеет 172676 дорожек на каждой поверхности диска; дорожки разделены на 24 зоны по 7195 цилиндров. В нулевой (самой внешней) зоне содержится наибольшее количество секторов — 1920 на каждую дорожку. Самая внутренняя зона содержит только 912 секторов на дорожку.

При использовании метода зонной записи каждая поверхность диска уже содержит в среднем 1302 сектора на дорожку. Если не использовать метод зонной записи, то каждая дорожка будет ограничена 912 секторами. Выигрыш при использовании метода зонной записи составляет около 43%.

Обратите внимание на различия в скорости передачи данных для каждой зоны. Поскольку частота вращения шпинделя — 5400 об/мин, один оборот совершается за 1/90 секунды (т.е. 11,1 миллисекунды). Дорожки во внешней зоне (нулевой) имеют скорость передачи данных 118 Мбайт/с, а во внутренней зоне — всего 56 Мбайт/с. Средняя скорость передачи данных составляет 80 Мбайт/с. Именно это свойство диска объясняет различие в результатах измерения параметров диска с помощью программ тестовых пакетов — каждая программа измеряет скорости передачи данных в различных зонах.

Кроме того, следует отметить, что данный диск соответствует спецификации SATA 3 Гбит/с, а это предполагает скорость передачи данных 300 Мбайт/с. Разумеется, это теоретическое значение, так как реальная скорость передачи данных для данного жесткого диска составляет от 56 до 118 Мбайт/с, а средняя — 80 Мбайт/с. Теоретическая скорость передачи данных соответствует в большей мере возможностям интерфейса, а не реального жесткого диска.

Метод зонной записи позволил производителям повысить емкость устройств на 20–50% по сравнению с накопителями, в которых число секторов на дорожке фиксировано. Зонная запись используется абсолютно во всех современных накопителях.

Организация разделов на диске

Разделы, создаваемые на жестком диске, позволяют ему поддерживать разные файловые системы, каждая из которых располагается в определенном *разделе* диска.

В каждой файловой системе используется собственный метод распределения занимаемого файлом пространства по логическим элементам, которые называются *кластерами* или *единичными блоками памяти*. На жестком диске может быть от одного до четырех разделов, каждый из которых поддерживает файловую систему какого-нибудь типа. В настоящее время PC-совместимые операционные системы используют файловые системы трех типов.

- **FAT (File Allocation Table — таблица размещения файлов)**. Это стандартная файловая система, поддерживаемая DOS и Windows 9x/Me. В разделах FAT под управлением DOS допустимая длина имен файлов — 11 символов (8 символов собственно имени и 3 символа расширения); в Windows версии 9*x* и выше допустимая длина имен файлов — 255 символов. Стандартная файловая система FAT для идентификации кластеров использует 12- и 16-разрядные числа, что определяет максимальный объем тома в 2 Гбайт.

  С помощью программы `FDISK` можно создать только два физических раздела FAT на жестком диске — основной и дополнительный, а в дополнительном разделе можно создать до 25 логических томов. Программа `Partition Magic` может создавать четыре основных раздела или три основных и один дополнительный.

- **FAT32 (File Allocation Table, 32-bit — 32-разрядная таблица размещения файлов)**. Эта файловая система поддерживается Windows 95 OSR2 и более поздними версиями.

  В FAT32 для нумерации кластеров используются 32-разрядные числа, что позволяет поддерживать тома объемом до 2 Тбайт (2048 Гбайт).

- **NTFS (Windows NT File System — файловая система Windows NT)**. Доступна только в Windows NT/2000/XP/2003/Vista. Длина имен файлов может достигать 256 символов, а размер раздела (теоретически) — 16 Эбайт (16×10^{18} байт). NTFS предлагает дополнительные возможности, не предоставляемые другими файловыми системами, например средства безопасности.

До появления Windows XP наиболее распространенной была файловая система FAT32. В современных системах более широко используется NTFS, которая является “родной” файловой системой Windows XP и Vista, причем в последнем случае загрузочный том должен

быть размечен именно в ней. Тем не менее система FAT поддерживается практически любой операционной системой, что делает ее оптимальным вариантом для использования в смешанных операционных средах. FAT32 и NTFS предоставляют дополнительные возможности, но не являются универсально совместимыми с другими ОС.

Разделы на диске создаются с помощью программы, поставляемой с операционной системой. Например, программа FDISK, используемая для решения этой задачи, поставляется в комплекте с DOS и Windows 9*x*/Me, тогда как программа DISKPART и встроенный компонент Управление дисками оснастки Управление компьютером входят в поставку Windows XP. Программы FDISK и DISKPART, а также различные средства, используемые для создания разделов, позволяют определить объем создаваемого раздела, начиная с одного мегабайта (или 1% пространства диска) и заканчивая полной емкостью жесткого диска; кроме того, они позволяют указать размеры раздела в соответствии с требованиями той или иной файловой системы. Можно создать столько разделов, сколько потребуется, однако многие пользователи предпочитают остановиться на одном-двух разделах. До появления FAT32 сделать это было значительно труднее, поскольку максимальный размер разделов в файловой системе FAT16 составлял всего 2 Гбайт. В FAT32 максимальный размер раздела может достигать 2048 Гбайт.

Предупреждение

Программы FDISK и DISKPART, а также различные инструменты для создания разделов, встроенные в операционные системы, не позволяют изменять размер уже существующих разделов (их можно только создавать или удалять). При удалении раздела находящиеся в нем данные уничтожаются. Создание раздела приводит к потере доступа к данным, хранившимся в той части диска, которая использовалась для создания нового раздела. Для управления разделами без разрушения данных воспользуйтесь программами сторонних разработчиков, к числу которых относятся Partition Magic от PowerQuest и Partition Commander компании V-Communications.

После создания разделов необходимо выполнить форматирование высокого уровня с помощью средств операционной системы.

Форматирование высокого уровня

При форматировании высокого уровня операционная система создает структуры для работы с файлами и данными. В каждый раздел (логический диск) заносятся *загрузочный сектор тома* (VBS), две копии таблицы размещения файлов (FAT) и *корневой каталог* (Root Directory). С помощью этих структур данных операционная система распределяет дисковое пространство, отслеживает расположение файлов и даже во избежание проблем "обходит" дефектные участки на диске.

В сущности, форматирование высокого уровня — это не столько форматирование, сколько создание оглавления диска и таблицы размещения файлов. "Настоящее" форматирование — это форматирование низкого уровня, при котором диск разбивается на дорожки и секторы. С помощью команды FORMAT на гибком диске выполняются сразу оба типа форматирования, а для жесткого — только форматирование высокого уровня. Форматирование низкого уровня на жестком диске выполняет его изготовитель; оно чисто технически не может быть осуществлено конечным пользователем. Правда, некоторые из производителей выпускают свои программы *инициализации*, которые являются своеобразной заменой низкоуровневого форматирования. Программы инициализации не создают заголовки секторов, однако они перезаписывают все области данных и помечают сбойные секторы (по возможности замещая их запасными, хорошими). Обычно программы инициализации используются, когда необходимо восстановить поврежденное форматирование или уничтожить все данные на диске.

Основные компоненты жестких дисков

Существует множество типов накопителей на жестких дисках, но практически все они состоят из одних и тех же основных узлов. Конструкции этих узлов, а также качество используемых материалов могут различаться, но их основные рабочие характеристики и принципы

функционирования одинаковы. Основные элементы конструкции типичного накопителя на жестком диске (рис. 9.6) перечислены ниже:

- диски;
- головки чтения/записи;
- механизм привода головок;
- двигатель привода дисков;
- печатная плата со схемами управления;
- кабели и разъемы;
- элементы конфигурации (перемычки и переключатели).

Диски, двигатель привода дисков, головки и механизм привода головок обычно размещаются в герметичном корпусе, который называется *HDA* (Head Disk Assembly — блок головок и дисков). Обычно этот блок рассматривается как единый узел; его почти никогда не вскрывают. Прочие узлы, не входящие в блок HDA (печатная плата, лицевая панель, элементы конфигурации и монтажные детали), являются съемными.

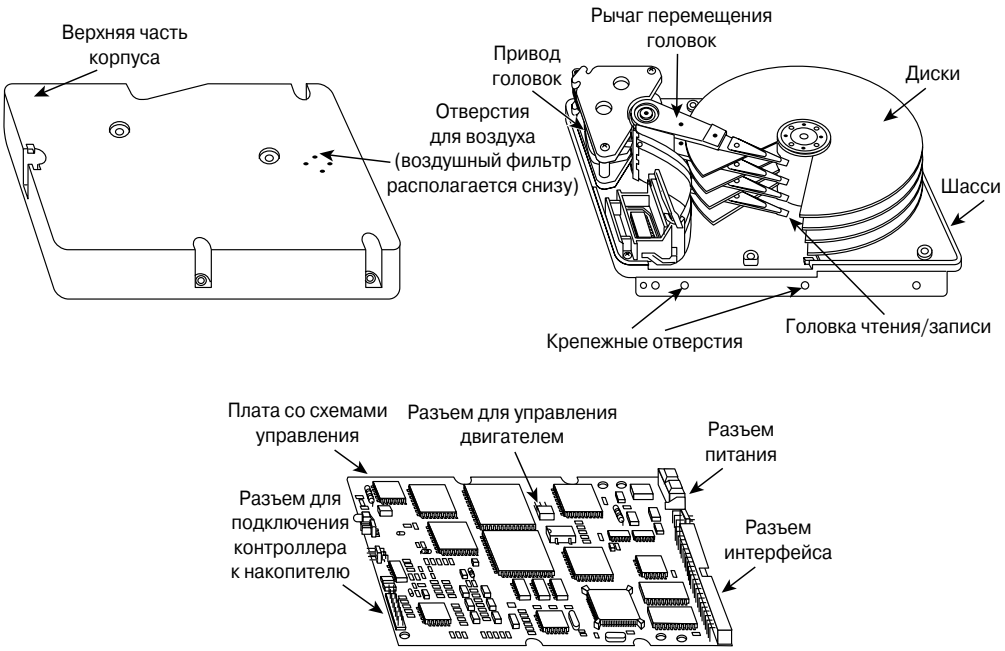


Рис. 9.6. Основные узлы накопителя на жестком диске

Диски

Накопитель на жестких магнитных дисках содержит несколько дисков (пластин). На протяжении многих лет жесткие диски для ПК выпускались в нескольких формфакторах. Как правило, физические размеры жестких дисков выражаются в размере используемых пластин. Основные размеры пластин, используемых в жестких дисках ПК, приведены в табл. 9.4.

Существуют также накопители с дисками больших размеров, например 8, 14 дюймов и даже больше, но, как правило, эти устройства в ПК не используются. Сейчас в настольных и некоторых портативных моделях чаще всего устанавливаются накопители формата 3,5 дюйма, а малогабаритные устройства (формата 2,5 дюйма и меньше) — в портативных системах.

Таблица 9.4. Формфакторы жестких дисков и физические размеры пластин

Формфактор жестких дисков, дюймы	Фактический диаметр пластины, мм	Фактический диаметр пластины, дюймы	Год появления на рынке
5,25	130	5,12	1980
3,5	95	3,74	1983
2,5	65	2,56	1988
1,8	48	1,89	1991
1	34	1,33	1999
0,85	21,5	0,85	2004

В большинстве накопителей устанавливается минимум два диска, хотя в некоторых малых моделях бывает и по одному. Количество дисков ограничивается физическими размерами накопителя, а именно — высотой его корпуса. Самое большое количество дисков в накопителях формата 3,5 дюйма, с которым мне приходилось встречаться, — 12.

Раньше почти все диски производились из алюминиево-магниевого сплава, довольно прочного и легкого. Но со временем возникла потребность в накопителях, сочетающих малые размеры и большую емкость. Поэтому в качестве основного материала для дисков стало использоваться стекло, а точнее — композитный материал на основе стекла и керамики. Один из таких материалов называется *MemCor* и производится компанией Dow Corning. Он значительно прочнее, чем каждый из его компонентов в отдельности. Стеклянные диски отличаются большей прочностью и жесткостью, поэтому их можно сделать в два и более раза тоньше алюминиевых. Кроме того, они менее восприимчивы к перепадам температур, т.е. их размеры при нагреве и охлаждении изменяются весьма незначительно. Сегодня практически все жесткие диски выпускаются со стеклянными или стеклокерамическими пластинами.

Рабочий слой диска

Независимо от того, какой материал используется в качестве основы диска, он покрывается тонким слоем вещества, способного сохранять остаточную намагниченность после воздействия внешнего магнитного поля. Этот слой называется *рабочим* или *магнитным*, и именно в нем сохраняется записанная информация. Самыми распространенными являются следующие типы рабочего слоя:

- оксидный;
- тонкопленочный;
- двойной антиферромагнитный (AFC).

Оксидный слой

Оксидный слой представляет собой полимерное покрытие с наполнителем из окиси железа. Он наносится следующим образом. Сначала на поверхность быстро вращающегося алюминиевого диска разбрызгивается суспензия порошка оксида железа в растворе полимера. За счет действия центробежных сил она равномерно растекается по поверхности диска от его центра к внешнему краю. После полимеризации раствора поверхность шлифуется. Затем на нее наносится еще один слой чистого полимера, обладающего достаточной прочностью и низким коэффициентом трения, и диск окончательно полируется. Обычно толщина оксидного слоя — чуть больше 0,1 микрона. Если вам удастся заглянуть внутрь накопителя с такими дисками, то вы увидите, что они коричневого или желтого цвета.

Чем выше емкость накопителя, тем более тонким и гладким должен быть рабочий слой дисков. Но добиться качества покрытия, необходимого для накопителей большой емкости, в рамках традиционной технологии оказалось невозможным. Поскольку оксидный слой довольно мягкий, он крошится при “столкновениях” с головками (например, при случайных сотрясениях накопителя). Диски с таким рабочим слоем использовались с 1955 года; они так долго продержались благодаря простоте технологии и низкой стоимости. Однако в современных моделях накопителей они полностью уступили место тонкопленочным дискам.

Тонкопленочный слой

Тонкопленочный рабочий слой имеет меньшую толщину, он прочнее, и качество его покрытия гораздо выше, чем у оксидного. Эта технология легла в основу производства накопителей нового поколения, в которых удалось существенно уменьшить величину зазора между головками и поверхностями дисков, что позволило повысить плотность записи.

Термин *тонкопленочный рабочий слой* очень удачен, так как это покрытие гораздо тоньше, чем оксидное. Этот слой называют также *гальванизированным* или *напыленным*, поскольку наносить тонкую пленку на поверхность дисков можно по-разному.

Тонкопленочный гальванизированный рабочий слой получают путем электролиза. Это происходит почти так же, как при хромировании бампера автомобиля. Алюминиевую или стеклянную подложку диска последовательно погружают в ванны с различными растворами, в результате чего она покрывается несколькими слоями металлической пленки. Рабочим слоем служит слой из сплава кобальта толщиной всего около 1 микродюйма (около 0,025 мкм).

Метод напыления рабочего слоя заимствован из полупроводниковой технологии. Суть его сводится к тому, что в специальных вакуумных камерах вещества и сплавы вначале переводятся в газообразное состояние, а затем осаждаются на подложку. На алюминиевый диск сначала наносится слой фосфорита никеля, а затем магнитный кобальтовый сплав. Его толщина при этом — всего 1–2 микродюйма (0,025–0,05 мкм). Аналогично поверх магнитного слоя на диск наносится очень тонкое (порядка 0,025 мкм) углеродное защитное покрытие, обладающее исключительной прочностью. Это самый дорогостоящий процесс из всех описанных выше, так как для его проведения необходимы условия, приближенные к полному вакууму.

Как уже отмечалось, толщина магнитного слоя, полученного методом напыления, составляет около 0,025 мкм. Его исключительно гладкая поверхность позволяет сделать зазор между головками и поверхностями дисков гораздо меньшим, чем это было возможно раньше (0,076 мкм). Чем ближе к поверхности рабочего слоя располагается головка, тем выше плотность расположения зон смены знака на дорожке записи и, следовательно, плотность диска. Кроме того, при увеличении напряженности магнитного поля по мере приближения головки к магнитному слою увеличивается амплитуда сигнала; в результате соотношение "сигнал–шум" становится более благоприятным.

И при гальваническом осаждении, и при напылении рабочий слой получается очень тонким и прочным. Поэтому вероятность "выживания" головок и дисков в случае их контакта друг с другом на большой скорости существенно повышается. И действительно, современные накопители с дисками, имеющими тонкопленочные рабочие слои, практически не выходят из строя при вибрациях и сотрясениях. Оксидные покрытия в этом отношении гораздо менее надежны. Если бы вы смогли заглянуть внутрь корпуса накопителя, то увидели бы, что тонкопленочные покрытия дисков напоминают серебристую поверхность зеркал.

Двойной антиферромагнитный слой

Последним достижением в технологии изготовления носителей жестких дисков является использование *двойных антиферромагнитных слоев* (AFC), позволяющих существенно увеличить плотность рабочего слоя, превысив наложенные ранее ограничения. Увеличение плотности материала дает возможность уменьшить толщину магнитного слоя диска. Плотность записи жестких дисков (которая выражается в количестве дорожек на дюйм или в числе битов на дюйм) достигла той точки, в которой кристаллы магнитного слоя, используемые для хранения данных, становятся настолько малы, что это приводит к их нестабильности и как следствие — к низкой надежности запоминающего устройства. Границы плотности, получившие название *суперпарамагнитного ограничения*, должны находиться в пределах 30–50 Гбит/дюйм^2. С развитием технологии этот предел был преодолен и достиг 100 Гбит/дюйм^2. Предполагается, что в будущем удастся достигнуть и поверхностной плотности записи в 200 Гбит/дюйм^2, правда, при этом будут задействованы некоторые новые технологии.

Носители AFC состоят из двух магнитных слоев, разделенных исключительно тонкой пленкой металлического рутения, толщина которой — всего 3 атома (6 ангстрем). Подобная

многослойная конструкция образует антиферромагнитное соединение, состоящее из верхнего и нижнего магнитных слоев, что позволяет различать эти слои по всей видимой высоте жесткого диска. Такая конструкция дает возможность использовать физически более толстые магнитные слои, имеющие более устойчивые кристаллы большого размера, благодаря чему носители могут функционировать как одинарный слой, отличающийся гораздо меньшей общей толщиной.

В 2001 году IBM использовала технологию AFC при создании целой серии 2,5-дюймовых накопителей Travelstar 30GN для портативных компьютеров; жесткие диски этого типа стали первыми накопителями с рабочим слоем AFC, появившимися на рынке. Кроме того, IBM начала создавать 3,5-дюймовые накопители с рабочим слоем AFC, используемые в настольных компьютерах. Первым накопителем этого типа стал Deskstar 120 GXP. Сегодня носители AFC выпускаются компанией Hitachi Global Storage Technologies, которая поглотила подразделение жестких дисков компании IBM, а также ряд других крупных производителей этого типа носителей. Технология AFC позволяет преодолеть рубеж плотности в 100 Гбит/дюйм^2, а в сочетании с перпендикулярной магнитной записью (PMR) отодвинуть его до 200 Гбит/дюйм^2. Внешне носитель с покрытием AFC выглядит, как зеркало.

Головки чтения/записи

В накопителях на жестких дисках для каждой из сторон каждого диска предусмотрена собственная головка чтения/записи. Все головки смонтированы на общем подвижном каркасе и перемещаются одновременно.

Конструкция каркаса с головками довольно проста. Каждая головка установлена на конце рычага, закрепленного на пружине и слегка прижимающего ее к диску. Мало кто знает о том, что диск как бы зажат между парой головок (сверху и снизу). И если бы это не повлекло за собой никаких последствий, можно было бы провести небольшой эксперимент: открыть накопитель и приподнять пальцем верхнюю головку. Как только бы вы ее отпустили, она вернулась бы в первоначальное положение (то же самое произошло бы и с нижней головкой).

На рис. 9.7 показана стандартная конструкция механизма привода головок с подвижной катушкой.

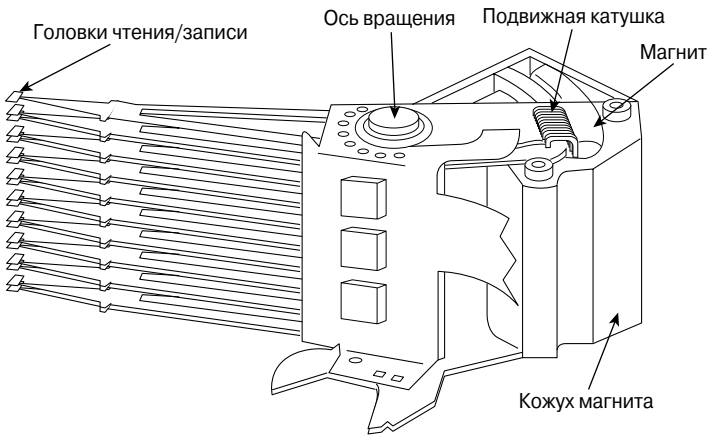


Рис. 9.7. Головки чтения/записи и поворотный привод с подвижной катушкой

Когда накопитель выключен, головки касаются дисков под действием пружин. При раскручивании дисков аэродинамическое давление под головками повышается, и они отрываются от рабочих поверхностей (“взлетают”). Когда диск вращается на полной скорости, зазор между ним и головками может составлять 0,5–5 микродюймов и даже больше.

В начале 1960-х годов величина зазора между диском и головками составляла 200–300 микродюймов; в современных накопителях она достигает 10 нм, или 0,4 микродюйма. Для обеспечения повышенной плотности записи в будущем физическое расстояние между головкой и дисковой пластиной будет продолжать уменьшаться; возможно, такие головки даже будут входить в прямой контакт с поверхностью диска. Естественно, для этого потребуются новые конструкции носителей и головок.

Предупреждение

Общая тенденция такова: чем раньше был выпущен накопитель и чем меньше его емкость, тем больше зазор между головками и поверхностями дисков. Именно из-за малого размера этого зазора блок HDA можно вскрывать только в абсолютно чистых помещениях: любая пылинка, попавшая в зазор, может привести к ошибкам при считывании данных и даже к столкновению головок с дисками на полном ходу. В последнем случае может быть повреждена или головка, или диск, что одинаково неприятно.

Именно поэтому сборка блоков HDA выполняется только в чистых помещениях, соответствующих требованиям класса 100 (и даже более высоким). Это означает, что в одном кубическом футе воздуха может присутствовать не более 100 пылинок размером до 0,5 мкм. Для сравнения: стоящий неподвижно человек каждую минуту выдыхает порядка 500 таких частиц! Поэтому помещения оснащаются специальными системами фильтрации и очистки воздуха. Блоки HDA можно вскрывать только в таких условиях.

Поддержка столь стерильных условий стоит немалых денег. Некоторые фирмы выпускают "чистые цеха" в настольном исполнении. Стоят они всего несколько тысяч долларов и выглядят, как большие ящики с прозрачными стенками, в которые вмонтированы перчатки для оператора. Прежде чем приступить к работе, оператор должен вставить в ящик устройство и все необходимые инструменты, затем закрыть ящик и включить систему фильтрации. Через некоторое время можно будет начинать разборку и прочие операции с накопителем.

Существуют и другие способы создания стерильных условий. Представьте себе, например, монтажный стол, отгороженный от окружающего пространства воздушной завесой, причем непосредственно на рабочее место под давлением постоянно подается очищенный воздух. Это напоминает устанавливаемые на зиму в дверях магазинов "занавески" из горячего воздуха, которые не мешают покупателям, но и не позволяют теплу выйти из помещения наружу.

Поскольку подобное оборудование стоит довольно дорого, за ремонт накопителей на жестких дисках обычно берутся только их производители.

Конструкции головок чтения/записи

По мере развития технологии производства дисковых накопителей совершенствовались и конструкции головок чтения/записи. Первые головки представляли собой сердечники с обмоткой (электромагниты). По современным меркам их размеры были огромными, а плотность записи — чрезвычайно низкой. За прошедшие годы конструкции головок прошли долгий путь развития от первых головок с ферритовыми сердечниками до современных гигантских магниторезистивных моделей. Более подробно о различных конструкциях головок см. в главе 8.

Механизмы привода головок

Пожалуй, еще более важной деталью накопителя, чем сами головки, является механизм, который устанавливает их в нужное положение; он называется *приводом головок*. Именно с его помощью головки перемещаются от центра к краям диска и устанавливаются на заданный цилиндр. Существует много конструкций механизмов привода головок, но их можно разделить на два основных типа:

- с шаговым двигателем;
- с подвижной катушкой.

Тип привода во многом определяет быстродействие и надежность накопителя, достоверность считывания данных, его температурную стабильность, чувствительность к выбору рабочего положения и вибрациям. Скажем сразу, что накопители с приводами на основе шаговых двигателей гораздо менее надежны, чем устройства с приводами от подвижных катушек.

Привод — самая важная деталь накопителя. В табл. 9.5 показана зависимость характеристик накопителя на жестких дисках от конкретного типа привода.

Таблица 9.5. Зависимость характеристик накопителей от типа привода

Характеристика	Привод с шаговым двигателем	Привод с подвижной катушкой
Время доступа к данным	Большое	Малое
Стабильность температуры	Низкая (очень!)	Высокая
Чувствительность к выбору рабочего положения	Постоянная	Отсутствует
Автоматическая парковка головок	Выполняется не всегда	Выполняется
Профилактическое обслуживание	Периодическое переформатирование	Не требуется
Общая надежность (относительная)	Низкая	Высокая

Приводы с шаговым двигателем обычно использовались на жестких дисках емкостью до 100 Мбайт и менее, которые создавались в 1980-х и в начале 1990-х годов. Во всех накопителях, имеющих более высокую емкость, обычно используются приводы с подвижной катушкой.

В накопителях на гибких дисках для перемещения головок используется привод с шаговым двигателем. Его параметров (в том числе и точности) вполне достаточно для дисководов этого типа, поскольку плотность дорожек записи на гибких дисках значительно ниже (135 дорожек на дюйм), чем в накопителях на жестких дисках (более 5000 дорожек на дюйм). В большинстве выпускаемых сегодня накопителей устанавливаются приводы с подвижными катушками.

Привод с шаговым двигателем

Шаговый двигатель — это электродвигатель, ротор которого может поворачиваться только ступенчато, т.е. на строго определенный угол. Если покрутить его вал вручную, то можно услышать негромкие щелчки (или треск при быстром вращении), которые возникают всякий раз, когда ротор проходит очередное фиксированное положение.

Шаговые двигатели могут устанавливаться только в фиксированных положениях. Размеры этих двигателей невелики (порядка нескольких сантиметров), а форма может быть прямоугольной, цилиндрической и т.д. Шаговый двигатель устанавливается вне блока HDA, но его вал проходит внутрь через отверстие с герметизирующей прокладкой. Обычно двигатель располагается у одного из углов корпуса накопителя, и его можно легко узнать.

Одна из самых серьезных проблем механизма с шаговым двигателем — нестабильность температуры. При нагреве и охлаждении диски расширяются и сжимаются, в результате чего дорожки смещаются относительно своих прежних положений. Поскольку механизм привода головок не позволяет сдвинуть их на расстояние, меньшее одного шага (переход на одну дорожку), компенсировать погрешности температур невозможно. Головки перемещаются в соответствии с поданным на шаговый двигатель количеством импульсов.

Привод с шаговым двигателем показан на рис. 9.8.

Привод с подвижной катушкой

Такой привод используется практически во всех современных накопителях. В отличие от систем с шаговыми двигателями, в которых перемещение головок осуществляется вслепую, *привод с подвижной катушкой* использует сигнал обратной связи, чтобы точно определить положения головок относительно дорожек и скорректировать их в случае необходимости. Такая система обеспечивает более высокие быстродействие, точность и надежность, чем традиционный привод с шаговым двигателем.

Привод с подвижной катушкой работает по принципу электромагнетизма. По конструкции он напоминает обычный динамик. Как известно, в громкоговорителе подвижная катушка, соединенная с диффузором, может перемещаться в зазоре постоянного магнита. При протекании через катушку электрического тока она смещается вместе с диффузором относительно постоянного магнита. Если ток в катушке периодически изменяется (в соответствии со зву-

ковым электрическим сигналом), возникающие при этом колебания диффузора порождают воспринимаемый человеком звук. В типичной конструкции привода подвижная катушка жестко соединяется с блоком головок и размещается в поле постоянного магнита. Катушка и магнит никак не связаны между собой; перемещение катушки осуществляется только под воздействием электромагнитных сил. При появлении в катушке электрического тока она так же, как и в громкоговорителе, смещается относительно жестко закрепленного постоянного магнита, передвигая при этом блок головки. Подобный механизм обладает высоким быстродействием и производит меньше шума, чем привод с шаговым двигателем.

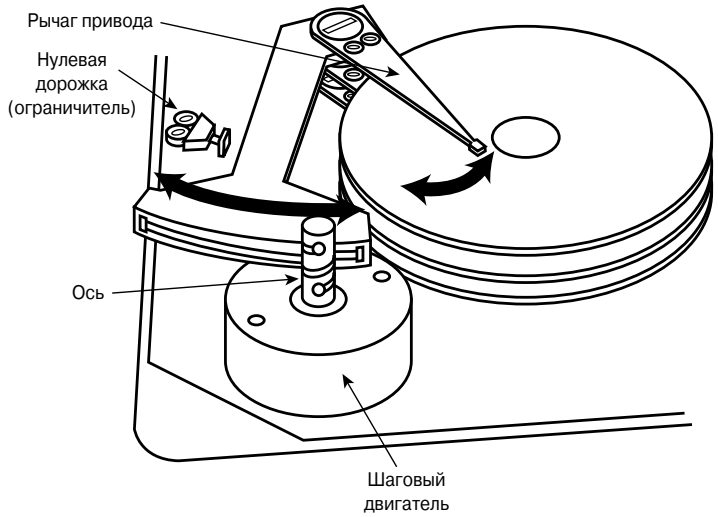


Рис. 9.8. Привод с шаговым двигателем

В отличие от привода с шаговым двигателем в устройствах с подвижной катушкой нет заранее зафиксированных положений. Вместо этого в них используется специальная система наведения (позиционирования), которая точно подводит головки к нужному цилиндру (поэтому привод с подвижной катушкой может плавно перемещать головки в любые положения). Эта система называется *сервоприводом* и отличается от ранее рассмотренной тем, что для точного наведения (позиционирования) головок используется сигнал обратной связи, несущий информацию о реальном взаимном расположении дорожек и головок. Эту систему часто называют *системой с обратной связью* (или *с автоматической регулировкой*).

Колебания температур не сказываются на точности работы привода с подвижной катушкой и обратной связью. При сжатии и расширении дисков все изменения их размеров отслеживаются сервоприводом, и положения головок (не будучи предопределенными) корректируются должным образом. Для поиска конкретной дорожки используется заранее записанная на диске вспомогательная информация (*сервокод*), и в процессе работы всегда определяется реальное положение цилиндра на диске с учетом всех отклонений температур. Поскольку сервокод считывается непрерывно, головки отслеживают дорожку, например, в процессе нагрева накопителя и расширения дисков, и проблем со считыванием данных не возникает. Поэтому привод с подвижной катушкой и обратной связью часто называют *системой слежения за дорожками*.

Механизмы привода головок с подвижной катушкой бывают двух типов:

- линейный;
- поворотный.

Эти типы отличаются только физическим расположением магнитов и катушек.

Линейный привод (рис. 9.9) перемещает головки по прямой, строго вдоль линии радиуса диска. Катушки располагаются в зазорах постоянных магнитов. Главное достоинство линейного привода состоит в том, что при его использовании не возникают азимутальные погрешности, характерные для поворотного привода. (Под *азимутом* понимается угол между плоскостью рабочего зазора головки и тангенсом к направлению дорожки записи.) При перемещении с одного цилиндра на другой головки не поворачиваются, и их азимут не изменяется.

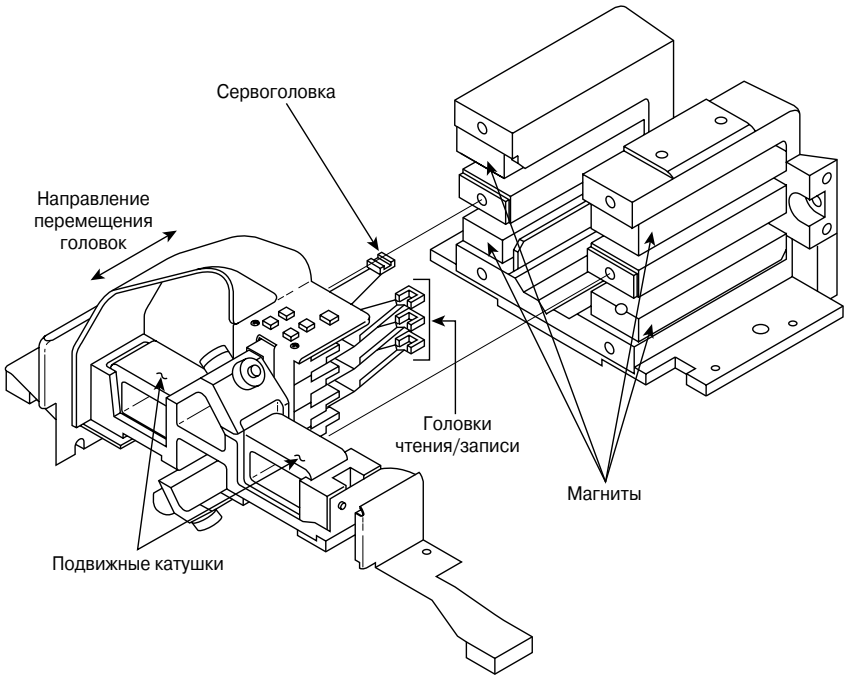


Рис. 9.9. Линейный привод с подвижной катушкой

Однако линейный привод имеет существенный недостаток: его конструкция слишком массивна. Чтобы повысить производительность накопителя, нужно снизить массу привода и самих головок. Чем легче механизм, тем с бо́льшими ускорениями он может перемещаться с одного цилиндра на другой. Линейные приводы намного тяжелее поворотных, поэтому в современных накопителях они не используются.

Поворотный привод работает по тому же принципу, что и линейный, но в нем к подвижной катушке крепятся концы рычагов головок. При движении катушки относительно постоянного магнита рычаги перемещения головок поворачиваются, передвигая головки к оси или к краям дисков. Благодаря небольшой массе такая конструкция может двигаться с большими ускорениями, что позволяет существенно сократить время доступа к данным. Быстрому перемещению головок способствует и то, что плечи рычагов делаются разными: плечо, на котором смонтированы головки, имеет бо́льшую длину.

К недостаткам этого привода следует отнести то, что головки при перемещении от внешних цилиндров к внутренним поворачиваются, при этом угол между плоскостью магнитного зазора головки и направлением дорожки изменяется. Именно поэтому ширина рабочей зоны диска (зоны, в которой располагаются дорожки) оказывается зачастую ограниченной (для того чтобы неизбежно возникающие азимутальные погрешности оставались в допустимых пределах). В настоящее время поворотный привод используется почти во всех накопителях с подвижной катушкой.

Сервопривод

Для управления приводами с подвижной катушкой в разное время использовались три способа построения петли обратной связи:

- со вспомогательным “клином”;
- со встроенными кодами;
- с выделенным диском.

Они различаются технической реализацией, но, по сути, предназначены для одной и той же цели: обеспечивать постоянную корректировку положения головок и их наведение (позиционирование) на соответствующий цилиндр. Основные различия между ними сводятся к тому, на каких участках поверхностей дисков записываются сервокоды.

При всех способах построения петли обратной связи для ее работы необходима специальная информация (сервокоды), которая записывается на диск при его изготовлении. Обычно она записывается в так называемом *коде Грея*. В этой системе кодирования при переходе от одного числа к следующему или предыдущему изменяется всего один двоичный разряд. При таком подходе информация считывается и обрабатывается намного быстрее, чем при обычном двоичном кодировании, и определение местоположения головки происходит практически без задержки. Сервокоды записываются на диск при сборке накопителя и не изменяются в течение всего срока его эксплуатации.

Запись сервокодов выполняется на специальном устройстве, в котором головки последовательно перемещаются на строго определенные позиции, и в этих положениях на диски записываются упомянутые выше коды. Для точной установки головок в таких устройствах используется лазерный прицел, а расстояния определяются методом интерференции, т.е. с точностью до долей волны лазерного излучения. Поскольку перемещение головок в таком устройстве осуществляется механически (без участия собственного привода накопителя), все работы проводятся в чистом помещении либо с открытой крышкой блока HDA, либо через специальные отверстия, которые по окончании записи сервокодов заклеиваются герметизирующей лентой. Вы можете найти эти заклеенные отверстия на блоке HDA, причем на ленте обязательно будет написано, что, оторвав ее, вы потеряете право на гарантийное обслуживание.

Устройства для записи сервокодов стоят около 50 тыс. долларов и часто предназначаются для какой-либо определенной модели накопителя. Некоторые компании, занимающиеся ремонтом накопителей, располагают такими устройствами, т.е. могут выполнить перезапись сервокодов при повреждении накопителя. Если же в ремонтной компании нет устройства для записи сервокодов, то неисправный накопитель отсылают изготовителю.

К счастью, при обычных операциях считывания и записи удалить сервокоды невозможно. Этого нельзя сделать даже при форматировании низкого уровня. Иногда можно услышать страшные истории о том, как в накопителях IDE сервокоды стирались при неправильном форматировании низкого уровня. Конечно, плохо отформатировав диск, вы можете на порядок ухудшить его параметры, но сервокоды надежно защищены, и удалить их невозможно.

Поскольку привод с подвижной катушкой отслеживает реальное положение дорожек, ошибки позиционирования, возникающие со временем в накопителях с шаговым двигателем, в данных устройствах отсутствуют. На их работе не сказывается также расширение и сжатие дисков, происходящее вследствие колебаний температур. Во многих современных накопителях с приводом от подвижной катушки в процессе работы через определенные промежутки времени выполняется температурная калибровка. Эта процедура заключается в том, что все головки поочередно переводятся с нулевого на какой-либо другой цилиндр. При этом с помощью встроенной схемы проверяется, насколько сместилась заданная дорожка относительно своего положения в предыдущем сеансе калибровки, и вычисляются необходимые поправки, которые заносятся в оперативное запоминающее устройство в самом накопителе. Впоследствии эта информация используется при каждом перемещении головок, позволяя устанавливать их с максимальной точностью.

В большинстве накопителей температурная калибровка выполняется через каждые 5 минут в течение первого получаса после включения питания, а затем через каждые 25 минут. Некоторые пользователи полагают, что произошла ошибка при считывании данных, но на самом деле просто подошло время очередной калибровки. Заметим, что эта процедура выполняется в большинстве современных интеллектуальных накопителей (IDE и SCSI), что в конечном итоге позволяет подводить головки к дорожкам с максимально возможной точностью.

Однако по мере распространения мультимедийных программ подобные перерывы в работе накопителей становятся помехой. Дело в том, что при выполнении калибровки прекращаются все процессы обмена данными с накопителем и, например, воспроизведение звуковых или видеофрагментов приостанавливается. Поэтому производители таких накопителей начали выпуск их специальных A/V-модификаций (Audio Visual), в которых начало очередной температурной калибровки задерживается до тех пор, пока не закончится текущий сеанс обмена данными. Большинство новых моделей устройств ATA относится к этому типу, т.е. воспроизведение звуковых и видеофрагментов не прерывается процедурами калибровки. Накопители ATA, поддерживающие функцию A/V, также используются в компьютерных телевизионных приставках, применяемых для цифровой записи. К приставкам такого рода относятся хорошо известные устройства TiVo и ReplayTV.

Следует отметить, что большинство устройств, которые осуществляют автоматическую температурную калибровку, выполняют также и *развертку диска*. Дело в том, что, хотя головки не касаются носителя, они располагаются настолько близко к нему, что начинает сказываться воздушное трение. Несмотря на сравнительно малую величину, оно все же может привести к преждевременному износу поверхности диска в том случае, если головка будет постоянно (или почти постоянно) находиться над одной и той же дорожкой. Чтобы этого не произошло, выполняется следующая процедура. Если головка слишком долго остается неподвижной (т.е. операции считывания и записи не выполняются), то она автоматически перемещается на случайно выбранную дорожку, расположенную ближе к краям диска, т.е. в ту область, где линейная скорость диска максимальна, а следовательно, воздушный просвет между его поверхностью и головкой имеет наибольшую величину. Если после перевода головки диск снова окажется "в простое" в течение такого же времени, то головка переместится на другую дорожку, и т.д.

Функция развертки, обеспечивающая равномерное распределение рабочего давления по поверхности диска, позволяет предотвратить расположение головки над одним цилиндром в течение длительного времени. Трение, возникающее между головкой и поверхностью жесткого диска, со временем может привести к повреждению носителя. Головки не имеют непосредственного контакта с носителем, однако находятся настолько близко, что постоянное воздушное давление, создаваемое головкой, плавающей над цилиндром, может стать причиной избыточного износа. На рис. 9.10 показаны вспомогательный клин и встроенные сервокоды.

Вспомогательный клин

Такая система записи сервокодов использовалась в первых накопителях с подвижной катушкой. Вся информация, необходимая для позиционирования головок, записывалась в кодах Грея в узком секторе ("клине") каждого цилиндра непосредственно перед индексной меткой. Индексная метка обозначает начало каждой дорожки, т.е. вспомогательная информация записывается в предындексном интервале, расположенном в конце каждой дорожки. Этот участок необходим для компенсации неравномерности вращения диска и тактовой частоты записи, и контроллер диска обычно к нему не обращается.

Некоторым контроллерам необходимо сообщать о том, что к ним подключен накопитель со вспомогательным клином. В результате они корректируют (сокращают) длину секторов, чтобы поместить область вспомогательного клина.

Самый существенный недостаток подобной системы записи состоит в том, что считывание происходит только один раз при каждом обороте диска. Это означает, что во многих случаях для точного определения и коррекции положения головок диск должен совершить *несколько*

оборотов. Недостаток этот был очевиден с самого начала, поэтому подобные системы никогда не были широко распространены, а сейчас и вовсе не используются.

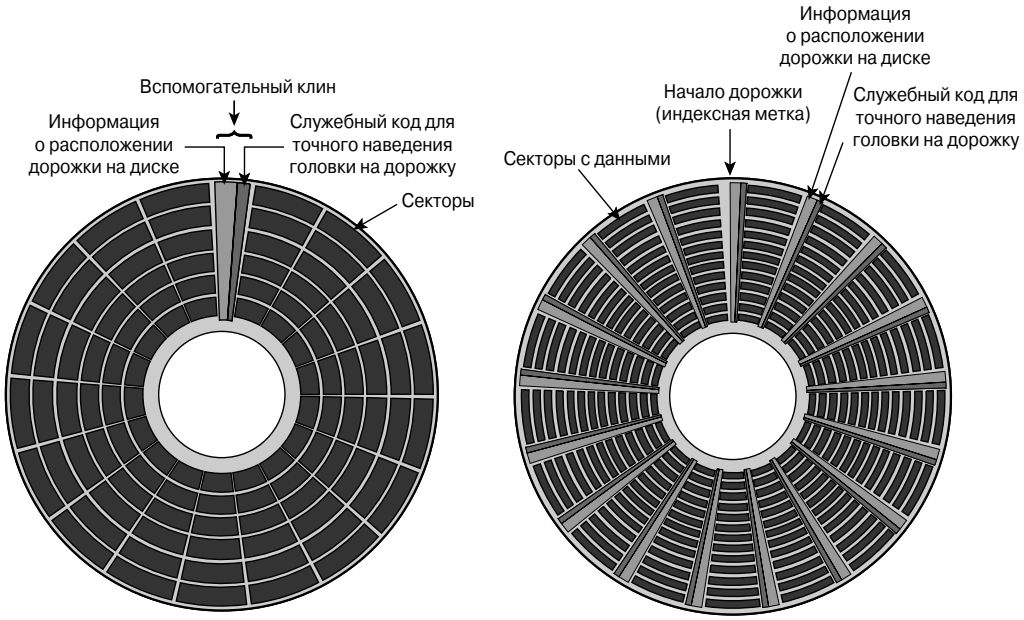


Рис. 9.10. Вспомогательный клин и встроенные сервокоды

Встроенные сервокоды

Такой метод реализации обратной связи представляет собой улучшенный вариант системы со вспомогательным клином. В данном случае сервокоды записываются не только в начале каждого цилиндра, но и перед началом каждого сектора. Это означает, что сигналы обратной связи поступают на схему привода головок несколько раз в течение каждого оборота диска и головки устанавливаются в нужное положение намного быстрее. Еще одно преимущество (по сравнению с системой со специализированным диском) заключается в том, что сервокоды записываются на всех дорожках, поэтому может быть скорректировано положение каждой головки (это касается тех случаев, когда отдельные диски в накопителе нагреваются или охлаждаются по-разному либо подвергаются индивидуальным деформациям).

Описанный способ используется в большинстве современных накопителей. Как и в системах со вспомогательным клином, встроенные сервокоды защищены от стирания, и любые операции записи блокируются, если головки оказываются над участками со служебной информацией. Поэтому даже при форматировании низкого уровня удалить сервокоды невозможно.

Система со встроенными сервокодами работает лучше, чем со вспомогательным клином, потому что служебная информация (сервокоды) считывается несколько раз за каждый оборот диска. Но вполне очевидно, что еще более эффективной должна быть система, при которой цепь обратной связи работает *непрерывно*, т.е. сервокоды считываются постоянно.

Системы с выделенным диском

При реализации данного способа сервокоды записываются вдоль всей дорожки, а не только один раз в ее начале или в начале каждого сектора. Естественно, если так поступить со всеми дорожками накопителя, то в нем не останется места для данных. Поэтому одна сторона одного из дисков выделяется исключительно для записи сервокодов. Термин *выделенный диск* означает, что одна сторона диска предусмотрена только для записи служебной информации

(сервокодов) и данные здесь не хранятся. Такой подход на первый взгляд может показаться довольно расточительным, но необходимо учесть, что ни на одной из сторон остальных дисков сервокоды уже не записываются. Поэтому общие потери дискового пространства оказываются примерно такими же, как и при использовании системы встроенных кодов.

При сборке накопителей с выделенным диском одна из сторон определенного диска изымается из нормального использования для операций чтения/записи; вместо этого на ней записывается последовательность сервокодов, которые в дальнейшем используются для точного позиционирования головок. Причем обслуживающая эту сторону диска сервоголовка не может быть переведена в режим записи, т.е. сервокоды, как и во всех рассмотренных выше системах, невозможно стереть ни при обычной записи данных, ни при форматировании низкого уровня. На рис. 9.11 показана схема накопителя с выделенным для сервокодов диском. Чаще всего верхняя или одна из центральных головок предназначена для считывания сервокодов.

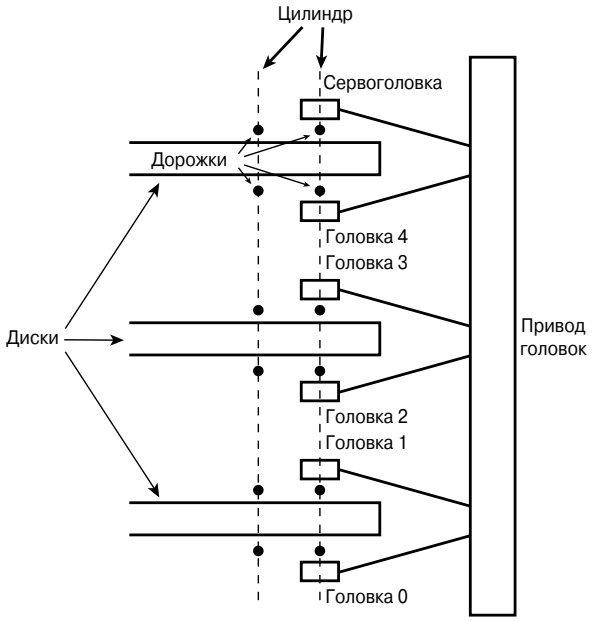


Рис. 9.11. Система с выделенным диском

Когда в накопитель поступает команда о переводе головок на конкретный цилиндр, внутреннее электронное устройство использует полученные сервоголовкой сигналы для точного определения положения всех остальных головок. В процессе движения головок номера дорожек непрерывно считываются с поверхности специализированного диска. Когда под сервоголовкой оказывается искомая дорожка, привод останавливается. После этого выполняется точная настройка положения головок и лишь затем выдается сигнал разрешения записи. И хотя только одна головка (сервоголовка) используется для считывания сервокодов, все остальные смонтированы на общем жестком каркасе, поэтому если одна головка находится над нужным цилиндром, то и все остальные будут находиться над ним.

Отличительный признак накопителя с выделенным диском — нечетное количество головок. Например, в накопителе MK-538FB компании Toshiba емкостью 1,2 Гбайт установлено 8 дисков, в то время как головок чтения/записи — всего 15. Шестнадцатая — это сервоголовка, работающая только со специализированным диском. Практически во всех накопителях большой емкости используется описанный способ записи сервокодов, благодаря чему его считывание происходит постоянно, независимо от положения головок. Это позволяет до-

биться максимальной точности позиционирования головок. Существуют также накопители, в которых сочетаются оба метода корректировки положения головок: со встроенными кодами и с выделенным диском. Однако такие "гибриды" встречаются крайне редко.

Как уже отмечалось, современные накопители ATA характеризуются количеством головок и дорожек, каждая из которых разделена на определенное число секторов. Все эти параметры являются преобразованными, т.е. полученными на основе реально существующих физических величин. Опубликованные параметры далеко не всегда позволяют получить представление о точном количестве головок или жестких дисков, существующих в данном накопителе.

Автоматическая парковка головок

При выключении питания с помощью контактной парковочной системы (CSS) рычаги с головками опускаются на поверхности дисков. Накопители способны выдержать тысячи "взлетов" и "посадок" головок, но желательно, чтобы они происходили на специально предназначенных для этого участках поверхности дисков, на которых не записываются данные.

При этих "взлетах" и "посадках" происходит износ (абразия) рабочего слоя, так как из-под головок вылетают "клубы пыли", состоящие из частиц магнитного слоя носителя; если же во время "взлета" или "посадки" произойдет сотрясение накопителя, то вероятность повреждения головок и дисков существенно возрастет. В более современных накопителях, использующих механизм загрузки/разгрузки, непосредственно над внешней поверхностью жестких дисков установлена наклонная пластина, что позволяет избежать контакта между головками и жесткими дисками даже при отключении накопителя. После прекращения подачи напряжения накопитель с механизмом загрузки/разгрузки автоматически "паркует" головки на наклонной пластине.

Одним из преимуществ привода с подвижной катушкой является *автоматическая парковка головок*. Когда питание включено, головки позиционируются и удерживаются в рабочем положении за счет взаимодействия магнитных полей подвижной катушки и постоянного магнита. При выключении питания поле, удерживающее головки над конкретным цилиндром, исчезает, и они начинают бесконтрольно скользить по поверхностям еще не остановившихся дисков, что может стать причиной повреждений. Для того чтобы предотвратить возможные повреждения накопителя, поворотный блок головок подсоединяется к возвратной пружине. Когда компьютер включен, магнитное взаимодействие обычно превосходит упругость пружины. Но при отключении питания головки под воздействием пружины перемещаются в зону "парковки" до того, как диски остановятся. По мере уменьшения частоты вращения дисков головки с характерным потрескиванием "приземляются" именно в этой зоне.

Таким образом, чтобы в накопителях с приводом от подвижной катушки привести в действие механизм "парковки" головок, достаточно выключить компьютер; никакие специальные программы для этого не нужны. В случае внезапного отключения питания головки "паркуются" автоматически.

Воздушные фильтры

Почти во всех накопителях на жестких дисках используются два воздушных фильтра: *рециркуляции* и *барометрический*. В отличие от сменных фильтров, которые устанавливались в старых накопителях больших машин, они располагаются в корпусе и не подлежат замене в течение всего срока службы накопителя.

В старых накопителях происходила постоянная перекачка воздуха извне внутрь устройства и, наоборот, сквозь фильтр, который нужно было периодически менять. В современных устройствах от этой идеи отказались. Фильтр рециркуляции в блоке HDA предназначен только для очистки внутренней "атмосферы" от небольших частиц рабочего слоя носителя (а также от любых других мелких частиц, попадающих внутрь HDA), которые, несмотря на все предпринимаемые меры, все же осыпаются с дисков при "взлетах" и "посадках" головок. По-

скольку накопители ПК герметизированы и в них не происходит перекачки воздуха снаружи, они могут работать даже в условиях сильного загрязнения окружающего воздуха (рис. 9.12).

Выше отмечалось, что блок HDA герметичен, однако это не совсем так. Внешний воздух проникает внутрь HDA сквозь *барометрический фильтр*, так как это необходимо для выравнивания давления внутри и снаружи блока. Именно потому, что жесткие диски не являются полностью герметичными устройствами, изготовители указывают для них диапазон высот над уровнем моря, в котором они сохраняют работоспособность (обычно от –300 до +3000 м). Для некоторых моделей максимальная высота подъема ограничена 2000 м, поскольку в более разреженном воздухе просвет между головками и поверхностями носителей оказывается недостаточным. По мере изменения атмосферного давления воздух выходит из накопителя или, наоборот, проникает в него сквозь вентиляционное отверстие, чтобы выровнять давление снаружи и внутри устройства. Тем не менее это не приводит к загрязнению "атмосферы" внутри накопителя. Дело в том, что барометрический фильтр, установленный на этом отверстии, способен задерживать частицы размером более 0,3 мкм, что соответствует стандартам чистоты атмосферы внутри блока HDA. В некоторых устройствах используются более плотные (тонкие) фильтры, позволяющие задерживать еще более мелкие частицы. Вы легко обнаружите вентиляционные отверстия на большинстве блоков HDA, в то время как сами барометрические фильтры находятся внутри блока.

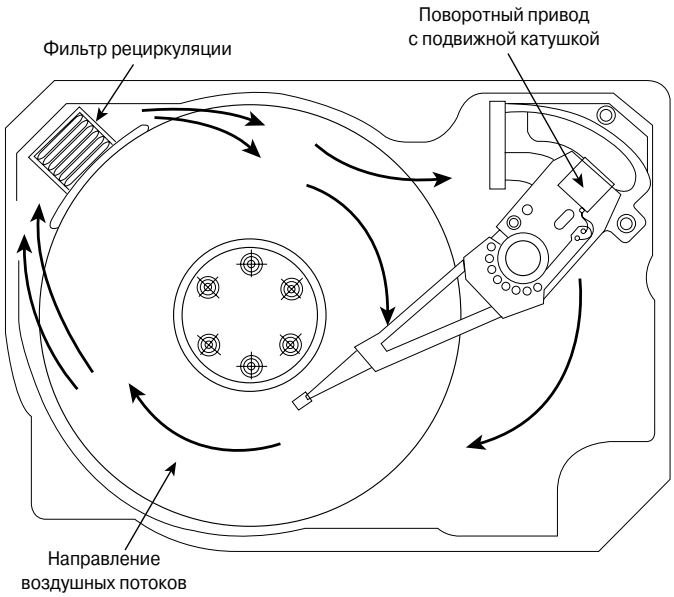


Рис. 9.12. Циркуляция воздуха в накопителе на жестком диске

Несколько лет назад я проводил семинар на Гавайях, на котором присутствовали сотрудники астрономической обсерватории, расположенной на горе Мауна-Кеа. Они жаловались, что во всех их компьютерах жесткие диски очень быстро выходят из строя, а некоторые отказываются работать с самого начала. В этом нет ничего удивительного, поскольку обсерватория находится на вершине горы, высота которой — 4200 м, а в таких условиях даже люди ощущают дискомфорт. Поэтому всем сотрудникам обсерватории было предписано пользоваться для хранения данных только дискетами или накопителями на магнитной ленте. Через некоторое время компания Adstar (дочернее предприятие IBM, занимающееся производством жестких дисков) разработала серию полностью герметичных накопителей (но, конечно, с воздухом внутри) формата 3,5 дюйма. Поскольку воздух в этих устройствах находится под дав-

лением, подобные накопители могут работать на любой высоте над уровнем моря (например, в самолете) и даже в экстремальных условиях — выдерживать сотрясения, колебания температур и т.д. Такие накопители предназначены для военных и промышленных целей и, естественно, стоят несколько дороже обычных.

"Акклиматизация" жестких дисков

Барометрический фильтр не препятствует проникновению влаги внутрь блока HDA, поэтому по прошествии некоторого времени влажность воздуха внутри блока будет такой же, как и снаружи. Если влага начнет конденсироваться внутри блока HDA и в это время будет включено питание компьютера, то возникнут серьезные проблемы. В инструкциях по эксплуатации большинства жестких дисков приводятся таблицы или графики их "акклиматизации" при изменении условий окружающей среды (температуры и влажности). Особенно важно соблюдать эти условия при внесении накопителя с холода в теплое помещение, поскольку в такой ситуации конденсация влаги практически неизбежна. Данное обстоятельство, в первую очередь, должны учитывать владельцы портативных систем с жесткими дисками. Если, например, зимой оставить компьютер в багажнике автомобиля, а потом внести его в салон и включить без предварительного прогрева, то последствия для накопителя могут оказаться весьма плачевными.

Приведенные ниже цитата и табл. 9.6 взяты из инструкции к накопителям компании Control Data Corporation (позже переименованной в Imprimis, а затем — в Seagate).

"Если вы принесли устройство из холодного помещения или с улицы, где температура не превышала 10°C, не вскрывайте упаковку до тех пор, пока не будут удовлетворены приведенные ниже требования; в противном случае из-за конденсации влаги может быть повреждена механическая часть устройства и/или рабочий слой дисков. Накопитель необходимо выдержать в заводской упаковке в предполагаемых условиях эксплуатации в течение времени, определяемого по приведенной здесь таблице.

Таблица 9.6. Период "акклиматизации" накопителя

Исходная температура, °C	Время акклиматизации, ч
+4	13
–1	15
–7	16
–12	17
–18	18
–23	20
–29	22
–34 и ниже	27

Как видно из таблицы, чем холоднее накопитель, тем дольше он должен прогреваться перед включением (время прогрева может достигать суток и более)".

Шпиндельный двигатель

Двигатель, приводящий во вращение диски, часто называют *шпиндельным*. Он всегда связан с осью вращения дисков, никакие приводные ремни или шестерни для этого не используются. Двигатель должен быть бесшумным: любые вибрации передаются дискам и могут привести к ошибкам при считывании и записи.

Частота вращения двигателя должна быть строго определенной. Обычно она колеблется от 3600 до 15000 об/мин и больше, а для ее стабилизации используется схема управления с обратной связью (автоподстройкой), позволяющая добиться необходимой точности. Таким образом, контроль за частотой вращения двигателя осуществляется автоматически, и никакие устройства, позволяющие сделать это вручную, в накопителях не предусмотрены. В описаниях некоторых диагностических программ говорится, что с их помощью можно измерить частоту

вращения дисков. На самом деле единственное, на что они способны, — это оценить ее возможное значение по временны*м* интервалам между моментами появления заголовков секторов под головками.

Измерить частоту вращения с помощью программы в принципе невозможно, для этого нужны специальные приборы (тестеры). Не волнуйтесь, если какая-нибудь диагностическая программа сообщит, что частота вращения дисков установлена неправильно; скорее всего, плохо работает сама программа, а не накопитель. Информация о частоте вращения дисков просто не передается (и не должна передаваться) через интерфейс контроллера жесткого диска. Раньше ее можно было оценить, считывая подряд достаточно большое количество секторов и измеряя временны*е* интервалы, через которые появляется соответствующая информация. Но это имело смысл только тогда, когда все диски разбивались на одинаковое число секторов, а номинальная частота их вращения составляла 3600 об/мин. Использование зонной записи, появление накопителей с различными номинальными частотами вращения, не говоря уже о встроенных буферах и кэш-памяти, приводит к тому, что программно вычислить истинную частоту вращения дисков невозможно.

В большинстве накопителей шпиндельный двигатель располагается в нижней части, под блоком HDA. Однако во многих современных устройствах он встраивается внутрь блока HDA и представляет собой центральную часть блока дисков-носителей. Такая конструкция позволяет, не изменяя размера накопителя по вертикали, увеличить количество дисков в блоке (в "стопке").

Примечание

Шпиндельный двигатель, особенно в накопителях большого формата, потребляет от 12-вольтного источника питания довольно значительную мощность. Она возрастает еще в 2-3 раза по сравнению со стационарным значением при "разгоне" (раскручивании) дисков. Длится такая перегрузка несколько секунд после включения компьютера. Если в компьютере установлено несколько накопителей, то, чтобы не подвергать чрезмерной нагрузке блок питания, можно попытаться включать их поочередно. Задержанный запуск шпиндельного двигателя предусмотрен в большинстве накопителей SCSI и ATA.

Традиционные конструкции шпиндельных электродвигателей предусматривают использование шариковых подшипников, но существующие ограничения вынудили производителей искать альтернативные варианты. Основным недостатком шариковых подшипников является радиальное биение, возникающее в результате поперечного смещения шариков на величину зазора и составляющее примерно 0,1 микродюйма. Величина радиального биения на первый взгляд кажется весьма незначительной, но при увеличении плотности записи в современных накопителях это становится серьезной проблемой. Существующее биение является причиной возникновения хаотических поперечных движений жесткого диска, которые приводят к неустойчивым колебаниям дорожек по отношению к головкам чтения/записи. Кроме того, имеющиеся зазоры и соударения металлических шариков стали причиной повышения уровня генерируемого механического шума и вибраций, которые ухудшают рабочие характеристики накопителей, имеющих высокую скорость вращения.

Решением этой проблемы стал совершенно новый тип подшипника, получившего название *гидродинамического*, в котором главную роль играет высокопластичная смазка, находящаяся между шпинделем и втулкой двигателя. Используя высокопластичную гидродинамическую смазку, можно уменьшить радиальное биение подшипника до 0,01 микродюйма, что приводит к заметному снижению уровня вибрации и поперечного смещения жестких дисков. Благодаря гидродинамическим подшипникам повышается ударная прочность жесткого диска, улучшается регулирование скорости и снижается уровень генерируемого шума. На рынке уже появился целый ряд накопителей, использующих гидродинамические подшипники. В частности, к их числу относятся накопители, имеющие очень высокую скорость вращения, высокую плотность записи данных или повышенные требования к уровню шума. За последние несколько лет гидродинамические подшипники уже стали привычными компонентами большинства жестких дисков.

Платы управления

В каждом накопителе на жестких дисках есть хотя бы одна плата. На ней монтируются электронные схемы для управления шпиндельным двигателем и приводом головок, а также для обмена данными с контроллером (представленными в заранее оговоренной форме). В накопителях ATA контроллер устанавливается непосредственно в накопителе, а для накопителей SCSI необходима дополнительная плата расширения.

Довольно часто неисправности возникают не в механических узлах накопителей, а в платах управления. На первый взгляд это утверждение может показаться странным, поскольку общеизвестно, что электронные узлы надежнее механических, тем не менее факт остается фактом. Поэтому многие неисправные накопители можно отремонтировать, заменив лишь плату управления, а не все устройство. К сожалению, ни один производитель накопителей не реализует платы управления отдельно. Поэтому единственная возможность получить плату управления — приобрести идентичный функционирующий накопитель и заменить поврежденные элементы деталями, снятыми с него. Разумеется, приобретать совершенно новый жесткий диск для ремонта имеет смысл только в том случае, если поврежденный накопитель содержит какие-либо нужные для вас данные. Подобный метод получил широкое распространение в компаниях, которые занимаются восстановлением данных. Они имеют в наличии множество самых распространенных накопителей, детали которых используются для замены неисправных компонентов и восстановления данных, содержащихся на жестких дисках пользовательских систем.

Для замены платы чаще всего достаточно самой обычной отвертки. Необходимо всего лишь выкрутить несколько винтов и отсоединить соответствующий кабель, после чего установить новую плату и повторить описанные действия в обратной последовательности. На этом процесс замены неисправной платы будет завершен.

Кабели и разъемы накопителей

В большинстве накопителей на жестких дисках предусмотрено несколько интерфейсных разъемов для подключения к системе, подачи питания, а иногда и для заземления корпуса. Как правило, накопители имеют по меньшей мере три типа разъемов:

- интерфейсный разъем (или разъемы);
- разъем питания;
- разъем (или зажим) для заземления (необязательно).

Наиболее важными являются *интерфейсные разъемы*, потому что через них передаются данные и команды в накопитель и обратно. Многие стандарты интерфейсов предусматривают подключение нескольких накопителей к одному кабелю (шине). К примеру, стандарт ATA предполагает подключение к одному шлейфу двух устройств. Устаревшие интерфейсы (такие, как ST-506/412 и ESDI) предполагали использование отдельных кабелей для управляющих сигналов и данных, в то же время современные устройства стандартов PATA, SATA и SCSI используют только один кабель подключения.

Разъемы питания накопителей на жестких дисках обычно такие же, как и у дисководов для гибких дисков. В большинстве накопителей используются два напряжения питания (5 и 12 В), но малогабаритным моделям, разработанным для портативных компьютеров, достаточно напряжения 5 В. Как правило, от источника в 12 В питаются схема управления шпиндельным двигателем и привод головок, а напряжение 5 В поступает на прочие схемы. Многие накопители на жестких дисках потребляют несколько большую мощность, чем приводы гибких дисков. Проверьте, достаточно ли мощности блока питания компьютера для нормальной работы всех установленных в системе накопителей.

Потребление тока от источника в 12 В зависит от размеров устройства: чем больше отдельных дисков входит в “пакет” и чем больше диаметр каждого из них, тем больше мощности требуется для того, чтобы привести их в движение. Для получения большей частоты враще-

ния дисков также необходимо увеличивать мощность. Например, потребляемая мощность для накопителей формата 3,5 дюйма в среднем примерно в 2–4 раза ниже, чем для полноразмерных устройств формата 5,25 дюйма. Некоторые накопители очень малых форматов (2,5 и 1,8 дюйма) потребляют мощность, не превышающую всего 1 Вт.

Зажим для заземления необходим для того, чтобы обеспечить надежный контакт между общим проводом накопителя и корпусом системы. В компьютерах, где накопители крепятся непосредственно к корпусу с помощью металлических винтов, специальный провод заземления не нужен. В некоторых компьютерах накопители монтируются на пластмассовых или стеклотекстолитовых направляющих, которые электрически изолируют корпус накопителя от корпуса системы. В этом случае их обязательно нужно соединить дополнительным проводом, подключаемым к упомянутому зажиму. При плохом заземлении накопителя возникают сбои в его работе, ошибки при считывании и записи и т.п.

Элементы конфигурации

При установке накопителя в компьютер обычно необходимо переставить или отключить некоторые перемычки и, возможно, нагрузочные резисторы. Эти элементы конфигурации изменяются от интерфейса к интерфейсу и от накопителя к накопителю. Более подробно эта тема рассматривается в главе 12, посвященной установке и конфигурированию дисковых устройств.

Характеристики накопителей на жестких дисках

Если вы решили купить новый накопитель или просто хотите разобраться, каковы различия между устройствами разных семейств, сравните их параметры. Ниже приведены критерии, по которым обычно оценивается качество жестких дисков:

- емкость;
- быстродействие;
- надежность;
- стоимость.

Емкость

Как уже отмечалось, один из наиболее известных законов Паркинсона, правда, в несколько измененном виде, может быть применен и к жестким дискам: “Объем данных увеличивается в соответствии с объемом пространства, отведенного для их хранения”. Это означает, что независимо от емкости жесткого диска вы *обязательно* найдете способ заполнить его до отказа.

После того как пользователь заполняет все свободное пространство текущего жесткого диска, он начинает задумываться о том, какого объема памяти будет достаточно. Вероятность того, что имеющегося пространства окажется слишком много, весьма незначительна, поэтому постарайтесь приобрести самый большой жесткий диск, стоимость которого сможет выдержать ваш бюджет. Современные системы используются для хранения крупных файлов различных форматов, к числу которых относятся цифровые фотографии, музыкальные записи и видеофрагменты, новейшие операционные системы, приложения и компьютерные игры. Несмотря на то что современные жесткие диски позволяют хранить сотни гигабайтов, многим мало и этого объема.

Выход за пределы емкости жесткого диска вызывает массу проблем, особенно в операционных системах и пакетах, предназначенных для обработки мультимедиа, которые требуют хранения огромного множества временных файлов и потребляют большой объем виртуальной памяти. Выход Windows за пределы емкости жесткого диска практически всегда приводит к неустойчивой работе системы, сбоям и потере данных.

Ограничения емкости

Максимальная величина емкости используемого жесткого диска зависит от множества факторов, в том числе от интерфейса, драйверов, а также операционной и файловой систем.

Первый накопитель ATA, созданный в 1986 году, имел ограничение максимальной емкости в 137 Гбайт (65536 × 16 × 255 секторов). Различные версии BIOS еще больше ограничивали максимальную емкость жестких дисков, которая в системах, скомпонованных до 1998 года, достигала 8,4 Гбайт, а в системах, созданных до 1994 года, — 528 Мбайт. Ограничение емкости накопителей ATA в 137 Гбайт осталось даже после того, как был найден способ, позволивший решить проблемы, связанные с BIOS. Это ограничение удалось успешно преодолеть с помощью спецификации ATA-6, опубликованной в 2001 году. Стандарт ATA-6 расширил схему адресации, используемую накопителем ATA, что позволило увеличить емкость накопителей до 144 Пбайт (петабайт, или квадрильон байтов), которые составляют в общей сложности 2^{48} сектора. Подобное решение позволяет создавать накопители PATA и SATA, емкость которых превышает указанное ограничение в 137 Гбайт.

Ограничения BIOS

Системы, изначально имеющие жесткий диск объемом до 8 Гбайт, далеко не всегда позволяют работать с накопителями большей емкости без соответствующего обновления системной BIOS. Это связано с тем, что BIOS ранних версий (т.е. до 1998 года) не могут обслуживать накопители, емкость которых выше ограничения в 8,4 Гбайт. Не забывайте также о существующем ограничении в 137 Гбайт, которое относится к жестким дискам, выпущенным до 2002 года. Жесткие диски ATA обычно поставляются в комплекте с инсталляционным диском, содержащим программное обеспечение для замены BIOS, например Disk Manager от компании Ontrack или EZ-Drive от Phoenix Technologies (компания StorageSoft, разработавшая программу EZ-Drive, была приобретена компанией Phoenix в январе 2002 года). Тем не менее я не рекомендую практиковать программное обновление BIOS. Это связано с тем, что использование подобных программных продуктов OEM (Drive Guide, MAXBlast, Data Lifeguard и пр.) может привести к различным проблемам при загрузке с дискеты/компакт-диска или при исправлении нестандартной главной загрузочной записи.

Внутренние жесткие диски ATA емкостью бо́льше 137 Гбайт требуют поддержки 48-разрядной адресации логических блоков (LBA). Эта поддержка должна осуществляться операционной системой, BIOS или и тем и другим.

Такую поддержку реализуют следующие операционные системы:

- Windows Vista или Windows 7;
- Windows XP SP1 и более поздние;
- Windows 2000 SP4 и более поздние;
- Windows 98/98SE/Me или Windows NT 4.0 с загруженным акселератором IAA; этот вариант реализуем, только если набор микросхем системной логики материнской платы поддерживает IAA (более подробную информацию об IAA можно получить по адресу `www.intel.com/support/chipsets/iaa`).

Для поддержки 48-разрядной адресации на уровне BIOS должны выполняться следующие условия:

- BIOS системной платы должна поддерживать LBA (как правило, это относится ко всем системным платам, выпущенным после сентября 2002 года);
- 48-разрядная адресация LBA должна поддерживать карту расширения, вставленную в один из разъемов материнской платы.

Если и ОС, и BIOS поддерживают LBA, можно установить и использовать высокоемкий внутренний накопитель, как любой другой. В то же время, если поддержка LBA реализована только на уровне ОС, часть диска, находящаяся за пределами 137 Гбайт, станет доступной

только после загрузки операционной системы. Это значит, что, если новая операционная система устанавливается на чистый жесткий диск и при этом загрузка выполняется с компакт-диска Windows XP, выпущенного до выхода пакета обновлений SP1, во время инсталляции будет возможна разметка только первых 137 Гбайт пространства диска. После полной установки самой ОС и ее пакетов обновления станет доступной и остальная часть диска, которую нужно разметить с помощью либо встроенной консоли управления дисками Windows XP, либо сторонней программы, такой как PartitionMagic или Partition Commander.

Если загрузка выполняется с компакт-диска Windows XP SP1 или более позднего, уже во время установки операционной системы можно распознать весь диск и даже разметить его в виде единого тома.

При использовании внешних устройств USB и FireWire подобных ограничений не существует, так как их поддержка выполняется на уровне операционной системы, а не BIOS.

Жесткие диски SCSI с самого начала отличались более высокими характеристиками, чем накопители ATA. Благодаря этому диски SCSI чаще всего используются в высокопроизводительных файловых серверах, рабочих станциях и других компьютерных системах. Несмотря на то что накопители SCSI создавались еще до появления жестких дисков ATA, их разработчики предусмотрительно позаботились о возможности жестких дисков SCSI адресовать до 2,2 Тбайт (терабайт, или триллион байтов), что составило 2^{32} сектора. В 2001 году набор команд SCSI был расширен, что позволяет поддерживать накопители емкостью 9,44 Збайт, т.е. 2^{64} сектора. Высокая производительность и отсутствие критических ограничений на максимальный объем данных, содержащихся на жестких дисках SCSI, стали причиной того, что изготовители почти всегда выпускают накопители, имеющие наибольшую емкость, вначале в SCSI-версиях. С выходом стандарта SATA, однако, все изменилось.

Изменения, внесенные в конструкции накопителей ATA и SCSI в 2001 году, позволяют говорить о том, что пройдет еще немало времени, прежде чем ограничения емкости жестких дисков станут проблемой для интерфейса того или другого типа.

Ограничения операционной системы

Большинство новых операционных систем, таких как Windows Vista и Windows 7, не имеют каких-либо ограничений на емкость жестких дисков. Однако операционные системы более ранних версий имеют такие ограничения, которые следует учитывать при использовании высокоемких накопителей.

Как правило, DOS не распознает жесткие диски емкостью более 8,4 Гбайт, так как доступ к этим накопителям выполняется с помощью LBA-адресации, а DOS 6.*x* и более ранних версий поддерживает только CHS-адресацию.

Для Windows 95 существует ограничение емкости жестких дисков в 32 Гбайт, причем единственным способом, позволяющим выйти из этого положения, является обновление операционной системы до Windows 98 или более современных версий. Кроме того, обновленные или реализуемые в розницу версии Windows 95 (они называются также Windows 95 OSR 1 или Windows 95a) поддерживают только файловую систему FAT16 (16-разрядная таблица размещения файлов), налагающую ограничение в 2 Гбайт на максимальный размер разделов. Таким образом, при использовании жесткого диска емкостью 30 Гбайт пришлось бы разбить его на 15 разделов по 2 Гбайт, присваивая вновь образованному разделу уникальную букву (в данном случае это диски C:–Q:). Операционные системы Windows 95B и 95C могут использовать файловую систему FAT32, которая разрешает создавать разделы объемом до 2 Тбайт. Обратите внимание на то, что определенные внутренние ограничения не позволяют посредством программы FDISK создавать разделы объемом более 512 Мбайт.

Операционная система Windows 98 поддерживает жесткие диски большой емкости, но ошибка, существующая в программе FDISK, содержащейся в Windows 98, приводит к неправильному информированию пользователя о емкости диска, ограничивая ее 64 Гбайт (при использовании жестких дисков большей емкости). Решение этой проблемы состоит в установке обновленной версии FDISK, для получения которой следует обратиться на сайт компании

Microsoft. Еще одна ошибка была обнаружена при выполнении команды FORMAT в операционной среде Windows 98 для обработки раздела емкостью более 64 Гбайт. В этом случае происходит форматирование всего раздела, хотя его размер сообщается неправильно.

Для Windows 95 был характерен лимит емкости жесткого диска в 32 Гбайт, который был преодолен в Windows 98 и более новых версиях системы. Кроме того, розничные и версии для обновления Windows 95 (также называемые Windows 95 OSR 1 или Windows 95a) были ограничены поддержкой только файловой системы FAT16 (16-разрядная таблица размещения файлов), которая допускала максимальный объем раздела 2 Гбайт. Таким образом, если бы у вас был жесткий диск объемом 30 Гбайт, вам бы пришлось разделить его на 15 разделов по 2 Гбайт каждый, назначив им отдельные буквы (в данном примере это буквы C:–Q:). Windows 95B и 95C также поддерживали файловую систему FAT32, которая допускает создание разделов объемом до 2 Тбайт. Однако в связи с внутренними ограничениями ни одна версия утилиты FDISK не позволяет создавать разделы объемом больше 512 Гбайт.

DOS не распознает диски объемом больше 8,4 Гбайт, поскольку в таких дисках используется адресация LBA, а DOS версий 6.x и более ранних использует только адресацию CHS.

Быстродействие

Важным параметром накопителя на жестком диске является его быстродействие. Этот параметр для разных моделей может варьироваться в широких пределах. И, как это часто бывает, лучшим показателем быстродействия накопителя является его цена. Здесь вполне справедливы слова, сказанные по поводу гоночных автомобилей: “Скорость стоит денег. Насколько быстро вы хотите ездить?”

Быстродействие накопителя можно оценить по двум параметрам:

- скорость передачи данных;
- среднестатистическое время поиска.

Скорость передачи данных

Вероятно, наиболее важной характеристикой при оценке общей производительности накопителя является *скорость передачи данных*, но, с другой стороны, она же считается наименее понятной. Дело в том, что в настоящее время для каждого дисковода можно определить сразу несколько скоростей передачи данных, чему, как правило, не придается значение.

Не позвольте себе обмануться наличием интерфейса ATA-133 или SATA-150. Гораздо более важным показателем является средняя скорость передачи данных самого жесткого диска, а этот показатель может быть значительно ниже производительности интерфейса. Скорость передачи данных устройством представляет собой усредненную скорость операций чтения и записи на диск. В то же время скорость передачи интерфейса определяет объем данных, которые можно переместить между материнской платой и буфером устройства за единицу времени. На общую производительность жесткого диска сильное влияние оказывает и частота вращения шпинделя (несложно понять, что диск, вращающийся со скоростью 10000 об/мин, способен быстрее записать или считать информацию, чем диск, имеющий скорость вращения 7200 об/мин). При оценке скорости обращайте внимание на производительность именно *носителя*, а не интерфейса.

Дополнительную путаницу вносит то, что производители жестких дисков могут сообщать любую из семи доступных скоростей передачи данных, которыми характеризуется любой диск. Наименее важной из них является номинальная скорость передачи данных интерфейса. В устройствах PATA она может достигать 100 или 133 Мбайт/с, а в устройствах SATA — 150 или 300 Мбайт/с. К сожалению, многие оценивают эту характеристику как способность диска записывать и считывать информацию с такой скоростью, что далеко не так. Более важной характеристикой является скорость передачи данных носителя. Обычно она представляется несколькими показателями: минимальными и максимальными скоростями формальной и фак-

тической передачи данных, а также их средними значениями. Если средние значения отсутствуют, их несложно вычислить и вручную.

Средняя скорость передачи данных считается более важной характеристикой, чем скорость передачи данных интерфейса. Это связано с тем, что средняя скорость представляет собой действительную скорость непосредственного считывания данных с поверхности жесткого диска. При этом максимальная скорость является скорее ожидаемой постоянной скоростью передачи данных. Скорость передачи носителя обычно определяется ее минимальной и максимальной величинами, хотя многие компании, занимающиеся производством жестких дисков, указывают только максимальное значение скорости.

Наличие минимального и максимального значений скорости передачи носителя связано с использованием в современных накопителях так называемой *зонной записи* данных. В этом случае количество секторов, приходящихся на каждую дорожку внутренних цилиндров, меньше, чем в наружных. Как правило, жесткий диск разделен на 16 или более зон, причем количество секторов на каждой дорожке (а следовательно, скорость передачи данных) во внутренних зонах примерно вдвое меньше, чем во внешних. Скорость вращения жесткого диска практически постоянна, поэтому скорость считывания данных из внешних цилиндров примерно вдвое выше скорости считывания из внутренних.

Существует определенное различие между *формальной* и *фактической* скоростями передачи данных. Формальная скорость определяет, насколько быстро биты (единицы емкости памяти) могут быть считаны с поверхности жесткого диска. Далеко не все биты являются битами данных (это может быть промежуток между секторами или идентификаторы битов). Кроме того, следует учитывать время, затрачиваемое при поиске данных на перемещение головок с дорожки на дорожку. Таким образом, фактическая скорость передачи данных представляет собой реальную скорость считывания данных с диска или их записи на диск.

Учтите, что большинство производителей указывают только фактическую скорость, которая, как показывают несложные вычисления, составляет примерно три четверти формальной скорости передачи данных. Это связано с тем, что пользовательские данные на каждой дорожке составляют примерно три четверти всех имеющихся данных, определенная часть которых используется управляющими модулями или представляет собой код коррекции ошибок (ECC), идентификатор (ID) и другие служебные данные.

Рассмотрим несколько конкретных моделей жестких дисков. В табл. 9.7 содержится информация о нескольких 3,5-дюймовых накопителях с интерфейсом SATA.

Таблица 9.7. Быстродействие современных жестких дисков

Производитель/ модель	Объем	Скорость вращения шпинделя, об/мин	Скорость интерфейса, Мбайт/с	Максимальная скорость чтения, Мбайт/с	Минимальная скорость чтения, Мбайт/с	Средняя скорость чтения, Мбайт/с
Seagate Barracuda 200.12	1 Тбайт	7200	300	160	80	20
Western Digital VelociRaptor	300 Гбайт	10000	300	126	63	4,5
Western Digital Caviar Black	1 Тбайт	7200	300	106	53	9,5
Seagate Barracuda ES.2	1 Тбайт	7200	300	105	52,5	8,8

Хотя все эти накопители соответствуют спецификации SATA 3 Гбит/с (300 Мбайт/с), максимальная скорость чтения составляет до 160 Мбайт/с, в то время как средняя скорость чтения — от 80 до 120 Мбайт/с. Запомните: самый производительный диск не обладает наивысшей скоростью вращения шпинделя, потому что производительность прежде всего зависит не от скорости вращения шпинделя, а от плотности записи.

Как видите, *истинные* значения скорости передачи данных намного ниже теоретического максимума 300 Мбайт/с современного интерфейса SATA.

Существуют два основных фактора, непосредственно влияющих на скорость передачи данных: скорость вращения диска и плотность линейной записи, или количество секторов на дорожке. Например, при равном количестве секторов на дорожке скорость передачи данных будет выше у дисковода, имеющего бо́льшую скорость вращения. Аналогично при равной скорости вращения накопитель с большей плотностью записи будет иметь бо́льшую скорость передачи. При сравнении эффективности накопителей следует учитывать оба фактора.

Как следует из приведенного примера, скорость передачи интерфейса никакого значения не имеет. Поэтому, если вы подумываете о приобретении новой системной платы или дополнительной платы хост-адаптера, пытаясь таким образом повысить производительность дисковода, лучше потратьте деньги на что-нибудь другое. Повышение производительности интерфейса, используемого для передачи данных из буфера контроллера дисковода в системную плату, также не принесет ожидаемого результата. Объем буфера подобного типа составляет в среднем 4 Мбайт; установка диска с буфером даже емкостью 16 Мбайт даст небольшой выигрыш только приложениям, запрашивающим с диска повторяющиеся данные. Совсем недавно были выпущены диски с флеш-буферами, названные *гибридными* дисками, которые поддерживают кэш SuperFetch в системе Windows Vista/7. Однако ввиду относительно низкого быстродействия флеш-памяти эта технология в основном предназначена для использования в ноутбуках, где способна продлить жизнь аккумуляторной батарее и, может быть, немного повысить производительность.

При прочих равных условиях жесткий диск, вращающийся с более высокой частотой, имеет более высокую скорость передачи данных, которая не зависит от скорости передачи интерфейса. К сожалению, параметры накопителей совпадают довольно редко, поэтому, для того чтобы получить более объективную информацию, следует обратиться к характеристикам дисковода, указанным в спецификации или техническом руководстве.

Не следует сравнивать накопители по какому-нибудь одному параметру, скажем, по скорости передачи данных интерфейса или частоте вращения жесткого диска, так как эти сведения могут оказаться обманчивыми. Быстродействие интерфейса не играет практически никакой роли, но, несмотря на то что скорость вращения является более важным параметром, существуют накопители, скорость передачи данных которых ниже скорости передачи данных более медленных устройств. Формальное сравнение технических характеристик ничего не дает. При выборе жестких дисков не забывайте, что скорость передачи данных является, вероятно, наиболее важным параметром, на который следует обращать внимание: чем выше скорость, тем лучше.

Чтобы получить сведения о скоростях передачи конкретного дисковода, обратитесь к спецификации или документации/руководству, прилагаемому к накопителю. Обычно необходимую документацию можно загрузить с сайта изготовителя.

Среднее время позиционирования

Это время обычно измеряется в миллисекундах (мс); оно необходимо для перемещения головки от одного цилиндра к другому на какое-либо произвольное расстояние. Один из способов, позволяющих определить эту величину, состоит в многократном выполнении операций поиска случайной дорожки и последующем делении затраченного времени на количество выполненных операций. Этот метод позволяет вычислить среднее время, необходимое для выполнения одной операции поиска дорожки.

Стандартный метод, используемый различными изготовителями для определения среднего времени позиционирования, состоит в измерении времени, затрачиваемого головками для перемещения на расстояние, равное одной трети радиуса всех цилиндров. Среднее время позиционирования зависит непосредственно от конструкции жесткого диска; тип интерфейса или контроллера практически никак не влияет на этот параметр. Величина среднего времени позиционирования говорит в первую очередь о возможностях механизма привода головки.

Примечание

Следует крайне осторожно относиться к результатам эталонных тестов, используемых для определения среднего времени поиска дорожки. В большинстве накопителей ATA используется так называемая схема *трансляции секторов*, поэтому далеко не все команды, получаемые дисководом на перемещение головки к определенному цилиндру, приводят к ожидаемому физическому движению. Таким образом, выполнение некоторых эталонных тестов для накопителей определенного типа является совершенно бессмысленным. Накопители SCSI также требуют выполнения дополнительной операции, поскольку команды должны быть вначале отправлены накопителю по шине SCSI. Казалось бы, накопители этого типа должны иметь минимальное время доступа, поскольку служебные команды при выполнении эталонных тестов не учитываются. Если же учесть этот фактор, то можно выявить по крайней мере устройства с плохими характеристиками.

Время ожидания

Временем ожидания называют среднее время (в миллисекундах), необходимое для перемещения головки к указанному сектору после достижения определенной дорожки. В среднем эта величина равна половине времени, которое требуется для одного оборота жесткого диска. При увеличении частоты вращения диска вдвое время ожидания уменьшится наполовину.

Время ожидания — это один из факторов, определяющих скорость чтения и записи накопителя. Уменьшение времени ожидания (чего можно достичь только при повышении частоты вращения) сокращает время доступа к данным или файлам. В табл. 9.8 приведены наиболее распространенные частоты вращения жестких дисков и соответствующие величины времени ожидания.

Таблица 9.8. Зависимость времени ожидания от скорости вращения жесткого диска

Оборотов в минуту	Оборотов в секунду	Время ожидания
3600	60	8,33
4200	70	7,14
5400	90	5,56
7200	120	4,17
10000	167	3,00
15000	250	2,00

В настоящее время скорость вращения многих накопителей достигает 7200 об/мин, чему соответствует время ожидания, равное всего лишь 4,17 мс. При увеличении частоты вращения до 10000 и даже 15000 об/мин время ожидания уменьшается до немыслимых величин, равных соответственно 3 и 2 мс. Увеличение частоты вращения накопителя приводит не только к повышению его эффективности, что выражается в уменьшении времени доступа к данным, но и к увеличению скорости передачи данных, считанных головкой из указанных секторов.

Среднее время доступа

Средним временем доступа к данным называется сумма среднего времени позиционирования и времени ожидания. Обычно среднее время доступа выражается в миллисекундах.

Этот показатель характеризует время, необходимое накопителю для обращения к произвольно расположенному сектору.

Программы кэширования и кэш-контроллер

Быстродействие дискового накопителя можно существенно повысить, если воспользоваться специальными программами кэширования, например SMARTDRV (DOS) и VCASHE (Windows). Эти программы "подключаются" к прерыванию жесткого диска на уровне BIOS (перехватывают прерывание BIOS) и обрабатывают запросы на считывание и запись, направляемые приложениями и драйверами устройств в BIOS.

Если приложению понадобилось считать порцию данных с жесткого диска, кэш-программа перехватывает соответствующий запрос, проверяет наличие определенных условий (о которых будет сказано ниже) и, если они не удовлетворяются, передает запрос в неизменном виде контроллеру накопителя. Считанные в накопителе данные не только передаются прило-

жению, но и сохраняются в специальном буфере (кэше). В зависимости от размера кэша в нем могут храниться данные из достаточно большого количества секторов.

Если приложению нужно считать дополнительные данные, кэш-программа вновь перехватывает запрос и проверяет, не хранятся ли запрошенные данные в буфере. Если хранятся, то они немедленно передаются приложению без непосредственного обращения к диску. Можете представить себе, насколько этот прием ускоряет доступ к диску (и заодно сказывается на результатах измерений быстродействия накопителя).

Большинство современных контроллеров включает встроенный кэш той или иной разновидности, которому не нужно перехватывать и использовать прерывания BIOS. Кэширование осуществляется на аппаратном уровне, и обычные программы измерения быстродействия накопителей его "не замечают". Первыми подобного рода устройствами в накопителях были *буфера опережающего считывания дорожки*, благодаря которым удалось получить коэффициент чередования 1:1. В одних современных контроллерах просто увеличен размер этих буферов, а в других используются более интеллектуальные устройства, по своим возможностям близкие к кэш-программам.

Во многих накопителях ATA и SCSI кэш-память расположена непосредственно во встроенном контроллере. Большинство современных накопителей ATA имеют встроенную кэш-память объемом 2 Мбайт; во многих высокоэффективных накопителях ATA объем кэш-памяти достигает 8 Мбайт. Как правило, накопители SCSI имеют кэш-память объемом 8 Мбайт, а в некоторых из них установлен кэш объемом 16 Мбайт. В былые времена 1 или 2 Мбайт оперативной памяти хватало для всей системы. Сейчас же некоторые 3,5-дюймовые накопители имеют до 16 Мбайт кэш-памяти, которая встраивается непосредственно в накопитель.

Несмотря на то что программное и аппаратное кэширование данных позволяет существенно повысить производительность накопителей при обычных операциях считывания и записи, реальная (физическая) скорость передачи данных определяется только конструкцией самого устройства.

Коэффициент чередования

Рассуждая о быстродействии накопителей, нельзя обойти вопрос о чередовании секторов. Эта тема традиционно рассматривается в разделах, посвященных быстродействию контроллеров, а не накопителей, однако в большинстве современных устройств ATA встроены контроллеры, обрабатывающие данные с той же скоростью, с которой они поступают из накопителей. Это означает, в частности, что практически все современные накопители ATA форматируются непосредственно на заводах-изготовителях без чередования секторов (иногда говорят о коэффициенте чередования 1:1), и изменить этот показатель чаще всего просто невозможно. В старых устройствах MFM и ESDI с помощью изменения коэффициента чередования можно было добиться более высокой производительности диска.

Примечание

Более подробно о чередовании и смещении цилиндров, используемых в старых дисках, можно узнать в главе 10 12-го издания данной книги.

Надежность

Отправляясь в магазин за жестким диском, вы, несомненно, обратите внимание на такой параметр, как *среднестатистическое время между сбоями* (*MTBF*), которое обычно колеблется от 300 тыс. до 1 млн. часов и более. Я никогда не обращаю внимания на эти цифры, поскольку они являются чисто теоретическими.

Для правильного понимания этого важного параметра накопителя следует знать, как его вычисляют. Большинство производителей довольно продолжительное время выпускают накопители на жестких дисках, которые работают в компьютерах пользователей миллионы часов (если просуммировать время работы всех моделей). Для всех моделей накопителя вычисляется коэффициент сбоев отдельных компонентов, который затем учитывается при проекти-

ровании компонентов нового накопителя. Для платы управления используются стандартизированные промышленные методы предсказания сбоев. Таким образом, производитель может *оценить* для новой модели накопителя на жестких дисках вероятность сбоев на основе полученных ранее статистических данных.

Не менее важно понимать, что среднестатистическое время между сбоями определяется для всех накопителей одной модели, а не для отдельного накопителя. Если указано, что это время равно 500 тыс. часов, значит, ошибка может появиться при общем времени работы 500 тыс. часов всех накопителей данной модели. Если выпущен миллион накопителей данной модели и все они работают одновременно, то можно ожидать появления ошибки каждые полчаса. Параметр MTBF не применим для отдельного накопителя или небольшой выборки накопителей одной модели.

Кроме того, необходимо правильно понимать значение слова "ошибка". В определении описанного выше параметра под ошибкой подразумевается полный выход из строя накопителя (т.е. когда его следует вернуть производителю), а не появляющиеся ошибки чтения или записи файлов.

Как указывают некоторые производители, параметр MTBF на самом деле следует расценивать как "среднестатистическое время до *первой* ошибки", а не "между ошибками". После первой ошибки устройство возвращается производителю и, как правило, не ремонтируется, а просто заменяется другим. Таким образом, понятие "среднее время между ошибками" просто не имеет права на существование.

Подведем итог. Не следует уделять слишком много внимания такому параметру, как среднестатистическое время безотказной работы (MTBF). Для отдельного накопителя эта величина является не более чем неточно прогнозируемым показателем надежности. Однако если вам как администратору информационных систем приходится каждый год приобретать несколько тысяч компьютеров и накопителей или заниматься формированием и поддержкой множества различных систем, то стоит не только изучить эти показатели, но и ознакомиться с методами их определения. Если удастся понять метод вычислений, используемый поставщиком, и определить фактическую надежность многих моделей накопителей, можно будет приобрести более надежные устройства и сэкономить время и деньги, необходимые для их обслуживания и поддержки.

S.M.A.R.T.

Технология самотестирования, анализа и отчетности (S.M.A.R.T.) — это новый промышленный стандарт, в котором описаны методы, позволяющие предсказать появление ошибок жесткого диска. При активизации системы S.M.A.R.T. жесткий диск начинает отслеживать определенные параметры, чувствительные к неисправностям накопителя или указывающие на них. На основе отслеживаемых параметров можно предсказать сбои в работе накопителя. Если расчетная вероятность появления ошибки возрастает, S.M.A.R.T. генерирует для BIOS или драйвера операционной системы отчет о возникшей неполадке, который указывает пользователю на необходимость немедленного резервного копирования данных до того момента, когда в накопителе произойдет реальный сбой.

На основе отслеживаемых параметров S.M.A.R.T. пытается определить тип ошибки. По данным компании Seagate, 60% ошибок — механические. Именно этот тип ошибок и предсказывается S.M.A.R.T. Разумеется, не все ошибки можно предсказать, например появление статического электричества, внезапную встряску или удар, термальные перегрузки и т.д.

Технология S.M.A.R.T. была разработана IBM в 1992 году. В том же году IBM выпустила жесткий диск формата 3,5 дюйма с модулем Predictive Failure Analysis (PFA), который измерял некоторые параметры накопителя и в случае их критического изменения генерировал предупреждающее сообщение. Компания IBM передала на рассмотрение организации ANSI спецификацию технологии предсказания ошибок накопителя, и в результате появился стандарт ANSI — протокол S.M.A.R.T. для устройств SCSI (документ *X3T10/94-190*).

Интерес к развитию этой технологии привел к созданию в 1995 году рабочей группы с участием IBM, Seagate Technology, Conner Peripherals (в настоящее время является подразделением Seagate), Fujitsu, Hewlett-Packard, Maxtor, Quantum и Western Digital. Результатом их работы стала спецификация S.M.A.R.T. для накопителей на жестких дисках с интерфейсами ATA и SCSI, и они сразу же появились на рынке.

В накопителях на жестких дисках с интерфейсами IDE/ATA и SCSI реализация S.M.A.R.T. подобна, за исключением отчетной информации. В накопителях с интерфейсом IDE/ATA драйвер программного обеспечения интерпретирует предупреждающий сигнал накопителя, генерируемый командой S.M.A.R.T. `report status`. Драйвер запрашивает у накопителя статус этой команды. Если ее статус интерпретируется как приближающийся крах жесткого диска, то операционной системе отсылается предупреждающее сообщение, а та, в свою очередь, информирует об ошибке пользователя. Такая схема в будущем может дополняться новыми свойствами. Операционная система может интерпретировать атрибуты, которые передаются с помощью расширенной команды `report status`. Что касается накопителей с интерфейсом SCSI, то в этом случае S.M.A.R.T. информирует пользователя только о двух состояниях накопителя — о нормальной работе и об ошибке.

Замечу, что традиционные программы диагностики диска, например Scandisk, работают с секторами данных на поверхности диска и не отслеживают все функции накопителя. В некоторых современных накопителях на жестких дисках резервируются секторы, которые в будущем используются вместо дефектных. Как только "вступает в дело" один из резервных секторов, S.M.A.R.T. информирует об этом пользователя, в то время как программы диагностики диска не сообщают о каких-либо проблемах.

Каждый производитель накопителей на жестких дисках по-своему реализует параметры монитора S.M.A.R.T., причем большинство из них реализовали собственный набор параметров. В некоторых накопителях отслеживается высота "полета" головок над поверхностью диска. Если эта величина уменьшается до некоторого критического значения, то накопитель генерирует ошибку. В других накопителях выполняется мониторинг кодов коррекции ошибок, который показывает количество ошибок чтения и записи на диск. В большинстве дисков реализована регистрация следующих параметров:

- высота "полета" головки над диском;
- скорость передачи данных;
- количество переназначенных секторов;
- время раскручивания жесткого диска;
- частота сбоев при поиске;
- производительность при поиске;
- количество повторений раскручивания жесткого диска;
- количество повторных калибровок накопителя.

Каждый параметр имеет пороговое значение, которое используется для определения того, появилась ли ошибка. Это значение устанавливается производителем накопителя и не может быть изменено.

Существует ряд простых требований, выполнение которых обеспечит корректное функционирование S.M.A.R.T.; для этого необходимы накопитель на жестких дисках, совместимый с S.M.A.R.T., и система BIOS, поддерживающая данную технологию, или драйвер жесткого диска для используемой операционной системы. Если BIOS не поддерживает технологию S.M.A.R.T., воспользуйтесь служебными программами (утилитами), которые обеспечат нужную поддержку. К программам такого рода относятся Norton Utilities от Symantec, EZ Drive от StorageSoft и Data Advisor от Ontrack.

Существенное изменение контролируемых параметров инициирует предупреждения S.M.A.R.T., накопитель передает предупреждение с помощью соответствующей команды

IDE/ATA или SCSI (в зависимости от типа имеющегося дисковода) драйверу жесткого диска, который находится в системной BIOS. Драйвер выводит это сообщение во время следующей загрузки и выполнения теста POST.

Если необходимы более полные и оперативные сведения, воспользуйтесь специальной утилитой, получающей данные S.M.A.R.T. от накопителя, например SMART Explorer от компании Adenix (`www.adenix.net`) или HDD Health от Panterasoft (`www.panterasoft.com`).

При получении предупреждающего сообщения прежде всего необходимо обратить внимание на его содержание и создать резервную копию всех данных, хранящихся на жестком диске. Для создания резервных копий используйте только новые носители. Не стоит записывать копируемые данные поверх ранее созданных качественных копий, так как сбой в работе может произойти до того, как будет завершен процесс резервирования.

Что делать после того, как будет создана резервная копия данных? Предупреждение S.M.A.R.T. может быть вызвано внешними причинами, и оно далеко не всегда указывает на возможные сбои в работе накопителя. Например, иногда предупреждающий сигнал инициируется при изменении климатических условий, в частности повышении или понижении температуры окружающей среды. К этому может привести также чрезмерная вибрация накопителя, вызванная какими-нибудь внешними причинами. Кроме того, одной из причин появления подобных сообщений являются электрические помехи, возникающие при работе электродвигателей или других устройств, включенных в одну сеть с компьютером.

В том случае, если предупреждение вызвано внутренними причинами, в сообщении может говориться о необходимости замены накопителя. Если устройство находится на гарантии, обратитесь к поставщику и выясните, готов ли он его заменить. Отсутствие дальнейших сообщений говорит о случайности возникшей проблемы; в этом случае к замене накопителя прибегать не придется. Если во время работы появляются новые сообщения, рекомендую все-таки заменить используемый накопитель. Если удастся подключить новый и существующий (сбойный) накопители в одной системе, попробуйте перенести содержимое одного накопителя на другой, что позволит избежать повторной инсталляции приложений и загрузки скопированных данных.

Стоимость

Стоимость накопителей на жестких дисках постоянно снижается. Сейчас жесткий диск объемом 1 Тбайт можно приобрести чуть больше чем за 90 долларов, что составляет около 9 центов за один гигагабайт. (В 1983 году я приобрел жесткий диск емкостью 10 Мбайт за 1800 долларов. Сегодня он стоил бы не более трети пенса.)

Конечно же, стоимость жестких дисков будет постоянно снижаться, поэтому можно будет приобрести еще более емкие диски за меньшую стоимость.

ГЛАВА

10

Накопители со сменными носителями

Назначение накопителей со сменными носителями

Начиная с середины 1980-х годов основными устройствами хранения, используемыми в компьютерах, стали накопители на жестких магнитных дисках. Для резервного копирования, переноса между компьютерами и временного хранения данных используются съемные накопители, такие как магнитооптические диски, флеш-память, накопители на магнитной ленте, а также традиционные дискеты. Кроме того, можно использовать различные оптические накопители — CD-R, CD-RW, DVD-RAM, DVD+RW, DVD-RW и т.д. (подробнее о них речь пойдет в главе 11).

Традиционно наиболее часто в накопителях со съемными носителями использовались магнитные носители, однако сейчас все бо́льшую популярность приобретают накопители, в которых применяется флеш-память.

Накопители на основе флеш-памяти

Флеш-память — особый тип твердотельных микросхем памяти, не требующих прикладывания напряжения для сохранения данных. Карты флеш-памяти можно легко извлечь из цифрового фотоаппрата, после чего вставить в кард-ридер портативного компьютера, фотопринтера и даже цифровой фоторамки. Флеш-память можно использовать для сохранения любых компьютерных данных, однако все же исторически основное ее применение — цифровая фотография. Сейчас выпускается все больше устройств на основе флеш-памяти, в том числе музыкальных плееров, а также флеш-накопителей в виде USB-брелоков, которые пришли на смену другим сменным накопителям, таким как дискеты, накопители Zip и SuperDisk.

Магнитные дисковые накопители

Если внимательно рассмотреть "чистые" магнитные, а также флоптические или магнитооптические накопители, можно заметить, что все типы магнитных дисковых носителей имеют несколько одинаковых характеристик. Дисковые накопители по сравнению с ленточными стоят дороже (из расчета за мегабайт или гигабайт), обычно имеют меньшую емкость и более просты в работе с файлами. Они работают в режиме произвольного доступа, что позволяет найти, использовать, модифицировать или уничтожить любой файл или группу файлов на диске, не беспокоясь об остальном его содержимом. При использовании в качестве средства резервирования большинство типов дисковых носителей, как правило, быстрее копируют небольшое количество файлов, но показывают более низкую производительность, чем магнитные ленты, при архивировании большого количества файлов или целых томов.

Магнитные ленточные накопители

Ленточные накопители намного дешевле (из расчета за мегабайт или гигабайт), имеют большую емкость и более просты при создании резервных копий дисков, а также при работе с большим количеством разных файлов. Они используют последовательный доступ, а это означает, что содержимое ленты должно считываться с самого начала, а отдельные файлы будут найдены в порядке их записи на ленту. Кроме того, обычно отдельные файлы не могут быть модифицированы или удалены с ленты; уничтожено или переписано может быть только содержимое всего картриджа. Таким образом, ленточные носители лучше приспособлены для полного резервирования целых жестких дисков, включая все приложения и данные. Эта их особенность усложняет запись отдельных файлов на ленточные носители.

Примечание

Сменный дисковый накопитель может использоваться и как системное устройство резервного копирования. Однако более высокая цена самого носителя (диска или картриджа) и, как правило, более низкая скорость работы могут сделать его регулярное использование несколько утомительным. Дисковые накопители идеально подходят для резервного копирования отдельных файлов, однако, если необходимо создавать резервные копии целых дисков, лента станет более быстрым и экономным решением.

Флеш-память

Флеш-память в течение нескольких лет является основным или вспомогательным носителем данных для портативных компьютеров. Однако бурный рост рынка цифровых камер и MP3-плееров, использующих эту память, привел к повсеместному распространению данных устройств.

Флеш-память относится к категории устройств длительного хранения. Данные в ней хранятся в виде блоков, а не байтов, как в обычных модулях памяти. Флеш-память также используется в наиболее современных компьютерах для микросхем BIOS, перезаписываемых с помощью *процесса туннелирования Фоулера–Нордхейма*. Перед записью новых данных флеш-память должна быть очищена. По сравнению с традиционными накопителями на вращающихся магнитных носителях накопители на флеш-памяти являются твердотельными (в них нет вращающихся компонентов), поэтому их часто называют *SSD-накопителями* (solid-state drive).

Существуют два основных технологических типа флеш-памяти, которые называются NOR (Not OR) и NAND (Not AND). Флеш-память NOR работает подобно памяти DRAM, обеспечивая высокую скорость произвольного доступа и возможноть побайтового считывания данных. Чаще всего память NOR используется в качестве Flash ROM системых плат, мобильных телефонов и других устройств, для которых может потребоваться обновление прошивки.

Флеш-память NAND похожа на устройство хранения, поскольку данные считываются и записываются блоками, а не побайтово. Наиболее часто память типа NAND используется в устройствах хранения файлоориентированных данных, таких как SSD, USB-брелоки, цифровые камеры, музыкальные плееры и т.д. Память NAND отличается более высокой плотностью по

сравнению с NOR, а значит, на единице площади можно сохранить больше даннных; кроме того, память NAND дешевле.

Высокая производительность, низкие требования при перепрограммировании и небольшой размер новейших устройств флеш-памяти и накопителей SSD делают их прекрасным дополнением при использовании в портативных компьютерах и цифровых камерах. В последней области флеш-память часто называют "цифровой пленкой". В отличие от настоящей пленки цифровая пленка может быть стерта и использована повторно. Высокая компактность устройств флеш-памяти привела к тому, что они полностью вытеснили традиционные магнитные носители (в том числе и Zip/SuperDisk) в качестве средства переноса информации между системами.

Типы устройств флеш-памяти

В настоящее время пользуется популярностью несколько типов флеш-памяти, включая следующие:

- CompactFlash (CF);
- SmartMedia (SM);
- MultiMediaCard (MMC);
- SecureDigital (SD);
- Memory Stick;
- ATA Flash;
- xD-Picture Card;
- накопители SSD;
- флеш-карты USB.

В табл. 10.1 представлены различные модели полупроводниковых запоминающих устройств, которые используются в цифровых фотоаппаратах и другом оборудовании (устройства приведены в порядке их представления на рынке).

Таблица 10.1. Физические размеры устройств флеш-памяти

Тип	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Объем, см^3	Дата выпуска
ATA Flash Type II	54,00	85,60	5,00	23,11	Ноябрь 1992 г.
ATA Flash Type I	54,00	85,60	3,30	15,25	Ноябрь 1992 г.
CompactFlash (CF) Type I	42,80	36,40	3,30	5,14	Октябрь 1995 г.
SmartMedia (SM)	37,00	45,00	0,76	1,27	Апрель 1996 г.
CompactFlash (CF) Type II	42,80	36,40	5,00	7,79	Март 1998 г.
Memory Stick	21,45	50,00	2,80	3,00	Июль 1998 г.
Secure Digital (SD)	24,00	32,00	2,10	1,61	Август 1999 г.
MultiMediaCard (MMC)	24,00	32,00	1,40	1,08	Ноябрь 1997 г.
xD-Picture Card (xD)	20,00	25,00	1,70	0,85	Июль 2002 г.
Memory Stick Duo	20,00	31,00	1,6	0,99	Июль 2002 г.
Reduced Size MMC (RS-MMC)	24,00	18,00	1,40	0,60	Ноябрь 2002 г.
MiniSD	20,00	21,5	1,4	0,59	Март 2003 г.
MicroSD	15,00	11,00	1,0	0,165	Июль 2005 г.
Memory Stick Micro	15,00	12,5	1,2	0,225	Сентябрь 2005 г.

В таблице не приведены устройства флеш-памяти USB, не имеющие стандартизированного формфактора.

CompactFlash

Флеш-память CompactFlash была разработана компанией SanDisk Corporation в 1994 году; в ней использована архитектура ATA для эмуляции дискового накопителя. Устройство CompactFlash подключалось к компьютеру, и ему, как и остальным дискам, присваивалось

имя. Более поздние типы флеш-памяти также использовали архитектуру ATA, интегрированную либо в устройство, либо в его контроллер.

Изначально эта память имела размер типа I (толщина — 3,3 мм); более новое устройство типа II (толщина — 5 мм) имеет большую емкость. Обе карты CompactFlash имеют ширину 36,398 мм (1,433 дюйма) и длину 42,799 мм (1,685 дюйма), что позволяет вставлять их адаптеры в разъем PC Card ноутбуков. За разработку стандартов этого типа памяти отвечает ассоциация CompactFlash (`www.compactflash.org`).

SmartMedia

Изначально известное как SSFDC (Solid State Floppy Disk Card — твердотельная дискета), это самое простое устройство: карты SmartMedia содержат в себе только флеш-память без каких-либо цепей управления. Другими словами, для совместимости с остальными поколениями карт SmartMedia необходимы дополнительные устройства. За разработку стандартов SmartMedia отвечает форум Solid State Floppy Disk (`http://ssfdc.or.jp/english`).

Совет

Если у вас цифровой фотоаппарат Olympus, поддерживающий создание панорамных снимков, в котором используется карта памяти SmartMedia, обязательно используйте карту SmartMedia производства Olympus, так как карты других производителей не поддерживают создание панорамных изображений.

MultiMediaCard

Технология MMC была совместно разработана компаниями SanDisk и Infineon Technologies AG (бывшая Siemens AG) в ноябре 1997 года для смартфонов, цифровых фотоаппаратов, MP3-плееров и видеокамер. Это устройство использует стандартный 7-контактный последовательный интерфейс и включает в себя флеш-память с пониженным напряжением питания. В 1998 году для поддержки стандарта MMC и разработки новых изделий была образована ассоциация MultiMediaCard Association, MMCA (`www.mmca.org`). В ноябре 2002 года эта ассоциация анонсировала разработку стандарта RS-MMC (Reduced Size MultiMediaCard), предполагавшего создание карт памяти, размер которых был меньше размера стандартных карт MMC на 40%. Первые карты памяти стандарта RS-MMC, предназначенные для использования в сотовых телефонах, были представлены в 2004 году.

SecureDigital

Устройство SecureDigital (SD) имеет примерно те же размеры, что и MMC (во многих устройствах используется флеш-память как одного, так и другого типа), но обладает гораздо более сложной внутренней архитектурой. Это детище компаний Toshiba, Matsushita Electric (Panasonic) и SanDisk получило свое название от выполняемых функций. SecureDigital используется в качестве хранилища зашифрованных данных, что обеспечивает их дополнительную безопасность. Оно соответствует требованиям текущего и будущих стандартов Secure Digital Music Initiative (SDMI) для мобильных устройств. Помимо этого, SecureDigital имеет функцию механического включения/выключения защиты от записи. Разъем SD может также использоваться для подключения дополнительной памяти к "карманным" компьютерам Palm PDA. В январе 2002 года был разработан стандарт SDIO, позволивший использовать разъемы SD для подключения небольших цифровых фотоаппаратов и других устройств к компьютерам PDA различных торговых марок. В 2000 году была основана ассоциация SD Card Association (`www.sdcard.org`), целью которой стала поддержка стандарта SD и разработка новых продуктов. Заметьте, что некоторые современные модели ноутбуков оснащены разъемами SD.

К версиям SD уменьшенного размера относятся MiniSD (представлена в 2003 году) и MicroSD (представлена в 2005 году). Эти карты памяти очень популярны в смартфонах; их можно устанавливать через адаптер в обычный разъем SD. Карты памяти MicroSD совместимы со стандартом карт памяти TransFlash для мобильных телефонов.

Sony Memory Stick и Memory Stick Pro

Корпорация Sony, которая ведет разработки в области как портативных компьютеров, так и цифровых камер и сопутствующих товаров, имеет собственную версию флеш-памяти, известную под названием Sony Memory Stick. В этом устройстве используется уникальный переключатель защиты от стирания, который не позволит неаккуратному фотографу удалить сделанные снимки. Корпорация Sony предоставила лицензию на использование технологии Memory Stick другим компаниям, таким как Lexar Media и SanDisk.

В 2003 году Lexar Media разработала расширенную версию Memory Stick Pro, емкость которой изменяется в пределах от 256 Мбайт до 1 Гбайт. Флеш-память Memory Stick Pro включает в себя технологию кодирования MagicGate, которая обеспечивает регулирование прав на копирование цифровой информации, а также высокоскоростной контроллер памяти, разработанный в компании Lexar.

Memory Stick Pro Duo — это уменьшенный по размеру вариант стандартной карты памяти Memory Stick Pro. Данные карты можно использовать и в устройствах, поддерживающих карты памяти Memory Stick Pro.

ATA-совместимая PC Card (PCMCIA)

Хотя формфактор PC Card (PCMCIA) используется для широкого спектра устройств (от игровых приставок до модемов, от адаптеров SCSI до сетевых карт), изначально он предназначался для компьютерной памяти, что видно по прежней аббревиатуре PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association — Международная ассоциация карт памяти для персональных компьютеров).

В отличие от обычных модулей памяти, PC Card работает как дисковый накопитель, используя стандарт PCMCIA ATA. Модуль PC Card бывает трех типов (тип I толщиной 3,3 мм, тип II толщиной 5 мм и тип III толщиной 10,5 мм), при этом все три типа имеют длину 3,3 дюйма и ширину 2,13 дюйма. Карты типов I и II используются для ATA-совместимой флеш-памяти, а карты типа III — для небольших ATA-совместимых жестких дисков. Разъем типа III может также использоваться как два разъема типа II.

xD-Picture Card

В июле 2002 года компании Olympus и Fujifilm, сторонники использования флеш-памяти SmartMedia в цифровых фотоаппаратах, представили более компактную и надежную замену SmartMedia, получившую название xD-Picture Card. Носитель xD-Picture Card, размеры которого составляют примерно одну треть от размеров SmartMedia, является наименьшим форматом существующей сегодня флеш-памяти. Кроме того, xD-Picture Card содержит более быстрый контроллер, позволяющий сократить время записи изображения.

Скорость записи данных в 16- и 32-мегабайтовых картах, которыми обычно комплектуются цифровые фотоаппараты, составляет 1,3 Мбайт/с; скорость записи данных в картах емкостью 64 Мбайт и выше достигает 3 Мбайт/с. Скорость чтения в платах любой емкости составляет 5 Мбайт/с. Носители для Olympus и Fujifilm производятся компанией Toshiba, и, поскольку носители xD-Picture оптимизированы для определенных моделей (например, носители Olympus поддерживают режим панорамной съемки, реализованный в некоторых фотоаппаратах Olympus xD-Picture), следует использовать фотоаппараты и носители одних и тех же торговых марок.

Накопители SSD

В твердотельном накопителе (SSD) используется твердотельная электроника (а значит, отсутствуют механические компоненты и вакуумные камеры). Многие люди полагают, что SSD — новейшие изобретения в сфере компьютерных технологий, однако на самом деле они в том или ином виде существовали еще с 1950-х годов, т.е. задолго до появления первых ПК.

Виртуальный SSD (RAMdisk)

Хотя большинство людей думают о физическом накопителе, когда говорят о SSD, данные накопители доступны не только в физическом, но и виртуальном виде. Виртуальный SSD традиционно называется RAMdisk, поскольку использует часть системной ОЗУ (RAM) в качестве дискового накопителя. Преимущества состоят в невероятно высокой скорости чтения и записи (в конце концов, мы имеем дело с ОЗУ), а недостатки — в потере данных при выключении или перезагрузке системы. Кроме того, часть ОЗУ, используемая в качестве диска, оказывается недоступной для операционной системы и приложений.

Программное обеспечение RAMdisk было доступно практически сразу после выхода первого ПК в конце 1981 года. Компания IBM включила исходный код программы RAMdisk (в дальнейшем названной `VDISK.SYS`) в руководство пользователя PC DOS 2.0 в марте 1983 года. Код использовался как часть руководства по написанию драйверов устройств (поддержка драйверов устройств впервые была реализована в DOS 2.0). В августе 1984 года IBM включила `VDISK.SYS` в состав PC DOS 3.0. Microsoft впервые включила программу RAMdisk (получившую название `RAMDRIVE.SYS`) в MS-DOS 3.2 (представлена в 1986 году). Версии `RAMDRIVE.SYS` входят в состав Windows, в том числе и в Windows 7.

Однако эти программы автоматически не устанавливаются и не очень хорошо задокументированы. Приложения RAMdisk для DOS и Windows очень полезны, если необходимо создать скоростной накопитель SSD, используя оперативную память.

Физические накопители SSD

Вскоре после выхода IBM PC в 1981 году несколько компаний разработали и выпустили твердотельные накопители, которые можно было использовать как замену традиционного жесткого диска. При этом чаще всего использовалась традиционная динамическая или статическая память RAM, опциональная батарея для обеспечения резервного питания, порой использовались экзотические формы нестираемой памяти. Например, компания Intel выпустила “пузырьковую” память в конце 1970-х, которая использовалась в нескольких продуктах SSD. Данный тип памяти даже использовался в одном из первых портативных компьютеров Grid Compass, представленном в 1982 году. Хотя в накопителях SSD может применяться память различных типов, сейчас, когда речь идет о накопителях SSD, предполагается использование флеш-памяти. SSD-накопители на основе флеш-памяти применялись в ноутбуке ThinkPad X300, представленном в феврале 2008 года; в этой модели по умолчанию использовался SSD-накопитель объемом 64 Гбайт.

Несмотря на то что SSD-накопители стали доступны для ПК еще в начале 1980-х, они считались очевидной заменой жестких дисков. Да, я предсказал это почти тридцать лет назад, однако такая замена все еще не стала реальностью. У SSD-накопителей на основе флеш-памяти есть одна характеристика, которая мешает им быстро заменить накопители на магнитных носителях, — стоимость. По сравнению с современными жесткими дисками накопители SSD чрезвычайно дороги. До недавнего времени они еще и обладали слишком малой емкостью, а также не могли похвастаться высокой производительностью, особенно скоростью записи. Однако после последних улучшений, касающихся емкости и быстодействия, SSD оказались реальной альтернативой жестким дискам в тех сферах, когда стоимость играет намного меньшую роль, чем производительность и надежность. Практически все современные накопители SSD оснащены интерфейсом SATA (Serial ATA) для подключения к компьютеру и выглядят, как обычные жесткие диски. 2,5- и 1,8-дюймовые накопители SSD представлены на рис 10.1.

Как отмечалось выше, в накопителях SSD используется память NAND (Not AND). Существуют два подвида данной памяти, используемых при производстве SSD: SLC (Single-Level Cell — одноуровневая ячейка) и MLC (Multilevel Cell — многоуровневая ячейка). В случае SLC 1 бит информации хранится в одной ячейке, в то время как MLC позволяет сохранять 2 и более бита в одной ячейке. Таким образом, память MLC позволяет удвоить (или увеличить еще больше) плотность, а значит, уменьшить стоимость; однако при этом приходится жертво-

вать производительностью. Выпускаются SSD-накопители с использованием обеих технологий. При этом накопители на базе памяти SLC характеризуются высокой производительностью, малой емкостью и высокой ценой. Как можно легко предположить, накопители на базе памяти MLC характеризуются низкой производительностью, высокой емкостью и невысокой ценой. Поэтому в массовых продуктах используется память MLC, а в специализированных производительных решениях — SLC.



Рис. 10.1. 2,5- и 1,8-дюймовые накопители SSD производства компании Intel

Одна из основных проблем, связанных с флеш-памятью, — ограниченное количество циклов записи/удаления. Например, ячейки SLC способны выдержать 100 тысяч циклов записи/удаления, в то время как ячейки MLC — всего 10 тысяч. При использовании в качестве замены стандартного жесткого диска это оказывается проблемой, поскольку определенные части диска используются часто, а другие почти не задействуются. Поэтому в SSD-накопителях используются очень сложные алгоритмы, которые позволяют равномерно использовать ячейки, благодаря чему нагрузка на накопитель равномерно распределяется по всем его ячейкам. Кроме того, имеется определенное количество запасных ячеек, которые подменяют износившиеся, тем самым увеличивая время жизни накопителя. Благодаря этому время работы современного SSD-накопителя составляет не менее пяти лет при самом интенсивном использовании. По мере увеличения емкости накопителей SSD расширяются возможности и по равномерному распределению нагрузки на ячейки.

За счет внутренних особенностей работы накопителя SSD отпадает необходимость в дефрагментации, так как дефрагментация накопителя SSD приведет только к увеличению скорости износа. В отличие от накопителей на магнитных дисках, которым приходится перемещать головки для доступа к данным, записанным в разных точках пластины, SSD-накопители считывают данные из различных участков без каких-либо задержек. Концепция упорядоченного расположения файлов просто утрачивает свой смысл, а значит, дефрагментацию накопителей SSD выполнять не следует.

Примечание

Windows 7 поддерживает накопители SSD, а это означает, что данная операционная система способна отличить накопитель SSD от стандартного магнитного диска. При подключении накопителя SSD Windows 7 отключает функцию автоматической дефрагментации, тем самым увеличивая время жизни накопителя. При использовании накопителей SSD в Windows Vista и более ранних версиях системы дефрагментацию приходилось отключать вручную.

Еще один способ увеличения времени жизни накопителей SSD состоит в использовании расширения интерфейса ATA, которое называется командой TRIM. Эта команда позволяет операционной системе с поддержкой SSD (такой как Windows 7) интеллектуально информировать SSD о том, какие блоки данных используются в настоящее время, тем самым значительно ускоряя алгоритм равномерного распределения нагрузки на ячейки, а также повышая его эффективность. Однако для этого команду TRIM должны поддерживать как операционная система, так и накопитель. Windows 7 и Server 2008 поддерживают накопители SSD и команду TRIM, в то время как предыдущие версии Windows — нет. Накопители SSD, выпущенные в 2009 году или позже, как правило, поддерживают команду TRIM. Кроме того, эта поддержка может быть реализована путем обновления прошивки. При обновлении прошивки накопителя SSD рекомендуется предварительно создать полную резервную копию данных, поскольку в некоторых случаях после обновления происходит переинициализация накопителя, при которой удаляется все его содержимое.

Накопители SSD идеально подходят для использования в портативных компьютерах, поскольку они легче, не содержат движущихся механических частей и потребляют меньше энергии. Экономия массы оказывается совсем небольшой и составляет всего несколько граммов, а вот экономия энергопотребления намного заметнее — накопители SSD потребляют всего около одной десятой ватта, в то время как обычные накопители на магнитных дисках — около ватта (в среднем). Однако если учесть энергопотребление других компонентов, таких как процессор, видеоадаптер и экран, каждый из которых потребляет до 30 Вт, то разница в потреблении систем с накопителем SSD и традиционным жестким диском оказывается незначительной.

Несмотря на то что современные SSD на основе флеш-памяти гораздо быстрее стандартных жестких дисков (в два раза по чтению и уровню записи), они во много раз дороже и обладают меньшей емкостью. Стоит ли увеличение производительности десятикратного увеличения стоимости? В случае дорогих портативных ПК ответ положительный. Однако в случае массовых настольных и портативных ПК стоимость и емкость играют гораздо более важную роль. Конечно, в будущем накопители SSD будут становиться все более и более популярными, особенно с учетом постоянного роста объемов. Однако пройдет еще не один год, прежде чем накопители SSD будут массово устанавливаться в портативных ПК, а в рядовых настольных ПК они вряд ли получат широкое распространение, по крайней мере, до тех пор, пока их стоимость не сравнится со стоимостью обычных жестких дисков.

Флеш-накопители USB

Устройства флеш-памяти, созданные на основе интерфейса USB, являются альтернативой накопителям на гибких дисках и сменным носителям Zip/SuperDisk и представляют собой более удобный способ обмена данными между системами. В 2000 году был представлен первый удачный накопитель этого типа — ThumbDrive, созданный в компании Trek; он положил начало появлению различных имитаций, многие из которых были снабжены зажимом или цепочкой для ключей, которые подчеркивали их миниатюрные размеры.

Примечание

Очень часто USB-накопители встраиваются в самые разные устройства, такие как ручки и ножи, например в армейский нож Victorinox SwissMemory Swiss Army Knife (его флеш-память имеет объем до 1 Гбайт).

В отличие от других типов флеш-памяти, флеш-картам не требуется специальное устройство считывания данных, поскольку их можно подключить к любому порту или концентратору USB. Несмотря на то что в Windows 98 и Windows 98SE для них требуется специальный драйвер, в более новых версиях, в частности в Windows XP и Vista, данные могут считываться непосредственно с накопителей USB. Флеш-памяти USB, как и другим устройствам флеш-памяти, при подключении к компьютеру присваивается определенное имя диска. Емкость накопителей колеблется в пределах от 16 Мбайт до 16 Гбайт. Скорость передачи данных в устройствах USB 1.1 составляет 1 Мбайт/с, а в устройствах USB 2.0 — 5–15 Мбайт/с при чтении и 5–13 Мбайт/с при записи. Устройства USB 2.0 отличаются по своему быстродействию, так

что обращайте внимание при их покупке на производительность, указанную в технических характеристиках.

Совет

Если устройство считывания карт памяти (или сканер) подключено к концентратору или порту USB, то перед подключением флеш-карты USB его следует отключить. Дело в том, что в некоторых случаях могут возникнуть конфликты между используемыми драйверами. Так что перед вставкой флеш-карты отключите остальные устройства с помощью значка безопасного извлечения устройств, находящегося в области уведомлений панели задач Windows. После того как флеш-карта будет распознана системой, все эти устройства можно снова включить.

В одних флеш-картах USB имеется механический переключатель защиты от записи, который обеспечивает дополнительную защиту данных; другие модели включают или поддерживают функцию шифрования данных, защищенных паролем. Одни накопители могут использоваться также в качестве загрузочного устройства (если BIOS обеспечивает соответствующую поддержку), другие содержат сканер биометрических данных, являющихся ключом для доступа к информации. Остальные используют более традиционные программные механизмы защиты.

Некоторые довольно редкие флеш-карты USB могут выступать в качестве устройств чтения карт памяти MMC, SD, xd-Picture Card, Memory Stick и Memory Stick Pro. На самом деле это обычные флеш-карты, в которых собственная память удалена, — они используются в качестве переходников к картам памяти.

Сравнение устройств флеш-памяти

Решая вопрос о выборе устройства хранения информации, желательно сопоставить особенности каждого продукта со своими потребностями. Перед покупкой устройств флеш-памяти нужно ответить на ряд вопросов.

- **Какие устройства флеш-памяти поддерживаются цифровой камерой или другим устройством?** Хотя многие типы карт памяти взаимозаменяемы, наилучшие результаты можно получить, если использовать устройство с типом памяти, для которой оно было спроектировано.
- **Какую емкость памяти поддерживает устройство?** Емкость устройств флеш-памяти постоянно растет, однако не каждая цифровая камера способна работать с высокоемкими носителями. Все вопросы совместимости можно выяснить на сайте производителя устройства.
- **Чем одни устройства флеш-памяти лучше других?** Некоторые производители выпускают устройства, обладающие возможностями, превышающими предусмотренные стандартами для флеш-памяти (например, повышенная скорость чтения/записи или дополнительная защита). Эти дополнительные функции обычно предназначены для конкретных моделей цифровых камер. Так что не стоит тратить дополнительные средства на то, чем не сможет воспользоваться ваше устройство.

Только карты ATA Data Flash можно напрямую подключать к портативным компьютерам через разъем PC Card. Все остальные типы устройств для передачи данных требуют наличия специальных адаптеров. На рис. 10.2 показано соотношение размеров карт флеш-памяти и монеты достоинством в один цент.

В табл. 10.2 представлен краткий обзор основных типов устройств флеш-памяти. Следует отметить, что некоторые карты памяти малой емкости могут входить в комплект поставки цифровых камер.

Обычно рекомендуется приобретать устройства (цифровые камеры, “карманные” компьютеры (PDA) и т.п.), в которых используется флеш-память CompactFlash (CF), SecureDigital (SD) или флеш-карты USB. Флеш-память других типов значительно менее популярна, что связано с ограниченной емкостью устройств, их низкой производительностью, высокой стоимостью и оригинальной конструкцией.

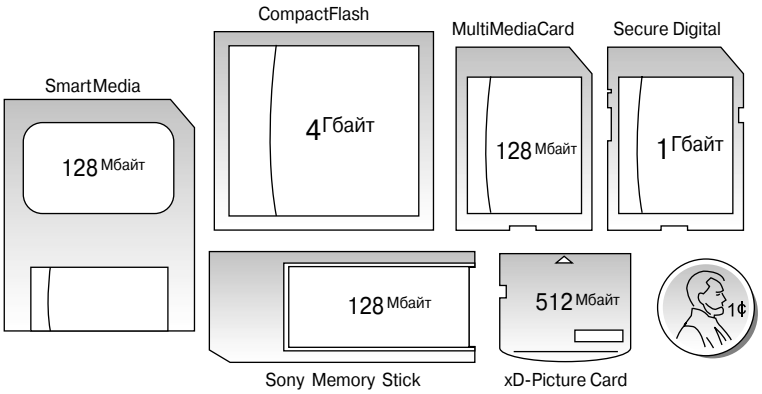


Рис. 10.2. Устройства флеш-памяти SmartMedia, CompactFlash, MultiMediaCard, SecureDigital и xD-Picture Card. Некоторые из них чуть больше одноцентовой монеты (внизу справа)

Таблица 10.2. Емкость карт флеш-памяти

Устройство	Минимальная емкость	Максимальная емкость	Примечания
CompactFlash+	16 Мбайт	100 Гбайт	Самая высокая емкость; наиболее гибкий формат; поддерживается наилучшими цифровыми камерами. Компании Lexar Media и SanDisk выпускают также более производительную версию носителей CF+; кроме того, Lexar Media разработала USB-версию носителей CF+
Smart Media	16 Мбайт	512 Мбайт	Популярный вариант для старых цифровых фотоаппаратов Fujifilm и Olympus
Multi Media Card (MMC)	16 Мбайт	4 Гбайт	Карты MMC совместимы с большинством разъемов SD
SecureDigital (SD)	16 Мбайт	64 Гбайт	Карты SD не совместимы с разъемами MMC
MiniSD	128 Мбайт	4 Гбайт	Для вставки в разъем SD используется адаптер
MicroSD	128 Мбайт	16 Гбайт	Для вставки в разъем SD используется адаптер
Memory Stick	16 Мбайт	1 Гбайт	Разработана компаний Sony; Lexar Media получила лицензию на ее производство
Memory Stick Pro (также известна как Memory Stick Magic Gate)	256 Мбайт	4 Гбайт	Является расширенной высокоскоростной версией Memory Stick с поддержкой регулирования прав на копирование цифровых данных
Memory Stick Pro Duo	256 Мбайт	16 Гбайт	Уменьшенная по размеру версия Memory Stick PRO
ATA Flash	16 Мбайт	2 Гбайт	Не требует адаптера; подключается непосредственно к разъему PC Card (PCMCIA)
xD-Picture Card	16 Мбайт	2 Гбайт	Чтобы получить лучшие результаты, используйте носители и фотоаппарат одной торговой марки
Флеш-карта USB	16 Мбайт	128 Гбайт	Некоторые из носителей поддерживают защиту данных с помощью паролей и возможность защиты от записи

Карты CompactFlash (CF) получили наибольшее распространение в профессиональных и любительских цифровых камерах, отличаются высокой емкостью, довольно низкими ценами и сравнительно небольшими размерами. С помощью небольшого и относительно недорого пассивного адаптера CF-карты подключаются непосредственно к разъемам PC Card, которые имеются во всех ноутбуках. Таким образом, когда эти карты не используются в цифровых камерах или других устройствах, их можно применять в портативном компьютере в качестве дополнительного внешнего жесткого диска. В течение долгого времени цифровые камеры и другие устройства, в которых использовались запоминающие устройства CompactFlash, были вне конкуренции. Емкость этих устройств достигает 15 Гбайт и более. Кроме того, они имеют более высокое быстродействие, чем устройства других типов.

Устройства SecureDigital, приобретающие все большую популярность, имеют достаточно высокую скорость передачи данных и емкость до 8 Гбайт. В разъемы SD могут устанавли-

ваться также карты MultiMediaCard (MMC), толщина которых значительно меньше. К сожалению, утверждать обратное нельзя — разъемы MMC не подходят для установки карт SD.

Флеш-карты USB редко используются в цифровых камерах и PDA ввиду их относительно большого размера. В то же время интерфейс USB получает повсеместное распространение, что возводит флеш-карты USB в ранг самого удобного средства перемещения данных между разными системами.

Как правило, я не обращаю особого внимания на другие форматы устройств флеш-памяти, так как они либо являются собственными разработками отдельных компаний (таких, как Memory Stick или xD-Picture Card), либо имеют ограниченную емкость, доступность или распространение.

Перемещение устройств флеш-памяти из камеры в компьютер

В настоящее время существует несколько устройств для переноса данных с карт флеш-памяти цифровых камер и других устройств в компьютер. И хотя некоторые цифровые камеры поставляются с кабелем USB, это самый медленный метод даже для камер с низким разрешением, т.е. менее одного миллиона точек по горизонтали.

Устройства считывания с карт флеш-памяти

Практически все производители карт флеш-памяти предлагают устройства для их считывания, которые могут быть использованы для перемещения данных с фирменных карт в компьютер. Эти устройства обычно подключаются к параллельному порту или порту USB.

Многие потребители, имеющие компьютеры или какие-либо электронные устройства, применяют флеш-память различных типов. Многие производители теперь предлагают мультиформатные устройства считывания, такие как SanDisk 12-in-1 Card Reader/Writer (рис. 10.3).



Рис. 10.3. Устройство считывания SanDisk 12-in-1 Card Reader/Writer подключается к порту Hi-Speed USB (USB 2.0) и устанавливается на подставке. Фотография предоставлена компанией SanDisk

Устройства считывания также доступны в виде внутренних устройств, устанавливаемых в отсек для дисковода и подключаемых кабелем к внутренним разъемам USB системной платы.

По своим функциональным возможностям они аналогичны внешним устройствам. Один из недостатков внутренних устройств считывания — необходимость открыть корпус ПК для отключения устройства. Это может потребоваться при переустановке операционной системы во избежание неправильного назначения букв дисков.

Прежде чем приобретать внешнее устройство чтения, изучите свой ПК и фотопринтер, который может быть оснащен встроенным устройством для чтения карт памяти. Устройства чтения, встроенные в принтер, особенно полезны, так как позволяют печатать фотографии прямо с карт памяти, не обращаясь за помощью к ПК.

Адаптеры типа PC Card II

Во время работы в "полевых условиях" карта флеш-памяти может быть подключена к разъему типа PC Card II. Для этого ее следует вставить в адаптер, а затем подсоединить к разъему PC Card II портативного компьютера. Карта CompactFlash и адаптер PC Card II показаны на рис. 10.4. При использовании устройства считывания карты выясните, существует ли соответствующее устройство сопряжения для конкретной карты флеш-памяти.

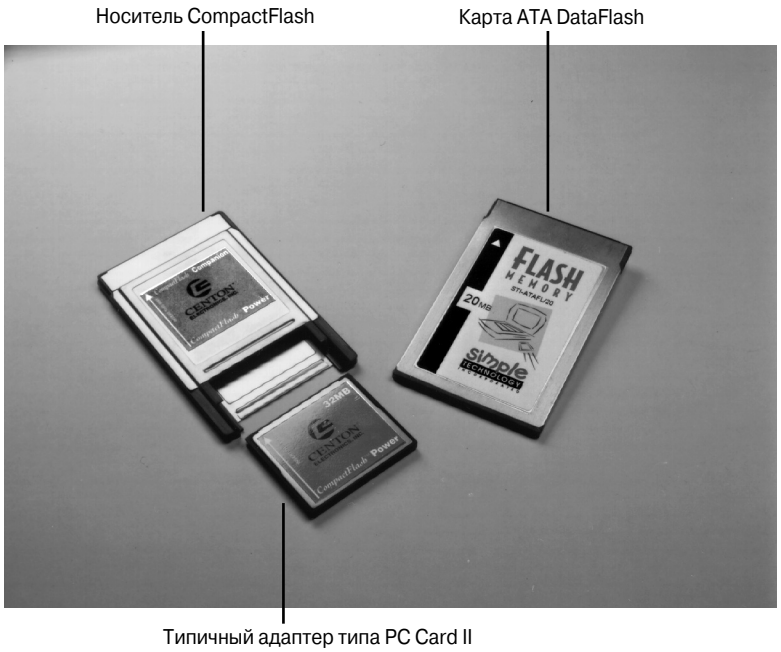


Рис. 10.4. Типичный адаптер типа PC Card II с носителем CompactFlash рядом с картой ATA DataFlash

Технология Microdrive

Устройство Hitachi Microdrive было изначально разработано компанией IBM, но в настоящее время продается под торговой маркой Hitachi Global Storage Technologies. Накопители Microdrive также производятся рядом других компаний по OEM-соглашениям. Microdrive — это настоящий жесткий диск, пластины которого вращаются со скоростью 3600 об/мин, оснащенный кэш-памятью объемом 128 Кбайт.

С момента представления компанией IBM накопитель Microdrive в формфакторе CompactFlash Type II значительно "вырос": его объем увеличился с первоначальных 170 Мбайт до 8 Гбайт. В табл. 10.3 приведены сравнительные характеристики современных моделей накопителей Microdrive с интерфейсом CompactFlash (CF) Type II. Подобные накопители мож-

но использовать вместе с цифровыми фотоаппаратами и другими устройствами, совместимыми с картами CompactFlash Type II.

Таблица 10.3. Накопители Microdrive с интерфейсом CompactFlash Type II производства компании Hitachi

Спецификации	3K4-4	3K6-6	3K8
Объем, Гбайт	4	6	8
Размер, мм	42,8×36,4×5	42,8×36,4×5	40×30×5
Вес, г	16	16	13
Время позиционирования, мс	12	12	12
Максимальная скорость передачи данных носителя, Мбит/с	97,9	125	131
Максимальная скорость передачи данных интерфейса, Мбайт/с	33	33	33
Максимальная скорость непрерывной передачи данных, Мбайт/с	7,2	9,4	10,0
Нагрузка в рабочем состоянии	200G (2 мс)	200G (2 мс)	400G (2 мс)
Нагрузка в нерабочем состоянии	2000G (1 мс)	2000G (1 мс)	2000G (1 мс)

Подробные сведения о накопителях Microdrive можно найти на сайте по адресу `www.hitachigst.com`.

Магнитные устройства хранения высокой емкости

Накопители на магнитных носителях высокой емкости — достаточно "разношерстная братия". Однако в связи с постоянной конкуренцией со стороны флеш-карт USB (емкостью до 16 Гбайт), внешних жестких дисков с интерфейсом USB и FireWire (емкость — от 20 Гбайт), перезаписываемых DVD (4,7/8,5 Гбайт) на рынке осталось только две линейки продуктов, причем обе от компании Iomega:

- **Zip** — гибкие носители емкостью 100, 250 и 750 Мбайт;
- **REV** — твердые носители емкостью 35 и 70 Гбайт.

Дисковод для гибких дисков

Работая в IBM, Алан Шугарт в конце 1960-х годов изобрел накопитель на гибких дисках. В 1967 году он возглавлял команду, которая разрабатывала дисководы в лаборатории IBM. Именно здесь были созданы накопители на гибких дисках. Дейвид Нобль, один из старших инженеров, работающих под руководством Шугарта, предложил гибкий диск (прообраз дискеты диаметром 8 дюймов) и защитный кожух с тканевой прокладкой. В 1969 году Шугарт и вместе с ним более ста инженеров покинули IBM, и в 1976 году его компания Shugart Associates представила дисковод для миниатюрных гибких дисков на 5,25 дюйма, который стал стандартом, используемым в персональных компьютерах, быстро вытеснив дисководы для дисков диаметром 8 дюймов. Компания Shugart Associates также представила интерфейс Shugart Associates System Interface (SASI), который после формального одобрения комитетом ANSI в 1986 году был переименован в Small Computer System Interface (SCSI).

В 1983 году компания Sony впервые представила компьютерному сообществу накопитель и дискету диаметром 3,5 дюйма. В 1984 году компания Hewlett-Packard впервые использовала этот накопитель в своем компьютере HP-150. В этом же году Apple стала использовать накопители формата 3,5 дюйма в компьютерах Macintosh, а в 1986 году этот накопитель появился в компьютерных системах IBM и с 1987 года стал стандартным компонентом PC-совместимых ПК.

Все дисководы базируются на оригинальных разработках Шугарда (или, как минимум, совестимы с ними), в том числе и электрические цепи и интерфейс команд. По сравнению с другими компонентами ПК накопители на гибких магнитных дисках оказались наиболее "консервативными", ведь их характеристики почти не изменились за многие годы.

В табл. 10.4 представлены краткие сравнительные характеристики всех этих накопителей. Как видите, значения емкости зависят от целого ряда параметров, и некоторые из них одина-

ковы для всех накопителей. Например, все накопители предполагают использование секторов объемом 512 байт, что справедливо и в отношении жестких дисков.

О принципах хранения информации на магнитных носителях см. в главе 8.

Таблица 10.4. Параметры форматирования гибких дисков

	Современные форматы					Устаревшие форматы		
Диаметр диска, дюймы	**3,5**	**3,5**	**3,5**	**5,25**	**5,25**	**5,25**	**5,25**	**5,25**
Емкость диска, Кбайт	**2880**	**1440**	**720**	**1200**	**360**	**320**	**180**	**160**
Байт описания носителя	F0h	F0h	F9h	F9h	FDh	FFh	FCh	Feh
Количество сторон (головок)	2	2	2	2	2	2	1	1
Количество дорожек на каждой стороне	80	80	80	80	40	40	40	40
Количество секторов на дорожке	36	18	9	15	9	8	9	8
Размер сектора, байты	512	512	512	512	512	512	512	512
Количество секторов в кластере	2	1	2	1	2	2	1	1
Длина FAT в секторах	9	9	3	7	2	1	2	1
Количество FAT	2	2	2	2	2	2	2	2
Длина корневого каталога в секторах	15	14	7	14	7	7	4	4
Максимальное количество элементов в корневом каталоге	240	24	112	224	112	112	64	64
Общее количество секторов на диске	5760	2880	1440	2400	720	640	360	320
Количество доступных секторов	5726	2847	1426	2371	708	630	351	313
Количество доступных кластеров	2863	2847	713	2371	354	315	351	313

Сейчас многие используют флеш-карты USB для переноса между компьютерами достаточно больших объемов информации (до 2 Гбайт и более). И все равно дискеты могут пригодиться при восстановлении данных. Хотя я давно не использую дискеты для сохранения новых данных, мой компьютер все равно оснащен накопителями формфакторов 5,25 и 3,5 дюйма на тот случай, если мне потребуются старые диски.

Дисковод формата 3,5 дюйма для дисков емкостью 1,44 Мбайт

Дисководы формата 3,5 дюйма для дисков емкостью 1,44 Мбайт высокой плотности (HD) впервые появились в компьютерах IBM типа PS/2 в 1987 году. Несмотря на то что компания IBM не предлагала дисководы этого типа для старых компьютеров, многие продавцы IBM-совместимых компьютеров начали устанавливать их по желанию покупателя сразу после появления в PS/2.

Эти дисководы записывают 80 цилиндров, каждый из которых состоит из двух дорожек; каждая дорожка содержит 18 секторов, в результате чего создается емкость величиной 1,44 Мбайт. Многие производители дискет указывают на них емкость 2,0 Мбайт (разница между емкостями образуется в результате форматирования). Отмечу, что общая емкость отформатированного диска учитывает также пространство, отводимое для таблицы размещения файлов (FAT), в результате для хранения самих файлов остается только 1423,5 Кбайт.

Данные дисководы имеют скорость вращения 300 об/мин и поэтому правильно взаимодействуют с существующими контроллерами высокой и низкой плотности. Для обеспечения скорости передачи данных 500 тыс. бит/с, которая является максимальной для большинства стандартных контроллеров дисководов высокой и низкой плотности, эти дисководы должны иметь скорость 300 об/мин. Чтобы дисковод вращал дискету со скоростью 360 об/мин, как дисковод формата 5,25 дюйма, число секторов на дорожку должно быть уменьшено до 15, иначе контроллер не будет успевать обрабатывать сигналы. Другими словами, дисководы формата 3,5 дюйма на 1,44 Мбайт записывают в 1,2 раза больше данных, чем дисководы формата 5,25 дюйма на 1,2 Мбайт, при этом дисководы на 1,2 Мбайт вращают диск в 1,2 раза быстрее, чем дисководы на 1,44 Мбайт. В этих дисководах высокой плотности скорость передачи данных одинакова, и они совместимы с одними и теми же контроллерами. Поскольку дисководы формата 3,5 дюйма высокой плотности могут работать со скоростью передачи данных

500 тыс. бит/с, контроллер, который поддерживает дисковод формата 5,25 дюйма на 1,2 Мбайт, может поддерживать и дисковод на 1,44 Мбайт.

Ниже перечислены другие типы накопителей на гибких магнитных дисках, которые использовались в недалеком прошлом.

- **3,5-дюймовый накопитель емкостью 2,88 Мбайт**. Этот типоразмер использовался в начале 1990-х годов в некоторых моделях IBM PS/2.
- **3,5-дюймовый накопитель емкостью 720 Кбайт**. Этот типоразмер использовался компанией IBM и другими производителями начиная с 1986 года до появления 3,5-дюймового накопителя емкостью 1,44 Мбайт.
- **5,25-дюймовый накопитель емкостью 1,2 Мбайт**. Был разработан в 1984 году компанией IBM для модели IBM AT и широко использовался до конца десятилетия.
- **5,25-дюймовый накопитель емкостью 360 Кбайт**. Улучшенная версия накопителя на гибких дисках, предназначенного для IBM PC; использовался в 1980-х годах на машинах класса XT и некоторых машинах класса AT.

Интерфейсы накопителей на гибких дисках

Существует несколько методов подключения накопителей на гибких магнитных дисках к персональному компьютеру. Во всех дисководах гибких дисков для ПК используется интерфейс Shugart Associates SA-400, созданный Шугартом в 1970-х годах; он базируется на микросхеме контроллера NEC 765. Благодаря этому стандартному интерфейсу можно покупать дисководы любых производителей, и они окажутся совместимыми.

Как известно, традиционный контроллер накопителей на гибких дисках работает только внутри системы, поэтому подключение внешних накопителей обычно осуществляется с помощью шины USB или какого-либо альтернативного интерфейса. Довольно часто накопители USB или дисководы другого типа включают в себя стандартный накопитель на гибких дисках, выполненный в виде внешнего блока и содержащий интерфейсный преобразователь USB-to-floppy. В системах типа "legacy-free" стандартный контроллер накопителя на гибких дисках не применяется, а для подключения накопителя обычно используется шина USB. Иногда накопители подключаются с помощью шины FireWire (IEEE 1394) или параллельных интерфейсов.

Компоненты дисковода

В этом разделе описываются основные компоненты дисковода и поясняется, как они взаимодействуют во время чтения и записи данных (рис. 10.5).

Головки чтения/записи

Дисковод, как правило, имеет две *головки чтения/записи* данных, т.е. является двусторонним. Для каждой стороны диска предназначено по одной головке; обе головки используются для чтения и записи на соответствующих поверхностях диска (рис. 10.6). Когда-то в персональных компьютерах устанавливались односторонние дисководы (например, в первых компьютерах), но сегодня они уже стерты из человеческой памяти.

Примечание

Многие пользователи не знают, что первой является нижняя головка (т.е. головка 0). В односторонних дисководах используется фактически только нижняя головка, а верхняя заменяется войлочной прокладкой. Верхняя головка (головка 1) расположена не точно над нижней, а смещена на четыре или восемь дорожек ближе к центру (относительно нее) в зависимости от типа дисковода. По этой причине использование термина "цилиндр" несколько озадачивает — скорее это "конус".

Головки приводятся в движение устройством, которое называется *приводом головок*. Они могут перемещаться по прямой линии и устанавливаться над различными дорожками. Голов-

ки двигаются по касательной к дорожкам, которые они записывают на диск. Поскольку верхняя и нижняя головки монтируются на одном механизме, они двигаются одновременно и не могут перемещаться независимо друг от друга. Положение верхней и нижней головок определяет размещение дорожек на сторонах гибкого диска. В любом положении головки дорожки верхней и нижней частей диска формируют *цилиндр*. Большинство дискет имеет по 80 дорожек на каждой стороне (всего 160), формирующих 80 цилиндров.

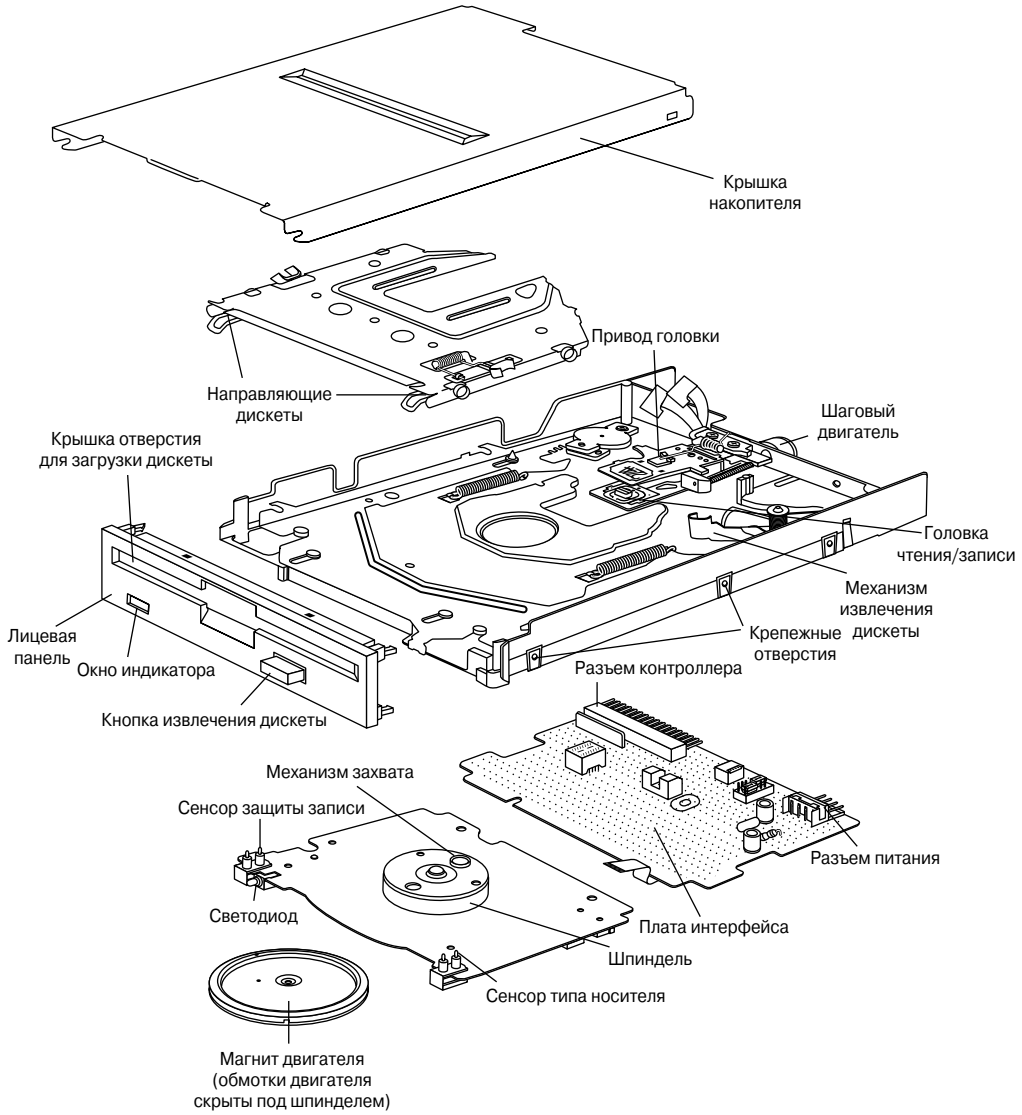


Рис. 10.5. Стандартный дисковод

Сами головки представляют собой электромагнитные катушки с сердечниками из мягкого сплава железа. Каждая головка является сложным механизмом, в котором головка чтения/записи расположена между двумя стирающими головками в одной физической сборке (рис. 10.7).

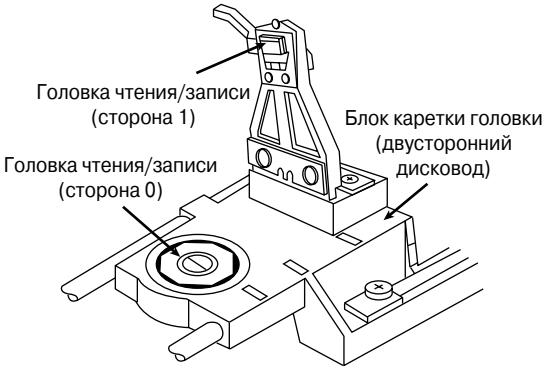


Рис. 10.6. Блоки головок в двустороннем дисководе

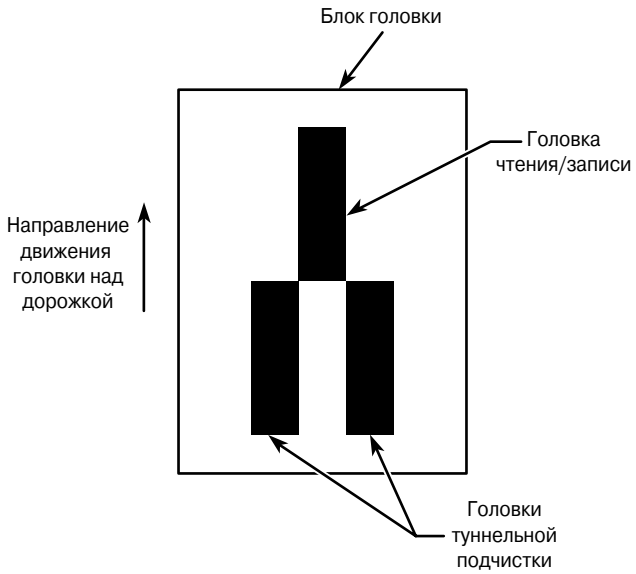


Рис. 10.7. Конструкция головки дисковода для гибких дисков

Запись на дискету выполняется так называемым методом *туннельной подчистки*. При нанесении дорожек дополнительные головки стирают внешние границы, аккуратно подравнивая их на диске. Эти головки следят, чтобы данные находились только в пределах определенного узкого "туннеля" на каждой дорожке. Это препятствует искажению сигнала одной дорожки сигналами с соседних дорожек. Если сигнал "съедет" в сторону, могут возникнуть проблемы. Дополнительное позиционирование дорожек исключает такую возможность.

Головки снабжены пружинами и прижимаются к диску под небольшим давлением. Это означает, что они находятся в непосредственном контакте с поверхностью диска во время чтения и записи. Поскольку дисководы для гибких дисков в персональных компьютерах имеют скорость вращения всего 300 или 360 об/мин, это давление не вызывает особых проблем, связанных с трением. Новейшие диски покрываются специальными составами для уменьшения трения и повышения скольжения. В результате контакта на головках постепенно образуется налет оксидного материала диска. Этот слой должен периодически счищаться с головок во время профилактического ремонта или обычного обслуживания. Большинство

производителей рекомендуют чистить головки каждые 40 часов активного использования устройства. Учитывая популярность дискет в современном мире, этот период можно сравнить с вечностью.

Для правильного чтения и записи информации головки должны находиться в непосредственном контакте с записывающей средой. Очень маленькие частицы отколовшегося оксида, грязь, пыль, дым и отпечатки пальцев могут вызвать проблемы при чтении и записи данных. Исследования производителей дисков и драйверов показали, что зазор величиной 0,000032 дюйма между головками и записывающей средой может вызывать ошибки чтения/записи.

Контроллер

В первых моделях компьютеров накопители на гибких дисках подключались к плате расширения, установленной в разъем ISA системной платы. Позднее эти платы были усовершенствованы: кроме поддержки накопителя на гибких дисках, была добавлена поддержка последовательного и параллельного портов, а также интерфейса IDE/ATA. В настоящее время все эти устройства интегрированы в системную плату. Некоторые системы имеют микросхему Super I/O, которая, среди всего прочего, управляет параллельным и последовательным интерфейсами. В других системах функции Super I/O включены в микросхему южного моста. Независимо от своего местонахождения, контроллер логики дисковода связан с системой шиной ISA или LPC и функционирует так же, как если бы находился на отдельной плате расширения. Все эти встроенные контроллеры обычно конфигурируются в настройках BIOS и могут быть отключены, если соответствующие устройства в системе не установлены.

Независимо от своего типа (внешний или интегрированный) контроллер использует следующие ресурсы:

- запрос на прерывание — IRQ 6;
- канал прямого доступа к памяти — DMA 2;
- порты ввода-вывода — 3F0–3F5, 3F7.

Эти ресурсы стандартизированы, и изменять их не следует. Они даже не пытаются использовать другие устройства, что по определению исключает конфликты. Системы, позиционированные как “legacy-free”, не содержат микросхемы Super I/O и соответственно контролера дисковода. В таких системах может использоваться только внешний дисковод, подключаемый к порту USB.

Традиционные платы контроллеров гибких дисков поддерживали два привода магнитных дисков — “A:” и “B:”. Большинство современных систем с интегрированной микросхемой Super I/O поддерживает только один дисковод.

Разъемы

Почти все дисководы имеют хотя бы два разъема: один — для подводимого к дисководу электрического питания, а другой — для передачи сигналов управления и данных к дисководу и от него. Эти разъемы в компьютерной промышленности стандартизированы. Четырехконтактный линейный разъем Mate-N-Lock компании AMP большого и малого размеров используется для подключения питания (рис. 10.8), а 34-контактные разъемы — для сигналов данных и управления. В дисководах формата 5,25 дюйма обычно используется большой разъем питания *Molex* (такой же, как на жестких дисках и приводах CD-ROM), в то время как в большинстве дисководов формата 3,5 дюйма — малый разъем *Berg*.

Оба разъема, Molex и Berg, со стороны кабеля питания являются разъемами-“мамами”. Они насаживаются на штыревой разъем (“папу”), который прикреплен непосредственно к дисководу. Следует обратить внимание, что раскладки контактов разъемов Berg и Molex прямо противоположны.

Одна из наиболее распространенных проблем, связанных с установкой накопителей формата 3,5 дюйма, — это отсутствие свободного маленького разъема, необходимого для подключения дисковода. В данном случае пригодится переходник от Molex-Berg или же разветви-

тель, который позволяет “превратить” один разъем Molex в один Berg и один Molex или же в два разъема Berg.

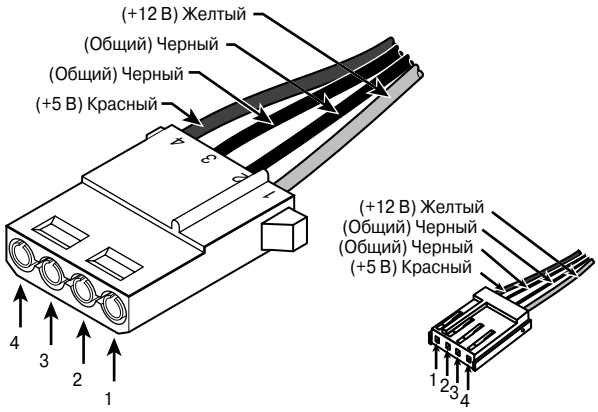


Рис. 10.8. Силовые разъемы дисковода: Molex (большой) и Berg (маленький)

Интерфейсный кабель привода гибких дисков

На дисководах формата 3,5 и 5,25 дюйма используется 34-контактный разъем. Назначение контактов разъема описано в табл. 10.5.

Таблица 10.5. Назначение контактов разъема стандартного дисковода

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Общий	2	Выбор плотности DD/HD
3	Ключ[1]	4	Не используется
5	Ключ[1]	6	Выбор плотности ED[2]
7	Общий	8	Индекс
9	Общий	10	Активизация двигателя A:
11	Общий	12	Выбор дисковода B:
13	Общий	14	Выбор дисковода A:
15	Общий	16	Активизация двигателя B:
17	Общий	18	Направление (шаговый мотор)
19	Общий	20	Импульс шага
21	Общий	22	Запись данных
23	Общий	24	Запись разрешена
25	Общий	26	Дорожка 0
27	Общий	28	Запрещение записи
29	Общий	30	Чтение данных
31	Общий	32	Выбор головки
33	Общий	34	Смена диска

1. Контроллеры и устройства могут иметь один, два или нуль ключевых (отсутствующих) контактов.

2. Только для контроллеров, поддерживающих устройства HD (2,88 Мбайт); в остальных не используется.

Дисковод подключается к разъему системной платы с помощью “странного” кабеля. Для подключения различных дисководов в этом кабеле содержится пять разъемов: один — для подключения к системной плате и по одному — для каждого типа дисковода (3,5 и 5,25 дюйма) и каждого типа подключения (A и B). Избыточные разъемы обеспечивают подключение любой комбинации 3,5- и 5,25-дюймовых дисководов (рис. 10.9).

Существуют и варианты кабеля для подключения только 3,5-дюймовых дисководов.

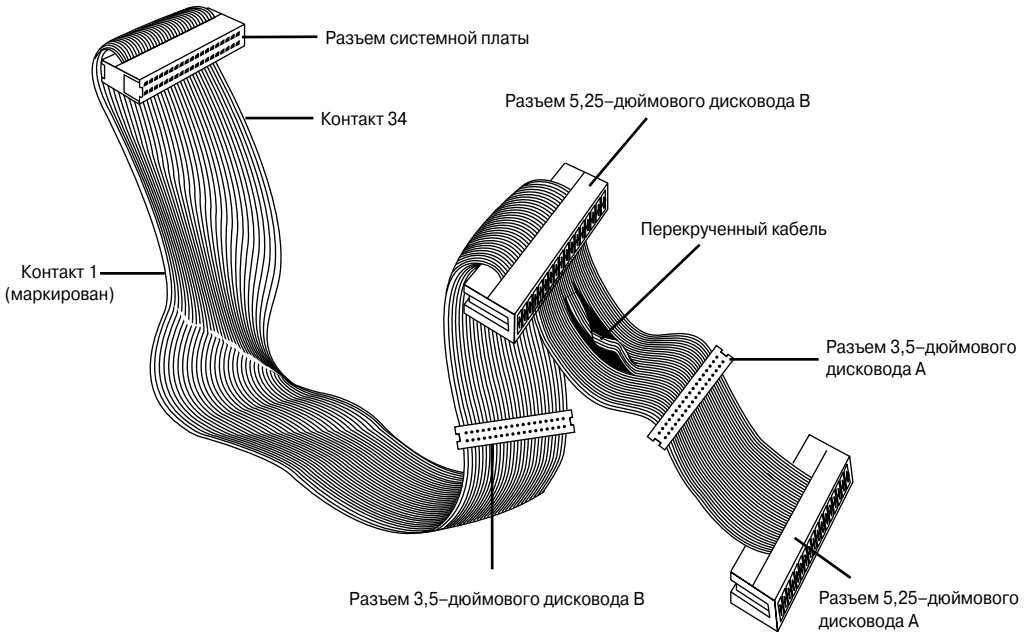


Рис. 10.9. Стандартный кабель для подключения дисковода

В этом кабеле линии 10–16 разрезаны и перекручены между разъемами разных дисководов. В составе перекручиваемых сигнальных кабелей находятся первое и второе положения перемычки выбора дисковода. В результате перемычки обоих подключаемых к кабелю дисководов имеют согласованное положение. Такой подход упрощает установку дисководов A и B без необходимости ручного конфигурирования.

Вы можете даже не подозревать о существовании подобных перемычек, поскольку “перекрутка” на кабеле предотвращает необходимость изменения их положения. На современных накопителях перемычки практически не встречаются. При установке двух накопителей в одной системе (что в наши дни большая редкость) кабель изменяет конфигурацию сигнала DS для накопителя, подключенного после “перекрутки”. Таким образом, дисковод, для которого задано второе положение DS (B), с точки зрения контроллера кажется накопителем, для которого задано первое положение DS (A). Распространение подобных кабелей на рынке привело к тому, что на дисководах перестали использоваться соответствующие перемычки, независимо от того, сколько в системе накопителей — один или два.

Если в системе установлен только один накопитель, используйте разъем после “перекрутки”, так как при этом накопитель будет распознан как диск “A:”. Хотя в настоящее время в этом практически нет необходимости, многие программы настройки BIOS позволяют поменять местами накопители “A:” и “B:” без изменения кабелей. Если в вашем компьютере установлен старый накопитель формата 5,25 дюйма как диск “B:”, а с точки зрения программы он должен быть представлен как диск A:, воспользуйтесь данной возможностью, чтобы избежать необходимости вскрывать системный блок.

Примечание

Исходный интерфейс Shugart SA400 допускал подключение к одному кабелю до четырех накопителей формата 5,25 дюйма. Однако компания IBM изменила схему назначения контактов, чтобы ограничить количество накопителей двумя, избавляя при этом от необходимости задавать режим работы накопителя с помощью перемычек.

Использование дисковода операционной системой

С точки зрения операционной системы данные на дискетах разделены по дорожкам и секторам точно так, как на жестких дисках. *Дорожки* — это узкие концентрические окружности на диске; каждая дорожка разделена на секторы

Характеристики классической дискеты формата 3,5 дюйма емкостью 1,44 Мбайт таковы:

- байтов/секторов — 512;
- секторов на дорожку — 18;
- дорожек на стороне — 80;
- ширина дорожки — 0,115 мм;
- количество сторон — 2;
- объем (КиБ) — 1440;
- объем (МиБ) — 1,406;
- объем (Мбайт) — 1,475.

Емкость дискеты можно выразить одним из нескольких способов. Например, дискета емкостью 1,44 Мбайт при использовании десятичного определения мегабайта способна содержать 1,475 Мбайт. Это связано с тем, что при определении емкости дискет использовались двоичные единицы (1024 байт), которые изначально (совершенно неправильно) обозначались как Кбайт. Во избежание путаницы между двоичными и десятичными стандартами МЭК принял для обозначения двоичных килобайтов новую аббревиатуру — *КиБ*.

Несмотря на появление стандартов МЭК, использование двоичной системы счислений (1024 байт составляют 1 КиБ) для определения емкости гибких или жестких дисков осталось традиционным методом, в котором 1024 байт заведомо неправильно обозначаются как 1 Кбайт. По аналогии с этим появилось и неправильное обозначение Мбайт (1 Мбайт = 1024 Кбайт). Таким образом, гибкий диск с фактической емкостью 1440 КиБ обозначается как 1,44-мегабайтовый, несмотря на то, что в действительности он содержит 1,406 МиБ, или 1,475 млн. байт.

Примечание

Для измерения емкости накопителей на гибких и жестких дисках используются как мегабайты, так и миллионы байтов (сокращенно — Мбайт и М), что зачастую приводит к полной неразберихе. Для того чтобы выйти из этого положения, были разработаны специальные префиксы МЭК для двоичных множителей. Для того чтобы получить более подробную информацию об использовании префиксов МЭК в двоичной системе счисления, обратитесь по такому адресу:

`http://physics.nist.gov/cuu/Units/binary.html`

На новых дискетах, как на чистых листах бумаги, нет никакой информации. Форматирование дискеты подобно нанесению линий на бумагу (для того чтобы можно было писать ровно). При форматировании на дискету записывается информация, которая необходима операционной системе для поддержания каталога и таблицы размещения файлов. При этом удаляются все данные, ранее содержавшиеся на диске. Это подобно одновременно и низкоуровневому, и высокоуровневому форматированию жесткого диска; отличие заключается в том, что операция создания разделов не требуется.

Примечание

Параметр быстрого форматирования, доступный в большинстве версий Windows, приводит к очистке содержимого диска и проверяет файловую систему, а не полностью удаляет ее. Если вы запускаете программу `FORMAT.EXE` из командной строки, для выполнения быстрого форматирования достаточно использовать переключатель `/Q`. Следует заметить, что для обнаружения проблем в файловой системе его использовать не рекомендуется. Системы Windows выполняют полное (низкоуровневое) форматирование, которое приводит к перезаписи файловой системы и очистке диска; для этого достаточно отключить быстрое форматирование.

Операционная система почти полностью резервирует дорожку, находящуюся на внешней границе дискеты (дорожку 0), для собственных нужд. В первом секторе этой дорожки (дорожка 0, сектор 1) находится *загрузочная запись* DOS (DBR) или *загрузочный сектор* (Boot Sector), который нужен для загрузки компьютера. В следующих нескольких секторах находятся *таблицы размещения файлов* (FAT), которые выполняют функции диспетчера, ведущего записи о том, в каких кластерах (т.е. ячейках размещения) на диске есть данные и какие из них сво-

бодны. И наконец, в нескольких следующих секторах находится *корневой каталог*, в котором DOS хранит информацию об именах и координатах начальных записей файлов.

Следует заметить, что уже много лет дискеты выпускаются в отформатированном виде, что экономит лишних пару минут пользователя на выполнение данной операции. Несмотря на это, пользователь может переформатировать дискету в любое время. В частности, это касается случаев, когда приобретенная дискета оказалась отформатированной для системы Mac, т.е. без форматирования ее нельзя использовать в PC-совместимых ПК.

Перемычка смены дискеты

Во всех современных компьютерах 34-й контакт интерфейсного кабеля дисковода используется для передачи сигнала, называемого *сигналом смены дискеты* (DC). С помощью этого сигнала можно определить, произошла ли смена дискеты и не вынималась ли она с момента последнего обращения к диску.

Сигнал смены дискеты импульсный, он изменяет регистр состояния в контроллере, и с его помощью компьютер узнает о том, что дискета была вставлена или извлечена. По умолчанию этот регистр устанавливается равным единице, чтобы указывать на то, что дискета была вставлена (изменена). Когда контроллер посылает шаговый импульс дисководу и тот отвечает, что головки перемещены, регистр очищается. В этот момент системе известно о том, что некоторая дискета находится в приводе. Если сигнал смены дискеты не будет получен до следующего обращения, система будет считать, что в дисководе находится все та же дискета. Следовательно, любая информация, считанная в память во время предыдущего доступа, может использоваться без повторного считывания диска.

Проблема возникает, когда дисковод не отсылает сигнал DC на контакт 34, хотя должен это делать. Если компьютер при загрузке CMOS получает информацию о том, что это не дисковод на 360 Кбайт (который не поддерживает сигнала DC), то система ожидает, что дисковод будет отсылать сигнал DC при смене дискеты. Если дисковод настроен неправильно и не отсылает сигнала DC, система никогда не сможет узнать о том, что произошла смена дискеты. Таким образом, если вы на самом деле смените дискету, система будет продолжать работать так, будто предыдущая дискета все еще находится в дисководе, т.е. сохранит каталог и таблицу размещения файлов первой дискеты в оперативной памяти. Это грозит разрушительными последствиями, так как таблица размещения файлов (FAT) и каталог первого диска могут быть частично перенесены на все последующие диски, записанные на этом дисководе.

Типы и параметры дискет

В табл. 10.6 приведены заслуживающие наибольшего внимания параметры всех типов дискет.

Таблица 10.6. Параметры магнитных покрытий дискет

	5,25 дюйма			3,5 дюйма		
Параметр магнитного покрытия	**Двойная плотность (DD)**	**Четверная плотность (QD)**	**Высокая плотность (HD)**	**Двойная плотность (DD)**	**Высокая плотность (HD)**	**Сверхвысокая плотность (ED)**
Плотность дорожек (TPI)	48	96	96	135	135	135
Линейная плотность (BPI)	5876	5876	9646	8717	17434	34868
Основа магнитного слоя	Феррит	Феррит	Кобальт	Кобальт	Кобальт	Барий
Коэрцитивная сила, Э	300	300	600	600	720	750
Толщина, микродюймы	100	100	50	70	40	100
Полярность записи	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Горизонтальная	Вертикальная

Дискеты формата 5,25 дюйма учетверенной плотности (QD) так и не стали стандартом для ПК. Дискету QD можно отформатировать, как обычную дискету двойной плотности емкостью 360 Кбайт.

Плотность записи

Диски имеют два типа плотности — радиальную и линейную. *Радиальная* плотность указывает, сколько дорожек может быть записано на диске, и выражается в количестве дорожек на дюйм (TPI). *Линейная* плотность — это способность отдельной дорожки накапливать данные; часто выражается в количестве битов на дюйм (BPI). К сожалению, эти типы плотности часто путают.

Коэрцитивная сила и толщина магнитного слоя

Коэрцитивная сила означает напряженность магнитного поля, необходимую для правильной записи данных на диск. Коэрцитивная сила, как и напряженность магнитного поля, измеряется в *эрстедах* (Э). Диску с высокой коэрцитивной силой для выполнения записи требуется более сильное магнитное поле. Диски с низкой коэрцитивной силой могут записываться слабыми магнитными полями. Другими словами, чем меньше коэрцитивная сила, тем чувствительнее диск.

Для накопителей HD и ED необходимо более высокое значение коэрцитивной силы, чтобы смежные магнитные домены не оказывали влияния друг на друга. Подобные накопители оказываются менее чувствительными и требуют использования более сильного магнитного поля для записи.

Еще одним важным фактором является толщина магнитного слоя диска. Чем тоньше магнитный слой, тем меньше влияет одна область диска на другую — соседнюю. Поэтому диски с тонким магнитным покрытием могут накапливать гораздо больше данных на дюйм без ухудшения качества.

Конструкция 3,5-дюймовых дискет

Дискеты формата 3,5 дюйма отличаются от старых 5,25-дюймовых дискет не только физическими размерами, но и конструкцией. Гибкий диск находится внутри пластикового футляра. Диск диаметром 3,5 дюйма имеет более жесткий футляр, чем диск диаметром 5,25 дюйма. Сами же диски, в сущности, одинаковы, за исключением, конечно, их размеров.

Дискеты диаметром 3,5 дюйма находятся в гораздо более жестком пластиковом корпусе, который позволяет стабилизировать диск. Запись на него может выполняться при гораздо большей плотности дорожек и данных, чем на дискетах диаметром 5,25 дюйма (рис. 10.10). Отверстие для доступа головок закрыто металлической заслонкой, которая открывается дисководом. Это защищает поверхность диска от воздействия окружающей среды и прикосновения пальцев. Заслонка также устраняет необходимость в дополнительном футляре для диска.

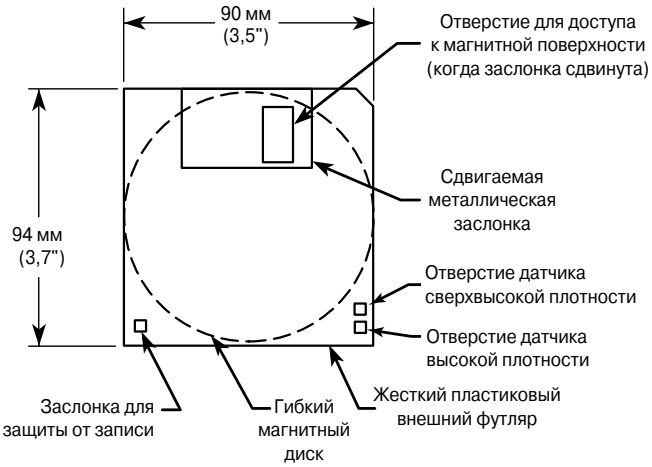


Рис. 10.10. Конструкция дискеты диаметром 3,5 дюйма

В случае повреждения заслонку можно снять с дискеты. При этом также следует извлечь пружину, удерживающую заслонку в закрытом состоянии. Затем содержимое дискеты рекомендуется скопировать на неповрежденный носитель.

Вместо индексного отверстия в дискетах диаметром 3,5 дюйма используется металлическая втулка с установочным отверстием, которая находится в центре дискеты. Дисковод захватывает металлическую втулку, а отверстие в ней позволяет правильно установить дискету.

В нижнем левом углу дискеты есть отверстие с пластиковой заслонкой, предназначенное для защиты от записи. Если заслонка расположена так, что отверстие открыто, значит, диск защищен от записи. Когда заслонка закрывает отверстие, запись разрешена. Для более надежной защиты от записи некоторые коммерческие программы поставляются на дискетах без заслонки, поэтому осуществить запись на диск не так-то просто. Эта технология прямо противоположна технологии, которая применялась в 5,25-дюймовых дискетах, где закрытое отверстие свидетельствовало о защите от записи.

На противоположной относительно отверстия защиты от записи стороне дискеты (справа) в футляре может быть еще одно отверстие, которое называется отверстием для датчика типа дискеты. Такое отверстие означает, что диск имеет особое покрытие и высокую или сверхвысокую плотность. Если отверстие для датчика типа дискеты находится точно напротив отверстия защиты, значит, емкость дискеты — 1,44 Мбайт. Если оно смещено к верхней части дискеты (металлическая заслонка в этом случае находится в верхней части дискеты), значит, это дискета сверхвысокой плотности (ED). Отсутствие отверстий справа означает, что дискета имеет низкую плотность. В большинстве дисководов формата 3,5 дюйма имеется датчик типа дискеты, который управляет записью в зависимости от расположения и наличия этих отверстий.

Сами физические носители дискет форматов 3,5 и 5,25 дюйма сделаны из одинаковых основных материалов. В них используется пластиковое основание, покрытое магнитным составом. Жесткий футляр на дискетах диаметром 3,5 дюйма иногда вводил пользователей в заблуждение: их считали некой разновидностью жесткого диска, а не настоящим гибким диском. В действительности в корпусе дискеты формата 3,5 дюйма находится такой же гибкий диск, как и в дискете формата 5,25 дюйма.

Правила обращения с дискетами и дисководами

Большинство пользователей знают основные правила обращения с дискетами. Диск может быть поврежден или разрушен, если вы позволяете себе следующее:

- прикасаться к записывающей поверхности;
- писать на этикетке дискеты шариковой ручкой или карандашом;
- сгибать дискету;
- заливать дискету жидкостью;
- перегревать дискету (оставляя ее на солнце или возле радиатора отопления);
- подвергать дискету действию магнитных полей.

Дискеты — довольно прочные устройства; я не могу сказать, что когда-либо испортил дискету тем, что писал на ней (а я делаю это всегда). Я просто стараюсь не нажимать слишком сильно, чтобы диск не согнулся. Простое прикосновение к диску не разрушает его, а засоряет диск и головки дисковода жиром и грязью. Опасность для дисков представляют магнитные поля, которые не видны и иногда могут быть обнаружены в совершенно неожиданных местах.

Например, все цветные мониторы (и цветные телевизоры) имеют вокруг лицевой части трубки специальную катушку, которая предназначена для размагничивания маски кинескопа при включении монитора. Если вы храните дискеты рядом (примерно на расстоянии 30 см) с экраном цветного монитора, то подвергаете их действию сильного магнитного поля при каждом включении монитора. Поскольку это магнитное поле специально создается для размагничивания маски кинескопа, оно не менее успешно размагничивает дискеты. Эффект размаг-

ничивания накопительный и необратимый. Следует отметить, что жидкокристаллические и плазменные мониторы не имеют размагничивающих катушек и, таким образом, безвредны для дискет.

Еще одним источником сильных магнитных полей являются электродвигатели (содержащиеся в пылесосах, вентиляторах и прочих бытовых приборах). Акустические динамики также содержат магниты, однако они экранированы с целью минимизации воздействия на диски.

Дискеты диаметром 3,5 дюйма должны храниться при температуре 5–53°C, а диски диаметром 5,25 дюйма — при температуре 5–60°C.

Рентгеновские аппараты и детекторы металла

Многие полагают, что рентгеновское излучение может каким-то образом повредить данные на дискетах. За последние двадцать лет я немало путешествовал; при этом со мной всегда были дискеты и портативные компьютеры. Я пролетаю сотни тысяч километров в год, и мои компьютер и дискеты сотни раз проходили через рентгеновские аппараты.

Рентгеновские лучи — это просто электромагнитные волны другой длины по сравнению со световыми, поэтому они не оказывают ни малейшего влияния на компьютеры.

Что действительно может повредить данные на дискете, так это детектор металла. При работе детектора контролируется изменение излучаемого им слабого магнитного поля. Если внести в это поле металлический объект, форма поля изменится. Именно поэтому детекторы металла опасны для дискет, чего не скажешь о рентгеновских лучах.

Рентгеновский аппарат не опасен для магнитных носителей; он подвергает их кратковременному воздействию электромагнитного излучения очень высокой частоты. Например, синий свет — это тоже электромагнитное излучение, но другой частоты. Поэтому единственное различие между рентгеновскими лучами и синим светом состоит в разной частоте или длине волны.

Некоторые пользователи беспокоятся, не оказывает ли рентгеновское излучение влияния на микросхемы EPROM (стираемые ПЗУ), используемые в компьютерах. Подобные опасения оказываются более оправданными, чем опасение потерять данные на дискетах, поскольку с помощью электромагнитного излучения определенной длины волны удаление данных все же возможно. Удалить данные, сохраненные в микросхемах EPROM, можно с помощью очень интенсивного ультрафиолетового света. Для удаления данных микросхему следует облучать ультрафиолетовым светом с длиной волны 2,537 ангстрема мощностью 12000 мкВ/см^2 на протяжении 15–20 минут с расстояния около 2,5 сантиметра. Увеличение мощности или уменьшение расстояния может сократить время удаления.

Длина волны рентгеновского излучения, используемого в аэропортах, в 10 тыс. раз меньше. Сила поля, длительность и расстояние от источника никогда не соответствуют условиям удаления данных на микросхеме EPROM. Многие производители печатных плат даже используют рентгеновские аппараты в целях контроля качества производства.

У вас могло возникнуть желание не связываться с дискетами, однако результаты исследований двух ученых, один из которых занимался разработкой рентгеновских установок для крупной компании, показали, что дискетам при прохождении контроля с применением рентгеновских лучей ничто не угрожает. Ниже приведена выдержка из аннотации к статье “Airport X-rays and Floppy Disks: No Cause for Concern”, опубликованной в 1993 году в журнале *Computer Methods and Programs in Biomedicine*.

> “Были проведены исследования возможного влияния рентгеновских лучей на целостность данных на гибких магнитных носителях. Дискеты были подвержены воздействию рентгеновских лучей мощностью, в несколько раз превышающей значение, характерное для проверки в аэропортах. После проверки сохранность более 14 Мбайт данных оказалась неизменной”.

После повторной проверки дискет по прошествии двух лет сохранность данных осталась также без изменений.

Накопители на магнитной ленте

Исторически сложилось так, что самым популярным методом резервирования жестких дисков в полном объеме или измененных файлов стал их перенос на магнитную ленту. В данном разделе рассматриваются современные технологии резервирования. Это поможет вам определиться с тем, подходят ли ленточные накопители для решения стоящих перед вами задач.

Накопители на магнитной ленте — самые простые и эффективные устройства создания полных резервных копий дисковых устройств, если для этого достаточно объема ленточного носителя. Если в компьютере установлено такое устройство, в него достаточно вставить кассету с лентой, запустить программу архивирования и выбрать устройства и файлы, подлежащие резервированию. Программа будет копировать файлы на магнитную ленту, в то время как вы сможете продолжать заниматься своими делами. Если впоследствии понадобится восстановить некоторые (или все) файлы, записанные на архивную ленту, потребуется вставить этот носитель в устройство, запустить все ту же программу резервирования и выбрать файлы, подлежащие восстановлению. Всю остальную работу выполнит само устройство.

Недостатки ленточных накопителей резервного копирования

Не секрет, что, попытавшись хотя бы раз использовать ленточные накопители в качестве устройств резервного копирования данных, многие пользователи переходят к другим технологиям. Происходит это по ряду причин.

- Для создания резервной копии файлов или дисков практически всегда нужна специальная программа. Несколько моделей ленточных накопителей позволяют получать прямой доступ к конкретным областям содержимого ленты, однако такая возможность далеко не универсальна, к тому же для этого необходим специальный драйвер.
- Восстановление данных с большинства ленточных устройств резервного копирования должно осуществляться на жесткий диск; с другими устройствами резервного копирования можно работать напрямую, как с логическими дисками.
- Восстановление и копирование данных на ленту выполняется последовательно (т.е. пока не прочитана вся лента, последний сохраненный файл недоступен); другие же устройства резервного копирования обеспечивают произвольный доступ, что позволяет найти любой файл в накопителе в течение нескольких секунд.
- Дешевые ленточные резервные накопители, использующие технологию QIC, QIC-Wide или Travan, могут вместить данные всего жесткого диска, а по стоимости сравнимы с жесткими дисками. Современные жесткие диски обычно имеют емкость от 500 Гбайт и дешевле большинства ленточных накопителей такого же объема. Исходя из этого, нужно либо покупать более дорогостоящий ленточный накопитель, либо вручную или с помощью дополнительного устройства автоподачи заменять в устройстве в процессе архивирования/восстановления несколько носителей.
- Новейшие технологии резервного копирования, такие как создание и поддержание образа диска, конкурируют по простоте с ленточными накопителями. Они также позволяют использовать для хранения более дешевые носители, такие как DVD. Все эти альтернативы особенно удобны, когда необходимо зарезервировать лишь несколько гигабайтов данных.

По этим причинам некогда нерушимая позиция ленточных накопителей как обязательных устройств резервного копирования данных теперь оказалась довольно шаткой. На рынке появилось множество альтернатив. Однако если вы можете позволить себе дорогостоящие и высококачественные модели ленточных устройств DDS, DAT 72 и AIT, то получите высоконадежное и высокопроизводительное решение, так как эти устройства можно использовать для резервирования данных в среде локальной сети.

Преимущества ленточных накопителей резервного копирования

Хотя ленточные накопители больше не являются панацеей от всех бед, они могут занять достойное место в области безопасного хранения данных. Существует несколько серьезных причин, по которым могут понадобиться ленточные накопители резервного копирования.

- В ленточных накопителях можно использовать отдельные картриджи для каждого пользователя, отдельного компьютера или сетевого сервера. Если для архивирования используется несколько накопителей, вероятность ошибки возрастает.
- Если вы (или ваша компания) раньше делали резервные копии на лентах, вам понадобится ленточный накопитель для работы с этими данными или для их восстановления.
- Если необходим простой метод переноса данных для сохранения нескольких полных резервных копий систем, ленточный накопитель окажется неплохим выбором.

В целом ленточные накопители используются тогда, когда большая емкость и высокая надежность носителей играют главную роль. Накопители этого типа могут показаться вначале довольно дорогими, но благодаря низкой стоимости носителей они все-таки достаточно экономны.

Магнитооптические накопители

Магнитооптические накопители некоторое время были довольно популярными. Будучи представленными на рынке в 1985 году, они позволяли хранить 230 или 640 Мбайт данных на съемных носителях. К 2000 году емкость носителей достигла 9,1 Гбайт. С тех пор популярность этих устройств сошла на нет, и сейчас подобные диски и накопители используются только для поддержки устаревших приложений.

ГЛАВА

11

Устройства оптического хранения данных

Оптические технологии

В настоящее время существуют два основных типа устройств хранения данных в компьютере: магнитные и оптические. Устройства *магнитного* хранения в современном компьютере представлены жестким диском и дисководом. Информация в них записывается на вращающийся магнитный диск. В устройствах *оптического* хранения запись и считывание осуществляются на вращающийся диск с помощью лазерного луча, а не магнитного поля. Следует отметить, что большинство оптических устройств может лишь считывать информацию с носителя. Для удобства изложения магнитные и оптические носители данных будем в дальнейшем называть просто *дисками*.

Когда-то казалось, что в недалеком будущем оптические диски полностью заменят собой магнитные носители в сфере хранения информации. Однако выяснилось, что быстродействие и плотность записи оптических дисков намного отстают от аналогичных показателей магнитных "собратьев", так что они по-прежнему являются только средством архивирования и распространения данных. Магнитные жесткие диски так и остались основным операционным средством долгосрочного хранения информации и, вероятнее всего, не уступят свои позиции оптическим дискам.

Стандарты компьютерных оптических технологий можно разделить на три основные группы:

- CD (CD-ROM, CD-R, CD-RW);
- DVD (DVD-ROM, DVD-RAM, DVD-RW, DVD-R, DVD+RW, DVD+R);
- форматы DVD с повышенной плотностью, такие как HD-DVD и Blue-ray (BD).

Дисководы CD и DVD получили широкое распространение благодаря возможности их использования в развлекательных целях. Например, устройства, созданные на основе стандарта CD, могут воспроизводить музыкальные компакт-диски, а дисководы DVD — видеофильмы, которые предлагаются в магазинах или напрокат. Дисководы, в которых используются носители описываемых типов, также обладают множеством дополнительных возможностей.

В следующих разделах рассматривается, что общего у носителей и накопителей CD- и DVD-типа и чем они отличаются друг от друга, а также описываются возможности их применения для качественного хранения и воспроизведения данных.

Оптические технологии на основе компакт-дисков

Наиболее распространенными оптическими накопителями являются компакт-диски (CD-ROM). *CD-ROM* (Compact Disc Read-Only Memory — память только для чтения на компакт-диске) — это оптический носитель информации, предназначенный только для чтения данных. Другие форматы, CD-R и CD-RW, позволяют записывать данные на компакт-диск, а благодаря технологии DVD существенно повышается емкость обычного оптического диска.

Оптический носитель информации CD-ROM предназначен только для чтения; на нем может храниться до 682 Мбайт (650 Мибайт) данных, что соответствует 74 минутам высококачественного звучания. Более новые 80-минутные диски содержат уже до 737 Мбайт (700 Мибайт) данных. На воспроизведение музыкальных композиций, записанных на один CD-ROM в сжатом формате MP3 или WMA, может потребоваться несколько часов — все зависит от используемого формата и частоты дискретизации. Все данные записываются на одну сторону (обычно нижнюю) пластикового диска диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм.

CD-ROM унаследовали тот же формфактор, который имели музыкальные CD-DA, вставляемые в обычный музыкальный центр. Правда, эти диски не всегда можно воспроизвести на плеерах, поскольку информация на дорожках указывает на то, что это диск с данными. И вместо музыки будет слышен только шум, разумеется, если перед данными не записано какое-либо музыкальное произведение.

Доступ к данным на компакт-диске осуществляется на порядок быстрее, чем к дискете, но все же значительно медленнее, чем к жесткому диску.

Компакт-диски: немного истории

В 1979 году компании Sony и Philips объединили усилия в области разработки современных звуковых компакт-дисков. Компания Philips к тому времени уже разработала лазерный проигрыватель, а у Sony за плечами были многолетние исследования в области цифровой звукозаписи. Конкурентная борьба между ними могла привести к появлению двух несовместимых форматов лазерных дисков, поэтому они пришли к соглашению о единой технологии записи и производства.

Компания Philips в основном занималась разработкой физического носителя, взяв за основу собственную конструкцию лазерного диска, данные которого, записанные в виде впадин разной глубины (штрихов), считывались с помощью лазера. Компания Sony, в свою очередь, разрабатывала цифроаналоговую схему, уделяя особое внимание устройствам цифрового кодирования и коррекции ошибок.

В 1980 году обе компании представили стандарт CD-DA, называемый с тех пор форматом Red Book (Красная книга) (это название формат получил из-за красного цвета обложки опубликованного документа). Спецификации Red Book определили способы записи и обработки звука, а также физический размер диска, равный 120 мм (4,72 дюйма), который используется до настоящего времени. Говорят, что такой размер был выбран потому, что диск этого диаметра полностью вмещает в себя 70-минутную Девятую симфонию Бетховена (для сравнения: на каждой стороне долгоиграющих виниловых дисков можно было записать по 23 минуты музыки).

После завершения работы над спецификацией компании включились в негласное соревнование за создание первого коммерческого аудиопроигрывателя компакт-дисков. Победителем в этом состязании стала Sony, которая имела больше опыта в создании цифровых электронных устройств, и 1 октября 1982 года, опередив Philips всего на один месяц, японская компания представила проигрыватель CDP-101 и первый в мире звуковой компакт-диск с альбомом Билли Джоэла "52nd Street". Этот проигрыватель начал продаваться в Японии, затем в Европе и только в начале 1983 года — в США. В 1984 году Sony выпустила первые автомобильные и портативные аудиоплееры для воспроизведения компакт-дисков.

Компании Sony и Philips продолжали сотрудничать в области стандартов компакт-дисков еще в течение десяти лет и в 1984 году выпустили стандарт CD-ROM, получивший название Yellow Book (Желтая книга). Этот стандарт позволил перейти от музыкальных компакт-дисков, используемых для хранения оцифрованного звука, к носителям, содержащим данные только для чтения, которые предназначались для компьютерных систем. В стандарте Yellow Book используется тот же физический формат, что и в звуковых компакт-дисках, но модифицированные электронные схемы декодирования позволили значительно повысить надежность хранения данных. Геометрические параметры компакт-диска, принятые оригинальным стандартом Red Book, использовались фактически во всех последующих стандартах CD (попрежнему называемых по цвету обложек опубликованных документов). Таким образом, компакт-диск прошел путь от хранителя симфонии до универсального носителя программного обеспечения и данных практически любого типа, что стало возможным благодаря появлению стандарта Yellow Book (CD-ROM).

Технология записи компакт-дисков

Несмотря на внешнее сходство с компакт-дисками стандарта CD-DA, CD-ROM используются для хранения данных вместо (или помимо) оцифрованных звуковых записей. Дисководы CD-ROM, используемые в ПК для считывания данных, практически идентичны проигрывателям музыкальных компакт-дисков и отличаются только измененной электронной схемой, обеспечивающей дополнительные функции выявления и коррекции ошибок. Это служит гарантией, что данные будут считываться без ошибок, так как даже самый незначительный сбой при чтении данных из файла может привести к полной потере связанной информации, чего не скажешь о музыкальном произведении.

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную пластину диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм, в центре которой расположено отверстие диаметром 15 мм. Штампованное или литое основание пластины физически является одной спиральной дорожкой, которая начинается на внутренней и заканчивается на внешней части диска. Шаг этой дорожки, или разделение спирали, равен 1,6 мкм (1 микрон — миллионная часть метра или тысячная часть миллиметра). Для сравнения: шаг физической дорожки виниловой пластинки составляет примерно 125 мкм. Компакт-диск, если смотреть на него со стороны считывания (снизу), вращается против часовой стрелки. Если рассмотреть спиральную дорожку под микроскопом, то станет видно, что она состоит из приподнятых участков, которые называются *впадинами* (pits), и плоских поверхностей между ними, называемых *площадками* (lands). На первый взгляд может показаться странным, что приподнятый участок дорожки называется *впадиной*. Это связано с тем, что при штамповке диска формовка его верхней части (т.е. профиля дорожки) осуществляется таким образом, что впадины действительно становятся углублениями, сделанными в поликарбонатной пластине.

Лазерный луч, используемый для считывания данных компакт-диска, может свободно пройти сквозь прозрачный пластик, поэтому отформованная поверхность диска покрывается отражающей металлической пленкой (обычно алюминиевой). После этого алюминиевая пленка покрывается тонким защитным слоем акрилового лака, на который наносится текст или красочное изображение.

Предупреждение

С носителями CD-ROM необходимо обращаться так же осторожно, как и с негативами фотографий. CD-ROM является оптическим устройством, поэтому загрязнение или повреждение поверхности ухудшает его качество. Кроме того, следует отметить, что, хотя считывание данных происходит с нижней стороны диска, слой, содержащий дорожку данных, находится значительно ближе к его верхней части, поскольку толщина защитного покрытия составляет всего 6-7 микрон. Поэтому запись, сделанная шариковой ручкой на верхней поверхности диска, может повредить нижележащий слой. Следует соблюдать осторожность даже при использовании различных маркеров. Чернила и растворители некоторых маркеров могут стать причиной повреждения как верхнего слоя, так и защитного лакового покрытия, что приведет к повреждению нижнего информационного слоя. Старайтесь использовать только специальные маркеры, предназначенные для выполнения надписей на компакт-дисках. С обеими сторонами диска следует обращаться очень бережно, уделяя особое внимание его верхней стороне (этикетке).

Массовое производство CD-ROM

При массовом коммерческом производстве компакт-диски изготавливаются способом штамповки или прессования, а не выжигания с помощью лазера, как многие считают (рис. 11.1). Хотя лазер и применяется для вытравливания данных на стеклянном *мастер-диске*, покрытом светочувствительным материалом, непосредственно выжигать диски при выпуске сотен или тысяч копий было бы, по меньшей мере, непрактично.

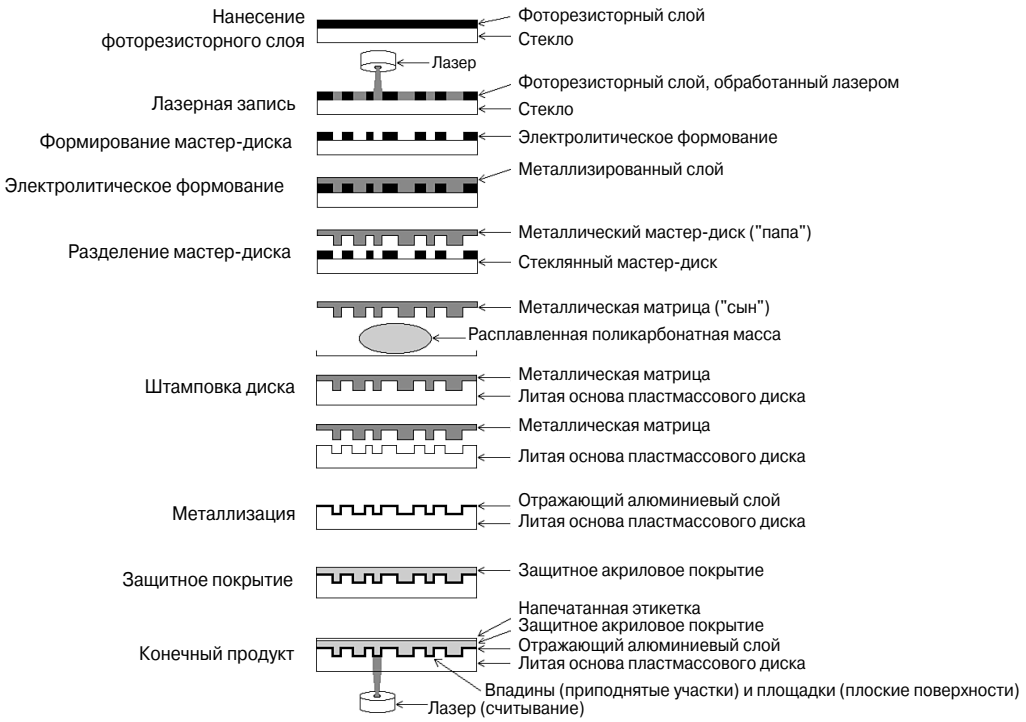


Рис. 11.1. Схема технологического процесса

Ниже описаны основные этапы производства компакт-дисков.

1. **Нанесение фоторезисторного слоя.** Круглую пластину из полированного стекла диаметром 240 мм и толщиной 6 мм покрывают слоем фоторезистора толщиной около 150 мкм, после чего обжигают при температуре 80°C (176°F) в течение 30 минут.

2. **Лазерная запись.** Лазерный самописец (Laser Beam Recorder — LBR) посылает импульсы синего или фиолетового света, которые засвечивают и размягчают определенные участки фоторезисторного слоя стеклянного мастер-диска.
3. **Формирование мастер-диска.** Обработанный стеклянный диск погружают в раствор гидрооксида натрия (едкого натра), который растворяет экспонированные лазером участки, формируя тем самым впадины в фоторезисторном слое.
4. **Электролитическое формование.** С помощью процесса, называемого *гальванопластикой*, ранее подготовленный мастер-диск покрывается слоем никелевого сплава. В результате создается металлический мастер-диск, получивший название *родительского диска*.
5. **Разделение мастер-диска.** Затем металлическая матрица отделяется от стеклянного мастер-диска. Она представляет собой металлический мастер-диск, который уже может использоваться для изготовления небольших партий дисков, так как матрица изнашивается очень быстро. Разделение мастер-диска зачастую приводит к повреждению стеклянной основы, поэтому методом гальванопластики создают еще несколько негативных копий диска (которые называются *материнскими*). Негативные копии мастер-диска впоследствии применяются для создания рабочей матрицы, используемой в процессе массового тиражирования компакт-дисков. Это позволяет штамповать большое количество дисков без повторения процесса формирования стеклянного мастер-диска.
6. **Штамповка диска.** Металлическая рабочая матрица применяется в литейной машине для формирования образа данных (впадин и площадок) в 18 граммах расплавленной поликарбонатной массы при температуре 350°C (или 662°F). При этом сила давления достигает примерно 20 тыс. фунтов на квадратный дюйм. Как правило, в современных термических штамповочных прессах на изготовление каждого диска уходит не более трех секунд.
7. **Металлизация.** Для создания отражательной поверхности на отштампованный диск посредством напыления наносится тонкий (0,05–0,1 мкм) слой алюминия.
8. **Защитное покрытие.** Для защиты алюминиевой пленки от окисления на металлизированный диск с помощью центрифуги наносится тонкий (6-7 мкм) слой акрилового лака, который затвердевает под действием ультрафиолетовых лучей.
9. **Конечный продукт.** В завершение на поверхность диска методом трафаретной печати наносится текст этикетки или какое-либо изображение, также высыхающее под действием ультрафиолетовых лучей.

Процесс изготовления дисков данных, CD-ROM, и музыкальных компакт-дисков практически одинаков.

Впадины и площадки

Считывание информации представляет собой процесс регистрации колебаний луча маломощного лазера, отраженного от металлической поверхности диска. Лазер посылает сфокусированный луч света на нижнюю часть диска, а светочувствительный фоторецептор улавливает отраженный луч. Луч лазера, попавший на площадку (плоскую поверхность дорожки), всегда отражается обратно; в свою очередь, луч, попавший во впадину на дорожке, не отражается.

Диск вращается над лазером и приемником отраженного луча (рецептором). Лазер непрерывно излучает свет, а рецептор воспринимает набор отраженных световых вспышек, повторяющих рисунок впадин и площадок, по которым проходит лазерный луч. Всякий раз, когда луч лазера пересекает границы впадины, изменяется состояние отраженного сигнала. Каждое изменение отраженного сигнала, вызванного пересечением границы впадины, преобразуется в бит со значением 1. Микропроцессоры накопителя пересчитывают переходы “светлый/темный” и “темный/светлый” (т.е. границы впадины) в единицы (1); область, не содержащая пе-

реходов, представляется нулем (0). Полученный набор двоичных разрядов затем преобразуется в данные или звук.

Глубина отдельных впадин, образующих дорожку компакт-диска, равна 0,125 мкм, а ширина — 0,6 мкм. Минимальная длина впадин или площадок составляет 0,9 мкм, максимальная — 3,3 мкм (рис. 11.2).

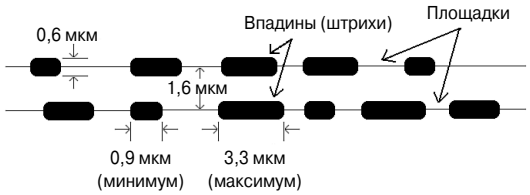


Рис. 11.2. Геометрия впадин и площадок, образующих дорожку компакт-диска

Высота впадины относительно плоскости площадки имеет особое значение, так как она непосредственно связана с длиной волны луча лазера, используемого при чтении диска. Высота впадины (штриха) составляет ровно 1/4 часть длины волны лазерного луча. Таким образом, луч лазера, попавший на площадку, проходит расстояние, которое на половину длины волны (1/4 + 1/4 = 1/2) больше расстояния, пройденного лучом, отразившимся от впадины. Это означает, что световой луч, отраженный от впадины, на 1/2 длины волны не совпадает по фазе со световыми лучами, отражаемыми от поверхности диска. Волны, находящиеся в противофазе, гасят одна другую, тем самым значительно уменьшая количество отражаемого света. В результате впадины, несмотря на покрытие металлической отражающей пленкой, становятся "черными" (т.е. не отражающими свет).

Считывающее устройство, используемое в дисководе CD, представляет собой маломощный лазер с длиной волны 780 нм и мощностью около 1 мВт. Поликарбонатная пластмасса, используемая при изготовлении компакт-дисков, имеет коэффициент преломления 1,55. Таким образом, свет проходит через пластмассу диска в 1,55 раза медленнее, чем через окружающую среду. Так как частота света остается постоянной, это приводит к сокращению длины волны в пределах диска с тем же коэффициентом. Следовательно, длина волны, равная 780 нм, уменьшается до 500 нм (780/1,55 = 500 нм). Одна четвертая часть от 500 нм равна 125 нм, или 0,125 микрона, что составляет высоту впадины (штриха).

Примечание

Устройства, предназначенные для двух типов оптических носителей — CD и DVD, — оснащены двумя лазерами. Первый имеет длину волны 780 нм, второй — 650 нм. Так что выход из строя одного из лазеров приведет к невозможности работы с определенным типом носителей, в то время как другой тип дисков будет считываться, как ни в чем ни бывало.

Алгоритм работы накопителя CD-ROM

В основе работы накопителя CD-ROM лежит применение отраженного луча полупроводникового лазера от поверхности диска. Отраженный свет регистрируется фотодетектором. Процесс работы накопителя CD-ROM описан ниже (рис. 11.3).

1. *Полупроводниковый лазер* генерирует маломощный инфракрасный луч, который попадает на отражающее зеркало.
2. *Сервопривод* по командам, поступающим от встроенного микропроцессора, смещает подвижную каретку с отражающим зеркалом к нужной дорожке на компакт-диске.
3. Отраженный от диска луч фокусируется линзой, расположенной под диском, отражается от зеркала и попадает на разделительную призму.
4. *Разделительная призма* направляет отраженный луч на другую фокусирующую линзу.

5. Последняя линза направляет отраженный луч на *фотодатчик*, который преобразует световую энергию в электрические импульсы.
6. Сигналы с фотодатчика декодируются встроенным микропроцессором и передаются в компьютер в виде данных.

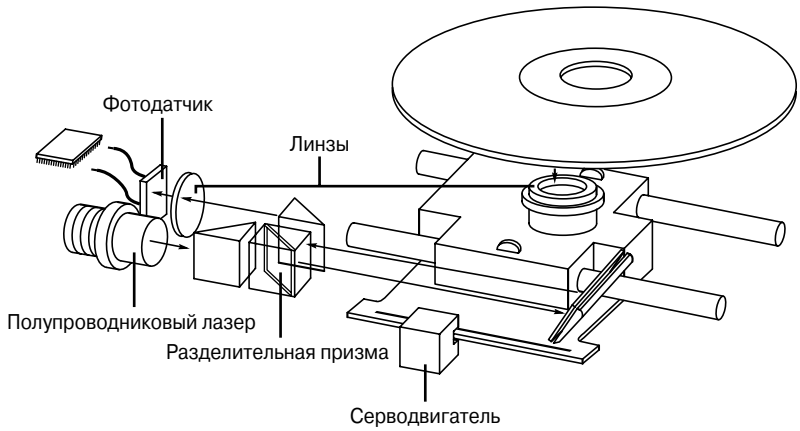


Рис. 11.3. Структура накопителя CD-ROM

Первые образцы накопителей CD-ROM были слишком дорогими для массового потребителя. Кроме того, производители несколько запоздали с принятием соответствующих стандартов, что сдерживало производство CD-ROM. Отсутствовала и база программного обеспечения, которая могла бы стимулировать рост темпов производства CD-ROM.

Дорожки и секторы

Впадины (штрихи) образуют единственную спиральную *дорожку* с расстоянием 1,6 мкм между витками, что соответствует плотности дорожек 625 витков на миллиметр, или 15875 витков на дюйм. Стандартный 74-минутный (650 Мибайт) диск в целом содержит 22188 витков. В современных 80-минутных дисках применяется повышенная плотность, за счет чего образуется некоторый выигрыш в емкости. В табл. 11.1 более подробно описаны отличия между 74- и 80-минутным компакт-дисками.

Диск разделен на шесть основных областей.

- **Область фиксирования (посадки) диска.** Представляет собой центральную часть компакт-диска с отверстием для вала проигрывателя. Эта область не содержит какой-либо информации или данных.
- **Область калибровки мощности (PCA).** Используется только дисководами перезаписываемых дисков для определения мощности лазера, необходимой для оптимального прожига диска. Тестирование области калибровки каждого CD-R или CD-RW может проводиться до 99 раз.
- **Программируемая область памяти (PMA).** Существует только на перезаписываемых дисках (CD-R/RW) и представляет собой зону, используемую для записи временной *таблицы оглавления* (TOC). После завершения сеанса записи информация TOC переписывается на нулевую дорожку.
- **Нулевая дорожка.** Содержит оглавление диска (или сеанса) в кодировочном канале Q. Оглавление включает начальные адреса и длины всех дорожек (музыкальных или дорожек данных), общую длину программной области (области данных), а также информацию о каждом сеансе записи. Компакт-диск, записанный полностью за один сеанс

(в режиме DAO), содержит только одну нулевую дорожку. Диски, записанные в течение нескольких сеансов, содержат несколько нулевых дорожек, которыми начинается каждый сеанс записи. Нулевая дорожка занимает 4500 секторов диска (одну минуту, если пользоваться единицами времени, или около 9,2 Мбайт данных). Нулевая строка указывает, является ли данный диск многосеансовым (т.е. многократно перезаписываемым); кроме того, она указывает на следующий адрес записи диска, если он не заполнен.

- **Программная (информационная) область.** Начинается на расстоянии 25 мм от центра диска.
- **Конечная зона.** Отмечает конец программной (информационной) области диска или же завершение сеанса записи на многосеансовом диске. Конечная зона не содержит каких-либо данных и используется только в качестве маркера. Первая конечная зона (или единственная, если диск записан в течение одного сеанса) занимает 6750 секторов (эквивалент 1,5 минуты или около 13,8 Мбайт данных). Все последующие конечные зоны многосеансового диска занимают 2250 секторов (0,5 минуты или около 4,6 Мбайт данных).

Область фиксирования диска, программная область, нулевая дорожка и конечная зона существуют на дисках любых типов. Кроме того, перезаписываемые компакт-диски (CD-R и CD-RW) дополнительно содержат область калибровки мощности и программируемую область памяти, которые находятся в начале диска.

Описанные области диска, изображенные в относительном масштабе, показаны на рис. 11.4.

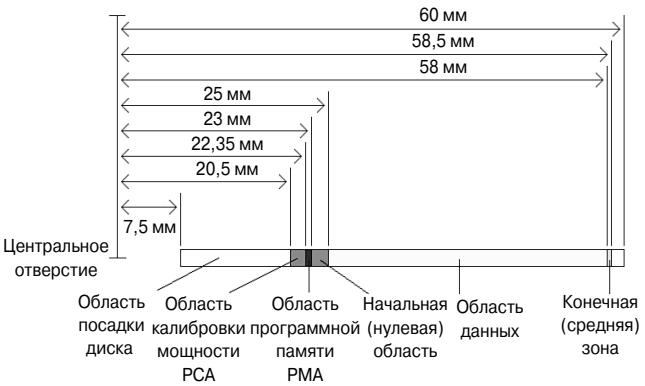


Рис. 11.4. Области компакт-диска (в разрезе)

Обычно спиральная дорожка стандартного диска, CD-DA или CD-ROM, начинается с нулевой дорожки и заканчивается конечной зоной, расположенной на расстоянии 58,5 мм от центра диска или 1,5 мм от его внешнего края. Длина спиральной дорожки достигает 5,77 км, или 3,59 миль. При использовании накопителя 56x CAV, имеющего постоянную угловую скорость, перемещение данных по отношению к лазеру происходит со скоростью 162,8 миль/ч (262 км/ч). Самое удивительное заключается в том, что, несмотря на довольно высокую скорость перемещения данных, лазерный датчик безошибочно считывает значения битов (переходы “впадина–площадка”), размеры которых не превышают 0,9 микрона, или 35,4 миллионной доли дюйма!

В табл. 11.1 приведены основные технические характеристики 74- и 80-минутных компакт-дисков. Первоначальный CD-стандарт создавался с учетом 74-минутного компакт-диска; 80-минутные версии, разработанные позже, отличаются главным образом более компактным расположением витков дорожки.

Таблица 11.1. Технические параметры CD-ROM

Объявленная длина компакт-диска, минуты	74	80
Объявленная емкость компакт-диска, Мибайт	650	700
Скорость считывания 1x, м/с	1,3	1,3
Длина волны лазера, нм	780	780
Цифровая апертура, линз	0,45	0,45
Коэффициент преломления носителя	1,55	1,55
Расстояние между витками, мкм	1,6	1,48
Количество витков в одном миллиметре	625	676
Количество витков в одном дюйме	15875	17162
Общая длина дорожки, м	5772	6240
Общая длина дорожки, футы	18937	20472
Общая длина дорожки, мили	3,59	3,88
Ширина впадины, мкм	0,6	0,6
Глубина впадины, мкм	0,125	0,125
Номинальная длина впадины (минимальная), мкм	0,9	0,9
Номинальная длина впадины (максимальная), мкм	3,31	3,31
Внутренний радиус нулевой дорожки, мм	23	23
Внутренний радиус области данных, мм	25	25
Внешний радиус области данных, мм	58	58
Внешний радиус конечной зоны, мм	58,5	58,5
Ширина области данных, мм	33	33
Общая ширина области дорожки, мм	35,5	35,5
Максимальная частота вращения 1x CLV, об/мин	540	540
Минимальная частота вращения 1x CLV, об/мин	212	212
Количество колец витков дорожки (область данных)	20625	22297
Количество колец витков дорожки (общее)	22188	23986

Мибайт — 1048576 байт.
CLV — постоянная линейная скорость.

Спиральная дорожка разделена на *секторы*, частота следования которых при чтении или записи составляет 75 секторов в секунду. Таким образом, на диске, содержащем в общей сложности 74 минуты информации, может находиться максимум 333 тысячи секторов. Каждый сектор, в свою очередь, разделен на 98 отдельных блоков (кадров) информации. Каждый кадр содержит 33 байта, из которых 24 байта являются звуковыми данными, 1 байт содержит кодовую служебную информацию, а 8 байт используются для хранения данных, получаемых при коррекции четности/кода ошибок (ECC). В табл. 11.2 приведены параметры секторов, блоков и звуковых данных.

Таблица 11.2. Параметры секторов, блоков и звуковых данных CD-ROM

Объявленная длина компакт-диска, минуты	74	80
Количество секторов, считываемых за одну секунду	75	75
Количество блоков в секторе	98	98
Количество секторов	333000	360000
Длина сектора, мм	17,33	17,33
Длина байта, мкм	5,36	5,36
Длина бита, мкм	0,67	0,67
Каждый блок:		
байт подкода	1	1
байт данных	24	24
байт контроля четности Q и P	8	8
Общее количество байтов в блоке	33	33
Звуковые данные:		
частота дискретизации звука, Гц	44100	44100
количество выборок за один герц (стерео)	2	2

Окончание табл. 11.2

размер выборки, байт	2	2
количество звуковых байтов в секунду	176400	176400
количество секторов в секунду	75	75
Количество звуковых байтов в секторе	2352	2352
Каждый звуковой сектор (98 блоков):		
байты контроля четности Q и P	784	784
байты подкода	98	98
байты звуковых данных	2352	2352
Количество байтов в секторе RAW (некодированных)	3234	3234

Дискретизация

Во время записи музыкальных компакт-дисков происходит дискретизация данных с частотой 44100 тактов в секунду (Гц). Каждая выборка звуковых данных имеет отдельный компонент левого и правого каналов (стерео), причем каждый компонент канала преобразован в 16-разрядное число. Таким образом, возможно 65536 разных значений, которые представляют амплитуду звуковой волны канала в определенный момент.

Частота дискретизации определяет диапазон звуковых частот, которые могут быть представлены в цифровой записи. Чем выше частота дискретизации волны, тем ближе полученный результат к оригиналу. Теорема Найквиста–Котельникова гласит, что для точного восстановления исходного сигнала частота дискретизации должна быть по крайней мере вдвое выше наиболее высокой частоты, существующей в выборке. Это объясняет, почему компании Philips и Sony при создании компакт-дисков выбрали частоту дискретизации, равную именно 44100 Гц: она позволяет максимально точно воспроизвести звуки частотой до 20000 Гц, что является верхним пределом слышимости человеческого уха.

Звуковые секторы содержат 98 блоков по 33 байта, что составляет 3234 байта. Из них только 2352 байта фактически являются звуковыми данными. Остальные байты распределены следующим образом: 98 байт подкодовых (по одному байту на каждый блок) и 784 байта, используемых для контроля четности и коррекции ошибок (ECC).

Подкоды

Байты *подкода* позволяют накопителю находить *песни* (которые иногда называются *звуковыми дорожками*), расположенные на спиральной дорожке, а также служат для передачи дополнительной информации, относящейся к компакт-диску. В каждом блоке (кадре) хранится 1 байт подкода, что составляет в общей сложности 98 байт подкода в каждом секторе. Из них 2 байта используются в качестве маркеров стартового и конечного блоков, а оставшиеся 96 байт применяются для хранения данных подкода. Эти байты, в свою очередь, разделены на восемь 12-байтовых блоков, каждому из которых присваивается буквенное обозначение P–W. Каждый подкодовый канал может содержать около 31,97 Мбайт данных, что составляет примерно 4% от общей емкости музыкального диска. Интересно, что подкодовые данные равномерно распределены по всему объему диска. Другими словами, подкодовые данные содержатся почти в каждом секторе компакт-диска.

Блоки подкода P и Q имеются на дисках практически любого типа, а блоки R–W используются только в компакт-дисках формата CD+G или CD TEXT (т.е. графического и текстового типов).

Подкод P используется для идентификации начала звуковых дорожек компакт-диска. Подкод Q, в свою очередь, содержит множество различных данных, которые определяют ряд условий.

- Наличие звуковых (CD-DA) или информационных (CD-ROM) данных сектора. Это позволяет предотвратить попытки “проигрывания” накопителем дисков данных CD-ROM, что может привести к повреждению акустической системы.

- Наличие двух- или четырехканальных звуковых данных. Последние используются очень редко.
- Возможность цифрового копирования. К накопителям CD-R и CD-RW это не относится. Данный параметр использовался в накопителях DAT (Digital Audio Tape) для предотвращения копирования цифровых аудиокассет.
- Использование коррекции искажений при записи музыки. Это методика уменьшения шипения или другого шума.
- Расположение звуковой дорожки (песни) на диске.
- Номер звуковой дорожки (песни).
- Минуты и секунды, а также номер кадра от начала звуковой дорожки (песни).
- Обратный отсчет в промежутке между звуковыми дорожками (песнями).
- Минуты и секунды, а также номер кадра от начала первой дорожки (песни).
- Штриховой код компакт-диска.
- Международный стандартный код записи (*ISRC*). Этот код уникален для каждой звуковой дорожки (песни) компакт-диска.

Подкоды R–W используются в графических дисках формата CD+G для хранения графических и текстовых данных. Это позволяет отображать во время воспроизведения звуковых файлов ограниченный объем графической и текстовой информации. Такие же подкоды используются в CD TEXT для хранения информации, относящейся к диску и звуковым дорожкам, которая применяется в стандартных музыкальных компакт-дисках. Это позволяет воспроизводить стандартные диски на CD-совместимых аудиопроигрывателях. Данные CD TEXT хранятся в виде символов ASCII в каналах R–W, расположенных на нулевой дорожке, а также в программной области компакт-диска. Подкоды, находящиеся на нулевой дорожке CD TEXT, содержат текстовую информацию о содержании диска, например название музыкального альбома и песен, а также имена исполнителей. Подкоды, включенные в программную область диска, в свою очередь, содержат текстовую информацию, относящуюся к воспроизводимой в данный момент звуковой дорожке (песне). Сюда входит название дорожки, имена авторов, исполнителей и т.п. Данные CD TEXT повторяются на каждой дорожке, что позволяет сократить время задержки при поиске данных.

Совместимые с CD TEXT проигрыватели обычно включают в себя текстовый дисплей, предназначенный для отображения дополнительной информации. Существует множество различных дисплеев, начиная с одно- или двухстрочного 20-символьного, который используется во многих современных автомобильных радио/CD-плеерах системы RBDS (Radio Broadcast Data System), и заканчивая дисплеями, содержащими до 21 строки 40-цветных, алфавитно-цифровых или графических символов, которые предназначены для домашних или компьютерных проигрывателей. В спецификации также учитывается дальнейшее развитие стандарта CD TEXT, например вывод изображений формата JPEG. Для просмотра текста в дисплеях может использоваться интерактивное меню.

Примечание

Современные версии программы Проигрыватель Windows Media не поддерживают CD TEXT ни для записи, ни для воспроизведения. В то же время с этими дисками работают такие популярные программы, как VuPlayer (`www.vuplayer.com`), RealPlayer (`www.realplayer.com`) и Winamp (`www.winamp.com`). Среди приложений для создания CD TEXT можно выделить Nero (`www.nero.com`), Roxio Easy Media Creator (`www.roxio.com`), а также бесплатную программу ImgBurn (`www.imgburn.com`).

Обработка ошибок чтения

При разработке стандарта компакт-дисков Red Book основное внимание было уделено обработке ошибок. Для уменьшения влияния возможных ошибок в компакт-дисках использу-

ются методы контроля четности и чередования, получившие название *перемежающего кода Рида–Соломона* (CIRC). Эта технология работает на уровне блоков (кадров). При сохранении информации 24 байта данных каждого блока сначала обрабатываются шифратором Рида–Соломона, создающим 4-байтовый код контроля четности (так называемый Q-контроль четности), который добавляется к исходным 24 байтам данных. Полученные в результате этой операции 28 байтов передаются второму шифратору, использующему другую схему, который, в свою очередь, создает дополнительный 4-байтовый код контроля четности (P-контроль четности). Этот код добавляется к 28 байтам, полученным при предыдущем кодировании, что составляет 32 байта (24 исходных байта данных плюс байты Q- и P-контроля четности). Затем вводится дополнительный подкодовый байт данных (информация о дорожке), в результате чего получается 33 байта для каждого блока. Следует отметить, что байты P- и Q-контроля четности не имеют никакого отношения к ранее упомянутым подкодам P и Q.

Для того чтобы минимизировать влияние царапин или физических дефектов, которые могут привести к повреждению смежных блоков, непосредственно перед записью блоков проводится несколько операций чередования. С помощью линий задержки осуществляется перекрестное чередование 109 блоков, т.е. эти блоки располагаются в различных кадрах и секторах. Такой подход снижает вероятность воздействия царапин и дефектов на смежные данные, так как запись данных осуществляется, по сути, непоследовательно.

Схема CIRC, используемая в музыкальных компакт-дисках и дисках данных (CD-ROM), позволяет исправлять ошибки длиной до 3874 бит, что составляет 2,6 мм длины дорожки. Кроме того, с помощью метода интерполяции можно исправлять ошибки длиной до 13282 бит (или 8,9 мм по длине дорожки). Интерполяция представляет собой процесс приблизительного вычисления или усреднения данных, позволяющий восстановить отсутствующие данные. Этот метод, конечно, не годится для компьютерных CD-ROM, поэтому он применяется только в музыкальных компакт-дисках. Стандарт компакт-дисков Red Book определяет *частоту блоков с ошибками* (BLER) как отношение количества блоков с какими-либо ошибками (98 блоков в каждом секторе) ко времени их считывания, выраженному в секундах. Необходимо, чтобы полученное значение не превышало 220. Если это условие соблюдается, то компакт-диск, содержащий до 3% блоков с ошибками, все еще будет работоспособен.

Для музыкальных проигрывателей компакт-дисков и накопителей CD-ROM характерно наличие дополнительного уровня обнаружения ошибок и схемы коррекции. Музыкальные проигрыватели преобразуют цифровые данные, хранящиеся на компакт-диске, в аналоговые сигналы, обрабатываемые стереофоническим усилителем. При использовании этой схемы некоторая неточность воспроизведения данных вполне допустима, так как ухо человека просто не в состоянии это услышать. В свою очередь, накопители CD-ROM не могут допустить какую-либо ошибку, так как каждый бит данных должен считываться предельно точно. Поэтому CD-ROM, наряду с основными данными, содержат большой объем дополнительной информации ECC. *Код коррекции ошибок* (ECC) позволяет выявлять и исправлять большинство мелких ошибок, повышая тем самым надежность и точность обработки данных до приемлемого уровня.

При воспроизведении музыкального компакт-диска отсутствующие данные могут быть интерполированы, т.е. существует определенный шаблон данных, позволяющий “угадать” отсутствующие значения. Например, если три значения данных музыкального компакт-диска выражены серией последовательных чисел 10, 13 и 20, а среднее значение из-за повреждения или загрязнения поверхности диска пропущено, то его можно с достаточной степенью точности определить как 15, т.е. среднее арифметическое чисел 10 и 20. Хотя значение восстановлено неточно, слушатель может не заметить этой погрешности при воспроизведении звуковой записи. Если же аналогичные значения будут на CD-ROM в исполняемой программе, то определить правильное значение средней выборки просто невозможно. Метод интерполяции здесь не применим, так как команды или данные исполняемой программы должны быть безошибочными; в противном случае произойдет повреждение приложения или неверное счи-

тывание данных, необходимых для выполнения вычислений. Использовать ранее описанный метод при считывании исполняемой программы с CD-ROM практически невозможно.

Наряду с основными данными CD-ROM содержит дополнительную информацию, введенную в каждый сектор и применяемую для выявления и исправления ошибок, а также для более точного определения секторов данных. Для этого из 2352 байт каждого сектора, используемых первоначально для хранения звуковых данных, 304 байта применяются для синхронизации (синхронизирующие биты), идентификации (биты идентификации), кода коррекции ошибок (ECC), обнаружения и исправления ошибок (EDC). Фактически в каждом секторе остается 2048 байта пользовательских данных. За одну секунду на стандартном устройстве (1x) считывается 75 секторов, поэтому базовая скорость считывания данных с CD-ROM достигает $2048 \times 75 = 153600$ байт/с, что составляет 153,6 Кбайт/с, или 150 Кибайт/с.

Примечание

Некоторые схемы защиты от копирования, которые используются в музыкальных компакт-дисках, смешиваются со звуковыми данными и перемежающимся кодом Рида–Соломона (CIRC) таким образом, что информация, записанная на оригинальном диске, воспроизводятся корректно, а проигрывание копий звуковых файлов или всего диска сопровождается шумом и различными помехами. Более подробно о защите от копирования звуковых компакт-дисков и дисков данных, а также о том, где можно найти программное обеспечение, позволяющее обойти эту защиту, речь пойдет далее.

Емкость компакт-диска

Максимальный объем данных, содержащихся на стандартном компакт-диске, считывается в течение 74 минут, причем за каждую секунду обрабатывается 75 блоков по 2048 байт. Это позволяет вычислить абсолютную максимальную емкость CD-ROM, которая составляет 681984000 байт — 682 Мбайт, или 650 мебибайт. Структура и расположение секторов CD-ROM, используемых для хранения данных, представлены в табл. 11.3.

Таблица 11.3. Емкость и параметры секторов CD-ROM

Сектор данных (формат Mode 1)	74-минутный	80-минутный
Байты контроля четности Q и P	784	784
Байты подкода	98	98
Байты синхронизации	12	12
Байты заголовка	8	8
Байты ECC/EDC	284	284
Байты данных	2084	2084
Количество байтов в секторе RAW (некодированных)	3234	3234
Фактическая емкость диска данных CD-ROM:		
байтов	681984000	737280000
кибибайтов	666000	720000
килобайтов	681984	737280
мебибайтов	650,39	703,13
мегабайтов	681,98	737,28

Килобайт — 1000 байт.
Кибибайт — 1024 байт.
Мегабайт — 1000000 байт.
Мебибайт — 1048576 байт.
ECC — код коррекции ошибок.
EDC — код обнаружения ошибок.

Приведенная в таблице информация представлена в соответствии с условием, что данные сохранены в формате Mode 1, который используется фактически во всех дисках данных. Более подробно форматы Mode 1/Mode 2 описаны ниже.

Итак, из 3234 байтов, существующих в каждом секторе, только 2048 байт фактически являются пользовательскими данными CD-ROM. Большая часть из оставшихся 1186 байт используется при обнаружении и исправлении ошибок, что гарантирует безотказную работу системы.

Кодирование данных на диске

Теперь разберемся в завершающей части процесса записи данных на компакт-диск. После того как все 98 блоков скомпонованы в один сектор (звуковой или сектор данных), начинается заключительный процесс кодирования информации, получивший название *EFM-модуляция*, т.е. процесс преобразования каждого байта (8 бит) в 14-разрядное значение. Эти 14-разрядные коды преобразования разработаны таким образом, что не могут содержать менее двух и более 10 смежных битов, имеющих нулевое значение (0). Эта форма кодирования с ограничением длины поля записи (Run Length Limited — RLL) получила название RLL 2,10 (в общем виде — RLL *x,y*, где *x* — минимальное; *y* — максимальное значение поля нулевых битов). Такая схема позволяет избежать появления длинных строк нулевых битов (нулей), которые могут быть считаны неправильно, а также ограничить минимальную и максимальную частоты переходов, существующих на носителе. С учетом того, что единичные биты (1) в записи должны быть отделены друг от друга не менее чем двумя и не более чем десятью нулями (нулевыми битами), минимальным расстоянием между единицами являются три временны*х* интервала (обозначаемые обычно как 3T), а максимальным — одиннадцать временны*х* интервалов (11T).

Некоторые коды EFM начинаются и заканчиваются единицей (1) или более чем пятью нулями (0), поэтому после каждого 14-разрядного значения EFM, записанного на диске, добавлены три дополнительных бита, называемые *объединяющими битами* (merge bits). Обычно объединяющие биты являются нулями (0), но могут в случае необходимости содержать и единицы (1), используемые для разбиения длинной строки смежных нулей (0), образованной соседними 14-разрядными значениями EFM. В дополнение к образованному 17-разрядному значению (EFM плюс объединяющие биты) к началу каждого блока добавляется 24-разрядное число синхронизации (плюс еще три объединяющих бита). В общей сложности в каждом блоке диска содержится 588 бит (73,5 байта). С учетом того, что в каждом секторе расположено 98 блоков, получаем, что в нем содержится 7203 байта. Таким образом, 80-минутный диск содержит примерно 2,6 Гбайт фактически записываемых данных. После декодирования и удаления кодов коррекции ошибок и другой информации остается примерно 737 Мбайт (703 мебибайт) реально используемого пространства диска.

Основные параметры EFM-кодированных блоков и секторов приведены в табл. 11.4.

Таблица 11.4. Параметры EFM-кодированных данных

EFM-кодированные блоки	74-минутный	80-минутный
Биты синхронизации	24	14
Биты подкода	14	14
Биты данных	336	336
Биты контроля четности Q и P	112	112
Объединяющие биты	102	102
Количество EFM-битов в блоке	588	588
EFM-кодированные секторы:		
количество EFM-битов в секторе	57624	57624
количество EFM-байтов в секторе	7203	7203
Общее количество данных EFM на диске, Мбайт	2399	5593

Чтобы лучше во всем этом разобраться, обратите внимание на табл. 11.5, в которой приведены способы представления данных после их записи на компакт-диск. В качестве примера взяты символы N и O.

Таблица 11.5. Способы представления данных при записи на компакт-диск

Символ	N	O
Десятичный код ASCII	78	79
Шестнадцатеричный код ASCII	4E	4F
Двоичный код ASCII	01001110	01001111
Код EFM	00010001000100	00100001000100

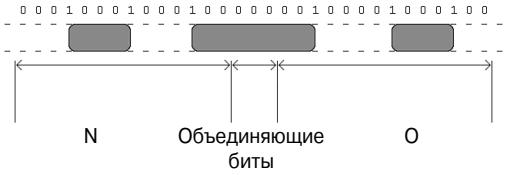


Рис. 11.5. EFM-кодирование данных на компакт-диске

На рис. 11.5 эти символы представлены после записи на компакт-диск.

Границы впадин преобразуются в двоичные биты, значение которых представлено единицей (1). Первичный 8-разрядный код каждого символа преобразован в 14-разрядный, и каждый 14-разрядный код EFM отделен от последующего тремя объединяющими битами (в этом примере — все нули). Длины впадин, показанных на рис. 11.5, равны соответственно 4T (четыре перехода), 8T и 4T. Строка нулей (0) и единиц (1) в верхней части рисунка указывает, как будет выполняться чтение данных. При этом обратите внимание на то, что единица (1) считывается при переходе "впадина–площадка". Следует заметить, что приведенный рисунок выполнен в относительном масштабе, т.е. длина и ширина впадин пропорциональны друг другу. Если посмотреть на поверхность компакт-диска через микроскоп, то слово "NO", записанное на диске, будет выглядеть примерно так, как на рис. 11.5.

Записывающие накопители на компакт-дисках

Запись компакт-дисков проделала долгий путь с 1988 года, когда на рынке появилась первая записывающая система CD-R, которая стоила более 50 тыс. долларов. В ее основу был положен записывающий дисковод Yamaha стоимостью около 35 тыс. долларов, а также дополнительные схемы коррекции ошибок и другие функции. Это устройство работало со скоростью 1x и являлось частью подсистемы, размеры которой были сопоставимы с габаритами стиральной машины. Стоимость пустых дисков ("болванок") достигала примерно 100 долларов за штуку, что существенно отличается от сегодняшних 5-центовых дисков. Дальнейшее развитие продолжалось над созданием образца, используемого для тиражирования дисков посредством стандартного процесса штамповки.

В 1991 году компания Philips представила первое записывающее устройство со скоростью 2x (CDD 521), размеры которого примерно соответствовали габаритам стереоприемника, а стоимость не превышала 12 тыс. долларов. Компании Sony в 1992 году и JVC в 1993 году представили собственные модели записывающих устройств 2x, причем устройство JVC стало первым накопителем с половинной высотой 5,25-дюймового формфактора, используемого в большинстве настольных систем и по сей день. В 1995 году компания Yamaha выпустила первый накопитель со скоростью 4x (CDR100) стоимостью 5 тыс. долларов. Переломный момент в системе ценообразования наступил в конце 1995 года, когда компания Hewlett-Packard разработала записывающее устройство 2x (накопитель 4020i, созданный, по сути, компанией Philips) стоимостью около 1 тыс. долларов. Именно это и послужило толчком к дальнейшему развитию. Цены быстро упали сначала до 500 долларов, затем — до 200 и ниже. В 1996 году компания Ricoh представила первый накопитель CD-RW.

Существуют два основных типа записываемых компакт-дисков и накопителей: записываемые CD-R (Recordable) и перезаписываемые CD-RW (Rewritable). Но, так как CD-RW примерно вдвое дороже носителей CD-R, причем последние вдвое быстрее и совместимы со всеми (даже старыми) стереосистемами, CD-R продолжают пользоваться большим спросом.

Примечание

Различные отражающие свойства носителей стали причиной того, что ранние версии накопителей CD и DVD не позволяют считывать данные с CD-RW. Более современные накопители, соответствующие требованиям спецификации MultiRead, справляются с этим без каких-либо проблем. Но если записывается диск, который будет читаться в различных системах, то лучше воспользоваться более универсальным CD-R.

Большинство записывающих накопителей CD-R — это устройства типа *WORM* (*write-once, read many* — однократная запись, многократное чтение), предназначенные для длительного хранения. Однако их одноразовое использование сделало их менее приемлемым выбором для периодического резервного копирования, чем перезаписываемые носители. В то же время благодаря низкой стоимости носителей CD-R вполне приемлемой может оказаться политика создания "постоянных" резервных копий, которые будут накапливаться (по стоимости это можно сравнить с использованием накопителей на магнитной ленте).

CD-RW можно перезаписывать до тысячи раз, что делает их идеальным вариантом для любых задач хранения информации. В следующих разделах будут более подробно рассмотрены эти два стандарта и области их применения.

Накопители CD-R

CD-R, на которые уже записаны какие-либо данные, могут воспроизводиться или считываться практически любым стандартным приводом CD-ROM. Диски этого типа весьма удобны для хранения архивных данных и создания мастер-дисков, которые могут тиражироваться и распространяться среди служащих компаний.

Приводы CD-R работают по тем же принципам, что и стандартные CD-ROM, отражая лазерный луч от поверхности диска и отслеживая изменения отражательной способности при появлении переходов "впадина–площадка" или "площадка–впадина". На обычных компакт-дисках спиральная дорожка выдавливается или штампуется в поликарбонатной массе. В свою очередь, CD-R содержат рисунок впадин, выжженный на приподнятой спиральной дорожке. Таким образом, впадины представляют собой темные (выжженные) участки, отражающие меньшее количество света. В целом отражающая способность впадин и площадок остается такой же, как и на штампованных дисках, поэтому обычные дисководы CD-ROM и проигрыватели музыкальных компакт-дисков читают как штампованные диски, так и CD-R.

Запись CD-R начинается еще до того, как диск вставляется в накопитель. Процесс изготовления носителей CD-R и стандартных компакт-дисков практически одинаков. И в том и в другом случае выполняется прессование расплавленной поликарбонатной массы с использованием формообразующей матрицы. Но вместо штамповки впадин и площадок матрица формует на диске спиральную бороздку (которая называется *изначальной бороздкой*). Если смотреть со стороны считывающего (и записывающего) лазера, расположенного под диском, то эта канавка представляет собой спиральный выступ, а не углубление.

Границы спирального выступа (изначальной бороздки) имеют определенные отклонения от продольной оси (так называемые колебания). Амплитуда колебаний по отношению к расстоянию между витками дорожки достаточно мала. Расстояние между витками равно 1,6 мкм, а величина поперечного отклонения выступа достигает всего лишь 0,03 микрона. Колебания канавки CD-R модулируют некоторую дополнительную информацию, которая считывается накопителем. Сигнал синхронизации, определяемый колебаниями дорожки, модулируется вместе с временны́м кодом, другими данными и называется *абсолютным временем изначальной дорожки* (Absolute Time In Pre-groove — ATIP). Временной код выражается в формате "минуты:секунды:кадр" и вводится в Q-подкоды кадров, записанных на диске. Сигнал ATIP позволяет накопителю распределить необходимые области на диске перед фактической записью кадров. Технически сигнал позиционирования представляет собой уход частоты и определяется несущей частотой 22,05 кГц и отклонением 1 кГц. Для передачи информации используются изменения частоты колебаний.

Процесс изготовления CD-R завершается нанесением с помощью метода центрифугирования равномерного слоя органического красителя. Затем создается золотой отражающий слой. После этого поверхность диска покрывается акриловым лаком, затвердевающим в ультрафиолетовых лучах, который используется для защиты ранее созданных золотого и окрашенного слоев диска. Исследования показали, что алюминий, используемый с органическим красителем, подвержен сильному окислению. Поэтому в CD-R используется золотое покрытие, имеющее высокую коррозионную стойкость и максимально возможную отражательную

способность. На поверхность диска, покрытую слоем лака, методом трафаретной печати наносится слой краски, используемый для идентификации и дополнительной защиты диска. Лазерный луч, применяемый при чтении и записи диска, проходит через прозрачный поликарбонатный слой, слой органического красителя и, отразившись от золотого слоя, возвращается через слой красителя и поликарбонатной массы, после чего улавливается сенсором оптического датчика накопителя.

Отражающий слой и слой органического красителя имеют те же оптические свойства, что и *неразмеченный* компакт-диск. Другими словами, дорожка незаписанного (чистого) CD-R воспринимается считывающим устройством компакт-дисков как одна длинная площадка. Лазерный луч дисковода CD-R имеет одну и ту же длину волны (780 нм), но мощность лазера, используемого для выполнения записи, в частности для нагрева окрашенного слоя, в десять раз выше. Лазер, работающий в импульсном режиме, нагревает слой органического красителя до температуры 250–300°C (482–572°F). При этой температуре слой красителя буквально выгорает и становится непрозрачным. В результате лазерный луч не доходит до золотого слоя и не отражается обратно, чем достигается тот же эффект, что и при погашении отраженного лазерного сигнала, происходящем при чтении штампованных компакт-дисков.

На рис. 11.6 показаны различные слои носителей CD-R, а также спиральная канавка, содержащая впадины, выжженные в слое органического красителя.

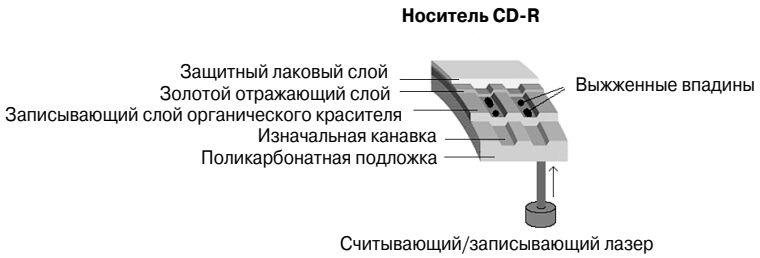


Рис. 11.6. Слои носителей CD-R

Во время чтения диска накопитель считывает несуществующие впадины, в качестве которых выступают участки с низкой отражательной способностью. Эти участки появляются при нагревании органического красителя, поэтому часто процесс записи диска называют *прожигом*. Выжженные участки красителя изменяют свои оптические свойства и становятся неотражающими. Изменение этих свойств возможно лишь один раз, поэтому CD-R называются носителями с однократной записью.

Емкость CD-R

Накопители CD-R могут работать как со стандартными дисками емкостью 650 Мбайт (что эквивалентно 74 минутам музыки), так и с более емкими 700-мегабайтовыми "болванками" CD-R (80 минут музыки). Большинство производителей прекратили выпуск дисков емкостью 650 Мбайт (74 минуты), оставив в производстве только диски 700 Мбайт (80 минут).

Некоторые накопители и соответствующее программное обеспечение могут расширять "зону прожига", что позволяет записывать данные в конечную область диска и увеличивать, таким образом, область данных. Это связано с определенным риском, так как может привести к несовместимости записанных дисков. Многие накопители (в частности, это относится к более ранним моделям) начинают сбоить при чтении данных, записанных в конце "пережженного" диска. Поэтому к "разгону" компакт-дисков следует подходить только как к эксперименту. Диски, записанные подобным образом, хорошо работают на "родном" накопителе или с собственным программным обеспечением, но их использование в "чужой" системе весьма проблематично.

В настоящее время некоторые производители предлагают 90-минутные (790 Мбайт) и 99-минутные (870 Мбайт) носители, благодаря которым процесс записи немного упрощается. Большинство стандартных накопителей CD-RW позволяет с достаточной надежностью записывать на 90-минутный носитель до 89:59 минут музыки; при этом носители CD-R могут воспроизводиться практически любыми автомобильными или домашними электронными проигрывателями.

Цвет накопителя CD-R

Дебаты о зависимости быстродействия и/или надежности хранения от цвета накопителя CD-R не утихают на протяжении многих лет. В табл. 11.6 приведены наиболее распространенные цветовые комбинации, названия компаний-производителей, а также прочие полезные технические сведения.

В некоторых случаях, когда компании-производители выпускают диски под разными торговыми марками, используя при этом разные технологические процессы, указано несколько цветовых комбинаций. Если вы пришли к выводу, что используемый вами записывающий накопитель обеспечивает наилучшие результаты при работе с дисками определенного цвета, отдавайте предпочтение соответствующей цветовой комбинации.

Таблица 11.6. Цвет CD-R и его влияние на запись

Цвет носителя (первый — цвет отражающего цвета; второй — цвет пластика)	Торговые марки	Технические сведения
Золото–золото	Mitsui, Kodak, Maxell, Ricoh	Фотоцианиновый краситель. Большая требовательность к вариациям мощности. Обеспечивает срок хранения до ста лет. Возможна несовместимость с некоторыми накопителями. Краситель изобретен компанией Mitsui Toatsu Chemicals. Обеспечивает наилучшие результаты при совместном использовании с накопителями, поддерживающими стратегию записи Long Write Strategy (используется лазерный импульс большей длительности) при разметке носителя
Золото–зеленый	Imation (подразделение 3M), Memorex, Kodak, BASF, TDK	Цианиновый краситель. Менее требователен к вариациям мощности при чтении или записи. Первые носители на его основе обеспечивали время хранения до десяти лет, а более новые обеспечивают время хранения данных двадцать–пятьдесят лет (серебро–зеленый). Цветовая комбинация изобретена компанией Taiyo Yuden. Использовалась при разработке исходных стандартов CD-R. Стандарт де-факто записи CD-R, так как использовался и при разработке технологии CD-R. Обеспечивает наилучшие результаты при совместном использовании с накопителями, поддерживающими при разметке носителя стратегию записи Short Write Strategy (используется лазерный импульс малой длительности)
Серебро–синий	Verbatim, DataLifePlus, HiVal, Maxell, TDK	Технологический процесс разработан компанией Verbatim. Краситель — Azo. Быстродействие сравнимо с быстродействием зеленых носителей, а срок хранения увеличивается до ста лет. Хороший выбор для долгосрочного архивирования

Примечание

Игры для Playstation изначально поставлялись на дисках черного оттенка, который придает им привлекательный вид. Через некоторое время появились записываемые CD-R с таким же черным оттенком. Черный оттенок — чисто "косметическое" решение, так как он является невидимым для инфракрасного лазера. Другими словами, "черные" CD-R функционально идентичны чистым дискам, а в качестве регистрирующего слоя может использоваться любой краситель. Черный оттенок визуально скрывает записывающий слой, и хотя лазерный луч проходит через него, цвет красителя оказывается незаметным.

Как видите, разные цветовые комбинации обладают определенными преимуществами и недостатками, однако лучший способ выбрать тип накопителя — приобрести несколько дисков разных типов от разных производителей и попробовать записать на них данные с помощью своего накопителя CD/DVD, а затем считать информацию с полученных дисков с помощью разных моделей накопителей CD-ROM и DVD.

Примечание

Если планируете заняться записью музыкальных дорожек для автомобильных или портативных систем воспроизведения, не забудьте протестировать совместимость и с ними.

Основные характеристики безупречных носителей:

- высокая надежность записи (список рекомендуемых носителей, как правило, можно найти на сайте компании-производителя);
- отсутствие "проблемных" участков для записи;
- надежность при условии должного обращения и хранения;
- совместимость с большим количеством моделей приводов CD-ROM;
- низкая стоимость накопителя.

Если возникают проблемы с записью на диски определенных типов или вы заметили, что на одни накопители данные записываются быстрее, чем на другие, попробуйте загрузить с сайта компании-производителя обновленную версию прошивки. Часто в новых версиях прошивки обновляются стратегии записи, а также добавляются сведения о носителях от разных производителей.

Скорость записи накопителей CD-R

Максимальная скорость записи приводов CD-R составляет 52x, поэтому практически все зависит от характеристик соответствующих носителей.

Большинство носителей из представленных ныне на рынке поддерживает скорость записи 52x, что чаще всего отдельно отмечено на упаковке. Ту же информацию можно узнать и на сайте производителя. В любом случае рекомендуется загрузить с сайта производителя последнюю версию прошивки привода, чтобы обеспечить максимально возможную скорость записи.

Примечание

Текущая скорость носителей CD-R, равная 52x, является пределом, т.к. при более высоких скоростях возникает чрезмерная вибрация, губительная для диска.

Если скорость записи на носителе не указана, установите ее на уровень 32x или ниже при записи данных. При "прожиге" музыкальных компакт-дисков рекомендуется ограничиться скоростью 8x (обычно это позволяет избежать проблем с воспроизведением на большинстве устройств).

Совет

Некоторые накопители и программы, используемые для записи данных, поддерживают функцию автоматического определения оптимальной скорости для записи CD-R. Такая функция анализирует параметры носителя и на основании этого определяет методы записи и оптимальную скорость, позволяющие получить наилучшие результаты. Использование данной функции с носителями, параметры которых неизвестны, позволяет осуществлять качественную запись данных независимо от диапазона скоростей, поддерживаемых диском.

Накопители CD-RW

В начале 1996 года промышленный консорциум, в который вошли компании Ricoh, Philips, Sony, Yamaha, Hewlett-Packard и Mitsubishi Chemical Corporation, опубликовал формат CD-RW. В мае 1996 года был представлен первый накопитель CD-RW — MP6200S, в создании которого основное участие принимала компания Ricoh. Это был модуль с номинальными скоростями 2/2/6 (2x — запись, 2x — перезапись, 6x — чтение). В это же время вышла в свет третья часть спецификации Orange Book, которая официально определила стандарт CD-RW.

Накопители CD-RW быстро вытеснили с рынка приводы CD-R. Впоследствии их с таким же успехом вытеснили перезаписывающие устройства DVD, которые поддерживают форматы CD-R и CD-RW.

Процесс записи CD-RW происходит так же, как и CD-R, и отличается только тем, что данные на носителе CD-RW могут быть удалены и записаны снова. Диски этого типа весьма удобны для создания прототипа, который будет тиражироваться на менее дорогих CD-R и даже на штампованных компакт-дисках. Носители CD-RW могут перезаписываться до тысячи и более раз. Кроме того, при наличии программного обеспечения пакетной записи CD-RW могут обрабатываться подобно гигантскому гибкому диску, файлы которого легко перетаскиваются, копируются или удаляются. Носители CD-RW примерно вдвое дороже CD-R, но в то же время гораздо дешевле оптических картриджей или других сменных форматов. Все это делает CD-RW наиболее приемлемой технологией создания резервных копий системы, архивирования файлов и решения любых других задач, связанных с хранением данных, где использование DVD недопустимо.

Примечание

Формат CD-RW изначально назывался CD-Erasable, или, сокращенно, CD-E.

Носители CD-RW и CD-R имеют четыре основных отличия. Если говорить кратко, то для CD-RW характерно следующее:

- возможность перезаписи;
- более высокая стоимость;
- меньшая скорость записи;
- более низкая отражательная способность.

Помимо высокой стоимости и возможности перезаписи данных, носители CD-RW отличаются также более низкой (в два и более раза) скоростью записи. Это связано с тем, что при выполнении записи на обработку каждой области диска лазеру требуется больше времени. CD-RW также имеют более низкую отражательную способность, что ограничивает их читаемость. Носители CD-RW, например, не читаются многими стандартными накопителями CD-ROM и CD-R. Следует заметить, что технология MultiRead, поддерживаемая в настоящее время практически всеми накопителями со скоростью 24x и выше, позволяет читать CD-RW без каких-либо проблем. Наличие этой возможности определяется по логотипу MultiRead, нанесенному на корпус накопителя CD-ROM. Обращайте внимание на наличие этого логотипа при покупке стационарных музыкальных центров.

Чтобы создать подобие впадин на поверхности диска, в накопителях и носителях CD-RW используется процесс изменения фазы состояния. Диски создаются на поликарбонатной подложке, содержащей предварительно отформованную спиральную канавку волнистой формы, колебания которой определяют информацию позиционирования. Верхняя часть основы покрывается специальным диэлектрическим слоем (изоляцией), после чего наносится записывающий слой, еще один слой диэлектрика и алюминиевый отражающий слой. Затем поверхность диска покрывается акриловым лаком, затвердевающим в ультрафиолетовых лучах, который используется для защиты ранее созданных слоев диска. Диэлектрические слои, расположенные выше и ниже записывающего, предназначены для экранирования поликарбонатной подложки и отражающего металлического слоя от интенсивного нагрева, используемого во время процесса записи с изменением фазы состояния.

На рис. 11.7 показаны различные слои носителя CD-RW, а также спиральная канавка, содержащая впадины, выжженные в записывающем слое.

Как уже отмечалось, запись CD-R осуществляется посредством нагрева определенных участков органического красителя (т.е. слоя записи). В свою очередь, записывающий слой CD-RW представляет собой сплав серебра, индия, сурьмы и теллура (Ag-In-Sb-Te), обладающий возможностью фазовых превращений. В качестве отражающей части записывающего слоя используется сплав алюминия, который ничем не отличается от применяемого в обычных штампованных дисках. Во время операции считывания или записи данных лазерное устройство располагается с нижней стороны диска. Если смотреть со стороны лазера, то спиральная

канавка будет выглядеть, как выступ, причем записывающий слой диска будет располагаться на его верхней плоскости. Сплав Ag-In-Sb-Te, используемый в качестве записывающего слоя, имеет поликристаллическую структуру с отражательной способностью 20%. Во время записи данных на CD-RW лазер может работать в двух режимах, которые называются P-записью и P-стиранием. В режиме P-записи лазерный луч нагревает материал записывающего слоя до температуры 500–700°C (932–1229°F), что приводит к его плавлению. В жидком состоянии молекулы сплава начинают свободно перемещаться, в результате чего материал теряет свою кристаллическую структуру и переходит в *аморфное* (хаотическое) состояние. Отражательная способность материала, застывшего в аморфном состоянии, снижается до 5%. При чтении диска области с различными оптическими свойствами воспринимаются так же, как и впадины обычного штампованного CD-ROM.

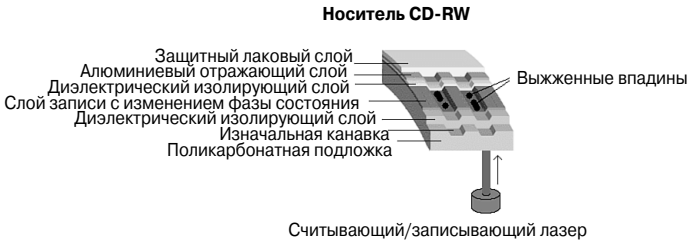


Рис. 11.7. Слои носителя CD-RW

Если бы носители CD-RW использовались только для чтения, на этом можно было бы и закончить. Но ведь они могут перезаписываться, т.е. должен быть способ, позволяющий восстанавливать поликристаллическую структуру материала. Этот способ связан с маломощным режимом P-стирания, применяемым лазером. В режиме стирания слой активного материала нагревается примерно до температуры 200°C (392°F), которая значительно ниже точки плавления, но достаточна для размягчения материала. При нагреве активного слоя до указанной температуры с последующим медленным охлаждением происходит преобразование структуры материала на молекулярном уровне, т.е. переход из аморфного состояния в кристаллическое. При этом отражательная способность материала повышается до 20%. Области, имеющие более высокую отражательную способность, выполняют ту же функцию, что и зоны штампованного компакт-диска.

Хотя такой режим работы лазера и называется P-стиранием, непосредственного стирания данных не происходит. Вместо этого применяется технология *прямой перезаписи данных*, при использовании которой участки CD-RW, имеющие более низкую отражательную способность, не стираются, а просто перезаписываются. Другими словами, во время записи данных лазер постоянно включен и генерирует импульсы различной мощности, создавая тем самым области аморфной и поликристаллической структуры с различными оптическими свойствами. Структура создаваемых областей совершенно не зависит от их предыдущего состояния. Этот метод во многом напоминает способы записи данных на магнитный диск, где используется та же технология прямой перезаписи. Каждый сектор уже имеет определенную структуру данных, поэтому во время записи данных достаточно записать их новую структуру. Секторы также не стираются, а просто перезаписываются. Носители CD-RW могут записываться и перезаписываться до тысячи раз.

Согласно спецификации CD-RW, т.е. тома 1 части III исходного стандарта Orange Book, скорость записи данных может достигать 4x. Новые разработки в области носителей и дисководов потребовали более высоких скоростей. Поэтому в мае 2000 года был опубликован том 2 части III, определяющий запись CD-RW в диапазоне скоростей от 4x до 10x. Новая редакция стандарта CD-RW получила название *High-Speed Rewritable*. Диски и накопители, поддерживающие скорость CD-RW от 4x и выше, должны иметь соответствующий логотип. В сентябре

2002 года был опубликован том 3 части III стандарта Orange Book, в котором описаны накопители Ultra-Speed, представляющие собой дисководы CD-R с возможностью записи данных на скорости 8x–24x.

Технологические отличия стандартов High Speed и Ultra Speed определили то, что носители High Speed могут использоваться только в устройствах High Speed и Ultra Speed, а носители Ultra Speed — только в приводах Ultra Speed. Оба этих типа приводов могут без проблем работать с обычными носителями, поддерживающими скорости 2x и 4x. Исходя из этого, выбор неверного типа носителя для переноса данных между системами может закончиться невозможностью его чтения. Если неизвестна скорость, поддерживаемая целевым устройством, используйте носители 2x и 4x или вообще возьмите CD-R.

В связи с различиями в стандартах UDF, используемых программами пакетной записи файлов на CD-RW, необходимостью установки программы чтения UDF в системах, оснащенных накопителями CD-ROM, а также несовместимостью старых CD-ROM и первого поколения накопителей DVD-ROM с CD-RW настоятельно рекомендую использовать CD-RW только для создания резервных копий, предназначенных для личного пользования, и переноса данных между своими компьютерами. Если необходимо отправить данные на компакт-диске другому пользователю, лучше отдать предпочтение носителя CD-R, которые обладают большей универсальностью.

Спецификации MultiRead

Оригинальные стандарты компакт-дисков Red Book и Yellow Book определили, что минимальная отражательная способность площадок компакт-диска должна достигать примерно 70%, а максимальная отражательная способность впадин — около 28%. Это означает, что плоская область диска должна отразить не менее 70% лазерных лучей, попадающих на площадки, а впадины — не более 28% лучей. Эти стандарты разрабатывались в начале 1980-х годов. Чувствительность диодов, которые использовались в то время в фотоприемниках накопителей, была относительно низкой. Поэтому к оптическим свойствам используемого материала предъявлялись довольно высокие требования, позволяющие обеспечить необходимую контрастность между площадками и впадинами диска.

Отражательная способность площадок CD-RW составляет примерно 20% (±5%), а отражательная способность впадин — всего лишь 5%, что значительно ниже первоначальных требований. К счастью, оказалось, что при использовании дополнительной схемы *автоматической регулировки усиления* (АРУ) коэффициент усиления схемы детектора значительно повышается; это позволяет читать CD-RW, имеющие более низкую отражательную способность. Таким образом, накопители CD-ROM, не предназначенные первоначально для чтения CD-RW, получали такую возможность после некоторой несложной доработки. Проблемы с чтением CD-RW чаще всего возникают при использовании старых устройств воспроизведения музыкальных компакт-дисков. CD-RW впервые появились в 1996 году и получили широкое распространение примерно через год. Поэтому большинство накопителей CD-ROM, выпущенных до 1997 года, имели определенные проблемы с чтением CD-RW. Трудности при чтении CD-R или CD-RW на накопителях DVD-Video и DVD-ROM связаны главным образом с несоответствием частоты используемого лазера. При чтении CD-R подобные проблемы возникают чаще, чем при использовании CD-RW.

Существует также проблема совместимости DVD, которая заключается не только в несоответствии отражательной способности материала. В данном случае основная проблема проистекает из того факта, что кристаллы, используемые в записывающем слое CD-R/RW, очень чувствительны к длине волны луча, используемого при считывании информации. Отражательная способность компакт-дисков при использовании лазера с соответствующей длиной волны, равной 780 нм, достаточно высока, но при ее изменении это свойство заметно ухудшается. Обычно для считывания данных в накопителях CD-ROM используется инфракрасный лазер с длиной волны 780 нм; в накопителях DVD для этих целей применяется красный ла-

зер, длина волны которого равна 650 нм. Алюминиевое покрытие, используемое в компакт-дисках, достаточно хорошо отражает лазерный луч с более короткой длиной волны, что позволяет накопителям DVD без каких-либо проблем читать коммерческие (штампованные) компакт-диски. В то же время для чтения CD-R или RW накопители DVD никак не подходили.

Первой компанией, предложившей устранение этой проблемы, была Sony, за ней последовали все остальные производители накопителей DVD. Речь идет о датчике сдвоенного лазера, объединяющего в себе лазеры с длиной волны 650 нм (DVD) и 780 нм (CD). В некоторых накопителях для этого использовались два механизма считывания с разными оптическими системами, конструктивно выполненными на одном шасси. В конечном счете на смену таким устройствам пришли сдвоенные лазерные модули, в которых используется только одна оптическая система, что позволило уменьшить размеры и стоимость конструкции. Поскольку многие производители предлагают несколько различных устройств, в том числе и более дешевые, без сдвоенного лазерного датчика, возникла необходимость в создании стандарта, который позволил бы потребителю ознакомиться с возможностями приобретаемого накопителя.

Как же узнать о совместимости накопителя CD-ROM или DVD-ROM с CD-R и RW? Для определения совместимости того или иного накопителя организация OSTA (Optical Storage Technology Association) разработала промышленный стандарт MultiRead, гарантирующий определенные уровни совместимости:

- **MultiRead** — для накопителей CD-ROM;
- **MultiRead2** — для накопителей DVD-ROM.

Кроме того, разработан аналогичный стандарт MultiPlay, который предназначен для владельцев устройств DVD-Video и CD-DA.

В табл. 11.7 показаны два уровня спецификации MultiRead, присвоение которых определенному диску или накопителю гарантирует соответствующий уровень совместимости.

Таблица 11.7. Стандарты MultiRead и MultiRead2 для накопителей CD/DVD

Носитель	MultiRead	MultiRead2	Носитель	MultiRead	MultiRead2
CD-DA (Digital Audio)	X	X	DVD-ROM	—	X
CD-ROM	X	X	DVD-Video	—	X
CD-R	X	X	DVD-Audio	—	X
CD-RW	X	X	DVD-RAM	—	X

X — накопитель будет выполнять считывание с этого носителя.

Обратите внимание на то, что спецификация MultiRead также указывает на возможность дисковода читать диски, записанные в режиме пакетной записи. Это связано с тем, что данный режим чаще всего используется для записи носителей CD-R и CD-RW.

При использовании перезаписывающих устройств CD и DVD о проблемах совместимости волноваться вообще не стоит. В то же время, если вы продолжаете использовать устройства CD-ROM, DVD-ROM или комбинированные приводы DVD-ROM/CD-RW, стоит проверить совместимость с другими типами носителей. Логотипы, показанные на рис. 11.8, сегодня широко не используются, однако совместимость можно определить также по характеристикам устройства.



Рис. 11.8. Логотипы MultiRead и MultiRead2

Для того чтобы получить последние версии спецификаций MultiRead (редакция 1.11, 23 октября 1997 года) и MultiRead 2 (редакция 1.0, 6 декабря 1999 года), обратитесь на сайт OSTA.

Накопители DVD

DVD (Digital Versatile Disc) — это *цифровой универсальный диск* или, проще говоря, компакт-диск высокой емкости. Фактически каждый накопитель DVD-ROM является дисководом CD-ROM, т.е. накопители этого типа могут читать как обычные компакт-диски, так и DVD. Цифровые универсальные диски используют ту же оптическую технологию, что и компакт-диски, и отличаются только более высокой плотностью записи. Стандарт DVD значительно увеличивает объем памяти и, следовательно, объем приложений, записываемых на компакт-дисках. CD-ROM могут содержать максимум 737 Мбайт данных (80-минутный диск), что на первый взгляд кажется довольно неплохим показателем. К сожалению, этого уже недостаточно для многих современных приложений, особенно при активном использовании видео. DVD, в свою очередь, могут содержать до 4,7 Гбайт (однослойный диск) или 8,5 Гбайт (двухслойный диск) данных на каждой стороне, что примерно в 11,5 раза больше по сравнению со стандартными компакт-дисками. Емкость двухсторонних DVD, естественно, в два раза выше емкости односторонних. Однако в настоящее время для считывания данных со второй стороны приходится переворачивать диск.

На DVD можно записать до двух информационных слоев, при этом емкость стандартного одностороннего однослойного диска равна 4,7 Гбайт. Новый диск имеет такой же диаметр, как и CD, однако он в два раза тоньше (0,6 мм). Применяя сжатие MPEG-2, на новом диске можно поместить 133 минуты видео — полнометражный фильм с тремя каналами качественного звука и четырьмя каналами субтитров. Используя оба слоя одностороннего диска, можно записать на него 240-минутный фильм. В значениях емкости оптических дисков нет никакой кабалистики. DVD были непосредственно связаны с производством фильмов, и киноиндустрия уже давно считала этот тип носителей дешевле и надежнее видеокассет.

Примечание

Очень важно понимать разницу между DVD-Video и DVD-ROM. Первый диск содержит только видео и воспроизводится в проигрывателе DVD, а второй включает различные типы данных и считывается с помощью накопителя DVD в компьютере. Эти два типа дисков можно сравнить с музыкальным компакт-диском и CD-ROM. Накопители DVD способны воспроизводить кинофильмы DVD-Video (с помощью аппаратного или программного кодировщика MPEG-2), однако проигрыватели DVD-Video нельзя использовать для доступа к данным DVD-ROM.

Цифровые универсальные диски пришли на смену компакт-дискам и видеокассетам. Приобретенные или взятые напрокат DVD выполняют те же функции, что и лента видеомагнитофона, но обеспечивают более высокое качество звука и изображения. Как и компакт-диски, которые предназначались в первую очередь для музыкальных записей, DVD могут использоваться для самых разных целей, в том числе и для хранения компьютерных данных.

История DVD

Стандарт DVD создавался несколько странно. В 1995 году два конкурирующих стандарта CD-ROM большой емкости начали борьбу за рынок. Стандарт Multimedia CD был представлен компаниями Sony и Philips Electronics, а конкурирующий стандарт Super Density (SD) — компаниями Toshiba, Time Warner и некоторыми другими. Если бы оба этих стандарта вышли на рынок в первозданном виде, то потребители, а также производители программного обеспечения оказались бы в затруднительном положении: какой из них выбрать?

Во избежание повторения войны между форматами Beta и VHS несколько организаций, включая Hollywood Video Disc Advisory Group и Computer Industry Technical Working Group, объединились и потребовали создать один стандарт, отказавшись поддерживать оба стандарта-конкурента. Это побудило группы разработчиков в сентябре 1995 года создать единый

стандарт CD-ROM большой емкости. Новый стандарт был назван DVD и совмещал элементы своих предшественников, т.е. представлял собой унифицированный стандарт как для компьютерных технологий, так и для индустрии развлечений. Вначале DVD расшифровывался как Digital Video Disc (*цифровой видеодиск*), но позднее был переименован в *цифровой универсальный диск*.

В конце 1996 года, после принятия соглашения о защите от нелегального копирования, были опубликованы стандарты DVD-ROM и DVD-Video. На выставке бытовой электроники в Лас-Вегасе, которая состоялась в январе 1997 года, посетители увидели проигрыватели, накопители и DVD, поступившие в продажу уже в марте. Стоимость первых проигрывателей DVD достигала тысячи долларов. Сначала в формате DVD было выпущено только тридцать шесть кинофильмов, диски с которыми продавались в семи крупных городах США (Чикаго, Далласе, Лос-Анджелесе, Нью-Йорке, Сан-Франциско, Сиэтле и Вашингтоне). Массовая продажа дисков началась уже в августе 1997 года. Довольно неважное начало, связанное с проблемой защиты от копирования, сменилось ошеломляющим успехом DVD. Популярность этих дисков выросла еще больше после того, как в 2001 году был принят формат RW, превративший цифровой универсальный диск "только для чтения" в полностью перезаписываемый носитель.

В настоящее время разработку и распространение стандартов DVD контролирует организация DVD Forum. В нее входят следующие компании: Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, Victor, Pioneer, Sony, Toshiba, Philips, Thomson и Time Warner. Дополнительную информацию о DVD Forum можно найти по адресу `www.dvdforum.org`. Компании, входящие в DVD Forum, не смогли прийти к соглашению по универсальному формату перезаписываемых дисков, и потому члены этой организации, отвечающие за CD- и DVD-технологии (компании Philips, Sony и др.), в июне 2000 года отделились, сформировав комитет DVD+RW Alliance. Сайт этой организации находится по адресу `www.dvdrw.org`. Впоследствии эти компании представили формат DVD+RW, который является более гибким и обратно совместимым перезаписываемым форматом DVD. Форматы DVD-R/RW и DVD+R/RW предназначены не только для пользователей компьютеров. Некоторые производители перешли к выпуску высококлассных стационарных устройств воспроизведения и записи DVD, иногда оснащая эти устройства дополнительным приводом для лент VCR.

Технология и производство DVD

Технология цифровых универсальных дисков (DVD) очень похожа на технологию компакт-дисков. В обеих используются штампованные поликарбонатные диски одного и того же размера (наружный диаметр — 120 мм, диаметр центрального отверстия — 15 мм, толщина — 1,2 мм) со спиральными дорожками, состоящими из впадин и площадок. В отличие от обычных компакт-дисков, DVD могут иметь два слоя записи на каждой стороне и быть одно- или двухсторонними. Каждый слой диска штампуется отдельно, после чего они объединяются, образуя в итоге диск толщиной 1,2 мм. Технологические процессы изготовления обоих типов дисков практически не различаются, за исключением того, что слои и стороны DVD штампуются из отдельных поликарбонатных заготовок, которые затем соединяются одна с другой, формируя законченный диск. Основным отличием стандартных компакт-дисков от DVD является более высокая плотность записи данных последних, которые считываются лазером с более короткой длиной волны. Как уже отмечалось, компакт-диски являются односторонними и имеют только один слой записи. В отличие от них DVD могут быть двухсторонними и иметь два слоя записи на каждой стороне.

По аналогии с компакт-дисками каждый слой DVD содержит одну физическую дорожку, которая начинается на внутренней части диска и доходит по спирали к внешней части. Цифровой универсальный диск, если смотреть на него со стороны считывания (снизу), вращается против часовой стрелки. Спиральные дорожки, как и на компакт-дисках, образованы впадинами (штрихами) и площадками (плоскими участками). Каждый записанный слой покрывается тонкой металлической пленкой, отражающей лазерный луч. Благодаря тому что внешний

слой имеет более тонкое покрытие, луч проходит через него и считывает данные, которые записаны на внутреннем слое. Этикетка обычно располагается на верхней части одностороннего диска; на двухстороннем диске для этого отводится узкая кольцевая поверхность в центральной части.

Считывание информации представляет собой процесс регистрации колебаний луча маломощного лазера, отраженного от металлического слоя диска. Лазер посылает сфокусированный луч света на нижнюю часть диска, а светочувствительный рецептор улавливает уже отраженный луч. Луч лазера, попавший на площадку (плоскую поверхность дорожки), отражается обратно; в свою очередь, луч, попавший во впадину на дорожке, обратно не отражается.

Глубина отдельных впадин, образующих дорожку компакт-диска, равна 0,105 мкм, ширина — 0,4 мкм. Минимальная длина впадин или площадок составляет примерно 0,4 мкм, максимальная — 1,9 мкм (на однослойных дисках).

За дополнительной информацией о способах считывания штрихов и их преобразования в цифровые данные, а также о принципах работы накопителей обратитесь к разделу о технологии производства дисков CD, приведенному выше.

Для увеличения емкости DVD по сравнению с CD были применены следующие новшества:

- длина штриха уменьшена примерно в 2,25 раза (от 0,9 до 0,4 мкм);
- расстояние между дорожками уменьшено примерно в 2,16 раза (от 1,6 до 0,74 мкм);
- область данных увеличена примерно в 1,02 раза (от 8,605 до 8,759 мм^2);
- введена более эффективная (примерно в 1,06 раза) модуляция;
- эффективность кода коррекции ошибок повышена примерно в 1,32 раза;
- секторы уменьшены примерно в 1,06 раза (от 2048/2352 до 2048/2064 байт).

Благодаря уменьшению размера площадок и впадин единица поверхности DVD может сохранять больше данных по сравнению с компакт-диском. Сравнение структуры DVD и компакт-дисков представлено на рис. 11.9.

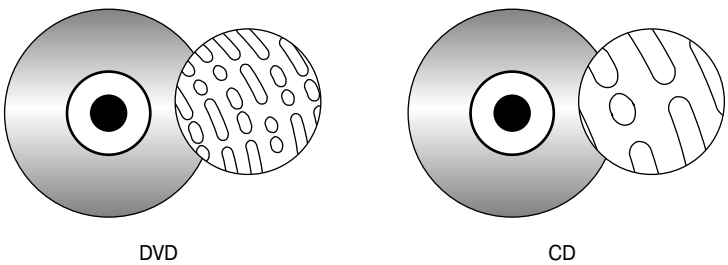


Рис. 11.9. Размеры площадок и впадин DVD уменьшены по сравнению с обычными CD-R и CD-RW

В накопителе DVD используется лазер с меньшей длиной волны, что позволяет считывать более короткие штрихи. Для удвоения объема данных в накопителе DVD можно использовать две стороны диска и, кроме того, записывать данные на два отдельных слоя каждой из сторон. Второй слой данных записывается на отдельной площадке, расположенной под первой, которая сделана полупрозрачной, чтобы луч лазера мог проникать на первый слой. Фокусируя лазер на любом из двух слоев, привод может считать ровно вдвое больше информации с одной и той же поверхности.

Дорожки и секторы DVD

Впадины (штрихи) образуют единственную спиральную дорожку (в каждом слое) с расстоянием 0,74 мкм между витками, что соответствует плотности дорожек 1351 виток на миллиметр, или 34324 витка на дюйм. В целом это составляет 49324 витка, а общая длина дорож-

ки достигает 11,8 км (или 7,35 мили). Дорожка разбита на секторы, каждый из которых содержит 2048 байт данных. Диск разделен на четыре основные области.

- **Область фиксирования (посадки) диска.** Центральную часть компакт-диска с отверстием для вала проигрывателя. Эта область не содержит какой-либо информации или данных.
- **Начальная область.** Включает в себя буферные зоны, код ссылки и зону служебных данных, содержащую информацию о диске. Зона служебных данных состоит из 16 секторов, продублированных 192 раза, что составляет 3072 сектора данных. В этих секторах расположены данные о диске, в частности указаны категория диска и номер версии, размер и структура диска, максимальная скорость передачи данных, плотность записи и распределение зоны данных. В целом начальная область занимает до 196607 (2FFFFh) секторов диска. Базовая структура всех секторов DVD, в отличие от компакт-дисков, одинакова. Секторы буферной зоны начальной области содержат только символы 00h (шестнадцатеричные нули).
- **Область данных.** Содержит видео-, аудиоданные или другие данные и начинается с сектора под номером 196608 (30000h). В общей сложности область данных однослойного одностороннего диска может содержать до 2292897 секторов.
- **Конечная (или средняя) зона.** Отмечает завершение области данных. Секторы конечной зоны содержат только значения 00h. В том случае, если диск имеет два слоя записи и записан в режиме обратного считывания (OPT), где второй слой начинается с внешней стороны диска и считывается в противоположном по отношению к первому слою направлении, эта зона называется *средней*.

Центральное отверстие DVD имеет диаметр 15 мм, т.е. его края расположены на расстоянии 7,5 мм от центра диска. Область фиксирования диска начинается от края центрального отверстия и заканчивается на расстоянии 16,5 мм от центра диска. Начальная (или нулевая) область начинается в 22 мм от центра диска. Область данных начинается на расстоянии 24 мм и завершается конечной (или средней) областью, расположенной за 58 мм от центра диска. Формально дорожка диска заканчивается на расстоянии 58,5 мм от его центра, затем следует буферная зона шириной 1,5 мм. Описанные области DVD, представленные в относительном масштабе, показаны на рис. 11.10.

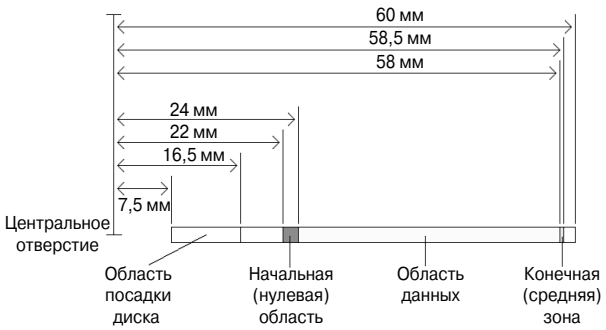


Рис. 11.10. Области DVD (в разрезе)

Как правило, спиральная дорожка стандартного DVD начинается с нулевой области и заканчивается конечной (средней) зоной, расположенной на расстоянии 58,5 мм от центра диска или 1,5 мм от его внешнего края. Длина одной спиральной дорожки достигает 11,84 км (или 7,35 мили). Интересно то, что при считывании внешней части дорожки посредством накопителя 20x CAV, имеющего постоянную угловую скорость, данные перемещаются по от-

ношению к лазеру со скоростью 156 миль/ч (251 км/ч). И несмотря на столь высокую скорость перемещения данных, лазерный датчик безошибочно считывает значения битов (переходы "впадина–площадка"), размеры которых не превышают 0,4 микрона, или 15,75 миллионной доли дюйма.

Существуют одно- и двухслойные, а также одно- и двухсторонние версии DVD. Двухсторонние диски, в сущности, представляют собой два односторонних диска, склеенных тыльными сторонами друг с другом. Между одно- и двухслойными версиями имеется более существенное различие. Длина впадин (штрихов) двухслойных дисков немного больше, что приводит к незначительному уменьшению емкости диска. В табл. 11.8 приведены основные параметры одно- и двухслойных дисков.

Таблица 11.8. Технические параметры DVD

Тип цифрового универсального диска (DVD)	Однослойный	Двухслойный
Скорость считывания 1x, м/с	3,49	3,49
Длина волны лазера, нм	650	650
Коэффициент преломления носителя	1,55	1,55
Расстояние между витками, мкм	0,74	0,74
Количество витков на миллиметр	1351	1351
Количество витков на дюйм	34324	34324
Общая длина дорожки, м	11836	11836
Общая длина дорожки, футы	38832	38832
Общая длина дорожки, мили	7,35	7,35
Средняя длина одного бита, нм	133,3	146,7
Средняя длина одного байта, мкм	1,07	1,17
Средняя длина сектора, мм	5,16	5,68
Ширина впадины, мкм	0,40	0,40
Глубина впадины, мкм	0,105	0,105
Номинальная длина впадины (минимальная), мкм	0,40	0,44
Номинальная длина впадины (максимальная), мкм	1,87	2,05
Внутренний радиус начальной области, мм	22	22
Внутренний радиус области данных, мм	24	24
Внешний радиус области данных, мм	58	58
Внешний радиус конечной зоны, мм^2	58,5	58,5
Ширина области данных, мм	34	34
Площадь зоны данных, мм^2	8759	8759
Общая ширина области дорожки, мм	36,5	36,5
Максимальная частота вращения 1x CLV, об/мин	1515	1667
Минимальная частота вращения 1x CLV, об/мин	570	570
Количество витков дорожки (область данных)	45946	45946
Количество витков дорожки (общее)	49324	49324
Количество секторов области данных	2292897	2083909
Количество секторов, считываемых в секунду	676	676
Средняя скорость передачи данных, Мбит/с	26,15625	26,15625
Среднее количество битов в секторе	38688	38688
Среднее количество байтов в секторе	4836	4836
Скорость передачи данных интерфейса, Мбит/с	11,08	11,08
Количество информационных битов интерфейса в секторе	16384	16384
Количество информационных байтов интерфейса в секторе	2048	2048
Время воспроизведения каждого слоя, минуты	56,52	51,37
Время воспроизведения каждой стороны, минуты	56,52	102,74
Протяженность видеоформата MPEG-2 в каждом слое, минуты	133	121
Протяженность видеоформата MPEG-2 на каждой стороне, минуты	133	242

CLV — Constant Linear Velocity (постоянная линейная скорость).

CAV — Constant Angular Velocity (постоянная угловая скорость).

Как видите, спиральная дорожка разделена на *секторы*, частота следования которых при чтении или записи составляет 676 секторов в секунду. Каждый сектор содержит 2048 байт данных.

Секторы организованы в *кадры данных*, содержащие 2064 байта, из которых 2048 байтов являются общими данными, 4 байта содержат идентификационную информацию, 2 байта — код обнаружения ошибок ID (IED), 6 байтов — данные относительно авторского права на носитель, а 4 байта представляют собой код обнаружения ошибок (EDC) для кадра данных.

Кадры данных, содержащие код коррекции ошибок, преобразуются в кадры ECC. Каждый кадр ECC содержит 2064 байта данных, а также 182 байта верхнего (PO) и 120 байт нижнего контроля четности (PI), что составляет в целом 2366 байтов для каждого кадра ECC.

И наконец, кадры ECC преобразуются отдельными группами размером 91 байт в физические секторы диска. Для этого используется метод модуляции 8/16, при котором каждый байт (8 бит) конвертируется в специальное 16-разрядное значение, выбранное из таблицы. Эти 16-разрядные значения разработаны таким образом, что не могут содержать менее 2 и более 10 смежных битов, имеющих нулевое значение (0). Такая форма кодирования с ограничением длины поля записи получила название *схема RLL 2,10*. По завершении преобразования к каждому кадру добавляется 320 бит (40 байт) данных синхронизации. Таким образом, после преобразования кадра ECC в физический сектор общее количество байтов в секторе достигает 4836.

Структура секторов, кадров и звуковых данных представлена в табл. 11.9.

Таблица 11.9. Структура кадров данных, кадров ECC и физических секторов DVD

Кадр данных DVD:	
байты идентификационных данных (ID)	4
байты кода обнаружения ошибок ID (IED)	2
байты данных по авторским правам (CI)	6
байты данных	2048
код обнаружения ошибок (EDC)	4
Общий объем кадра данных, байты	2064
Кадр ECC DVD:	
общий объем кадра данных, байты	2064
байты верхнего контроля четности (PO)	182
байты нижнего контроля четности (PI)	120
Общий объем кадра ECC, байты	2366
Физический сектор DVD:	
кадр ECC, байты	2366
биты модуляции 8/16	37856
биты синхронизации	832
Общее количество кодированных битов в секторе	38688
Общее количество кодированных байтов в секторе	4836
Исходное количество битов данных в секторе	16384
Исходное количество байтов данных в секторе	2048
Отношение общего объема данных к исходному	2,36

В цифровых универсальных дисках, в отличие от стандартных компакт-дисков, подкоды не используются. Вместо этого каждый кадр данных содержит идентификационные байты (ID), используемые для хранения номера сектора и другой информации, относящейся к сектору.

Обработка ошибок DVD

DVD отличаются от обычных компакт-дисков более совершенными кодами коррекции ошибок. Как уже отмечалось, компакт-диски имеют различные уровни коррекции ошибок, которые зависят, в первую очередь, от характера записанных данных (аудио-, видеоданные или информационные данные). Цифровые универсальные диски, в свою очередь, обрабатывают всю информацию одинаково, применяя полный цикл коррекции ошибок ко всем секторам.

DVD обрабатывает ошибки главным образом в кадрах ECC. Для выявления и исправления ошибок в кадры данных были введены биты верхнего (столбец) и нижнего (строка) кон-

троля четности. Несмотря на кажущуюся простоту такого решения, оно достаточно эффективно. Информация, находящаяся в кадрах данных, вначале разбивается на 192 строки по 172 байта в каждой. После этого с помощью полиномиального уравнения вычисляются 10 байтов контроля четности PI, которые добавляются к каждой строке, увеличивая тем самым их длину до 183 байтов. С помощью второго полиномиального уравнения вычисляются 16 байтов контроля четности PO, которые, в свою очередь, добавляются к каждому столбцу. Таким образом, при добавлении байтов контроля четности PI и PO объем кадров ECC, содержавших вначале 192 строки по 172 байта, увеличивается до 208 строк по 182 байта.

Для того чтобы объяснить функцию байтов верхнего (PO) и нижнего (PI) контроля четности, воспользуемся следующим примером. Рассмотрим два байта, в которых записаны символы "N" и "O" (N = 01001110, O = 01001111). Чтобы ввести код коррекции ошибок, указанные байты организованы в строки, как показано ниже.

```
              Биты данных
              1  2  3  4  5  6  7  8
-------------------------------------
Байт 1        0  1  0  0  1  1  1  0
Байт 2        0  1  0  0  1  1  1  1
-------------------------------------
```

Теперь с помощью функции проверки на нечетность к каждой строке добавляется бит PI. Это значит, что нужно подсчитать количество единичных битов, а затем прибавить бит, имеющий соответствующее значение. Количество единиц в первой строке равно 4, следовательно, для получения нечетной суммы значение бита контроля четности должно быть равно 1. Сумма битов второй строки является нечетным числом, поэтому значение бита контроля четности должно быть равно 0. Посмотрим, что получилось в результате.

```
              Биты данных                 |
              1  2  3  4  5  6  7  8      |  PI
------------------------------------------|-----
Байт 1        0  1  0  0  1  1  1  0      |  1
Байт 2        0  1  0  0  1  1  1  1      |  0
------------------------------------------|-----
```

Значения битов контроля четности для каждого столбца вычисляются точно так же, после чего добавляются к столбцу. Другими словами, значение бита контроля четности должно быть таким, чтобы сумма единиц каждого столбца была нечетным числом.

```
              Биты данных                 |
              1  2  3  4  5  6  7  8      |  PI
------------------------------------------|-----
Байт 1        0  1  0  0  1  1  1  0      |  1
Байт 2        0  1  0  0  1  1  1  1      |  0
------------------------------------------|-----
     PO       1  1  1  1  1  1  1  0      |  1
```

Теперь код завершен, и дополнительные биты сохранены вместе с данными. Таким образом, к 2 байтам данных добавлены еще 11 бит, предназначенных для коррекции ошибок. Во время считывания данных повторно вычисляются биты коррекции ошибок и проверяется соответствие условиям нечетности. Теперь в качестве примера изменим значение одного из битов данных (тем самым допустим, что произошла ошибка считывания) и повторим вычисление битов коррекции ошибок.

```
              Биты данных                 |
              1  2  3  4  5  6  7  8      |  PI
------------------------------------------|-----
Байт 1        0  1  0  0  1  0  1  0      |  0
Байт 2        0  1  0  0  1  1  1  1      |  0
------------------------------------------|-----
     PO       1  1  1  1  1  0  1  0      |  0
```

Как видите, изменились значения битов PI и PO, вычисленные после считывания данных. В частности, это относится к значениям бита PI в строке 1 и бита PO в столбце 6. Это позволяет точно определить строку и столбец, в которых была допущена ошибка. В данном случае это байт 1 (строка 1), бит 6 (столбец 6). Теперь известно, что этот бит был по ошибке прочитан как нуль, поэтому его необходимо изменить на единицу. Перед тем как передать данные в систему, схема коррекции ошибок исправляет ошибочное значение. Таким образом, код коррекции ошибок благодаря некоторым дополнительным данным, введенным в каждую строку и столбец, может на лету выявлять и исправлять ошибки.

Помимо организации кадров ECC, в DVD также выполняется шифрование данных с помощью технологии сдвига разрядов и чередования частей кадров ECC во время их записи на диск. Эти схемы предназначены для непоследовательного сохранения данных на дисках, что позволяет избежать их повреждения при загрязнении или появлении царапин.

Емкость DVD (слои и стороны)

В настоящее время существуют четыре основных типа DVD, которые классифицируются по количеству сторон (одно- или двухсторонние) и слоев (одно- и двухслойные).

- **DVD-5 — односторонний однослойный диск емкостью 4,7 Гбайт.** Состоит из двух соединенных друг с другом подложек. Одна из них содержит записанный слой, который называется нулевым слоем, вторая совершенно пуста. На однослойных дисках обычно используется алюминиевое покрытие.
- **DVD-9 — односторонний двухслойный диск емкостью 8,5 Гбайт.** Состоит из двух штампованных подложек, соединенных таким образом, что оба записанных слоя находятся с одной стороны диска; с другой стороны располагается пустая подложка. Внешний (нулевой) штампованный слой покрыт полупрозрачной золотой пленкой, которая отражает лазерный луч, сфокусированный на данном слое, и пропускает луч, который сфокусирован на нижнем слое. Для считывания обоих слоев используется один лазер с изменяемой фокусировкой.
- **DVD-10 — двусторонний однослойный диск емкостью 9,4 Гбайт.** Состоит из двух штампованных подложек, соединенных тыльными сторонами. Записанный слой (нулевой слой на каждой стороне) обычно имеет алюминиевое покрытие. Диски этого типа являются двусторонними, а считывающий лазер находится в нижней части накопителя, поэтому для чтения второй стороны диск необходимо извлечь и перевернуть.
- **DVD-18 — двусторонний двухслойный диск емкостью 17,1 Гбайт.** Объединяет в себе два слоя записи на каждой стороне. Стороны диска, каждая из которых формируется двумя штампованными слоями, соединяются одна с другой тыльными частями. Внешние слои (слой 0 на каждой стороне диска) покрыты полупрозрачной золотой пленкой, внутренние слои (слой 1 на каждой стороне) имеют алюминиевое покрытие. Отражательная способность однослойного диска составляет 45–85%, двухслойного — 18–30%. Различные отражающие свойства компенсируются схемой автоматической регулировки усиления (АРУ).

Конструкция DVD различных типов показана на рис. 11.11.

Несмотря на то что на рис. 11.11 показаны два лазера, считывающие данные нижней части двухслойных дисков, фактически используется только один. Для чтения данных, расположенных на разных слоях, изменяется только фокусировка лазера.

Существуют два способа записи слоев двухслойных дисков: с противоположным (OTP) и параллельным (PTP) направлением дорожек. Метод OTP позволяет минимизировать время, затрачиваемое при чтении диска на переход с одного слоя на другой. При достижении внутренней части диска (конца слоя 0) лазерный датчик остается практически в том же положении и лишь немного перемещается для фокусировки на слое 1. Конечная область диска при его записи в режиме OTP называется *средней зоной*.

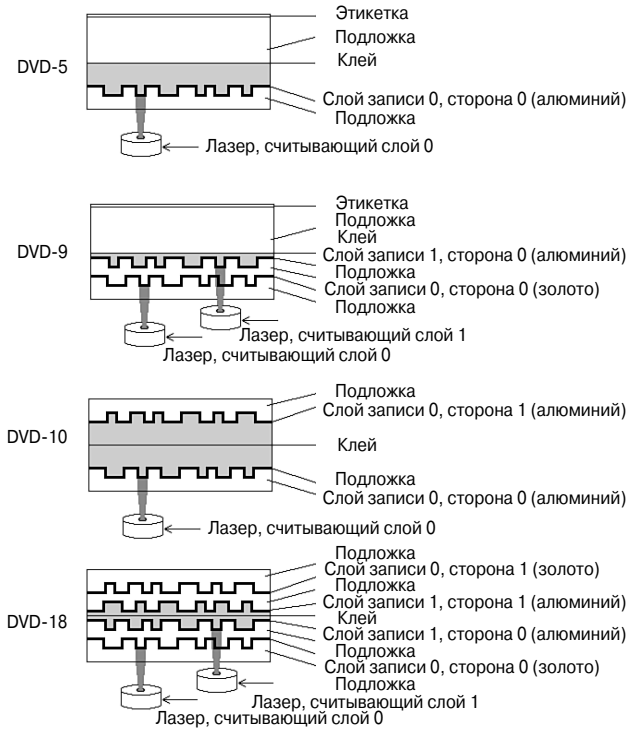


Рис. 11.11. Типы и конструкция DVD

Запись (и чтение) спиральных дорожек DVD, записанных в режиме PTP, происходит по-другому. При переходе от слоя 0 к слою 1 лазерный датчик должен переместиться с наружной части диска (т.е. с конца первого слоя) на его внутреннюю часть (на начало второго слоя). Кроме того, необходимо изменить фокусировку лазера. Для ускорения перехода практически все DVD записываются в режиме OTP.

Отличается и направление спиральных дорожек различных слоев, записанных в режиме PTP. Это позволяет упростить процесс считывания дорожек, расположенных одна над другой. Спиральная дорожка слоя 0 направлена по часовой стрелке, а дорожка слоя 1 — против часовой стрелки. Поэтому для чтения второго слоя необходимо изменить направление вращения диска, но в дисках OTP считывание спирали происходит снаружи внутрь. Таким образом, спиральная дорожка слоя 0 направлена изнутри наружу, а дорожка слоя 1 — снаружи внутрь.

Различия между DVD, записанными в режимах PTP и OTP, представлены на рис. 11.12.

Емкость цифровых универсальных дисков зависит от их типа и достигает 17,1 Гбайт (табл. 11.10).

Таблица 11.10. Емкость DVD

Обозначение диска	Однослойный DVD-5	Двухслойный DVD-9
Байт	4695853056	8535691264
Кибибайт	4585794	8335636
Кбайт	4695853	8535691
Мебибайт	4586	8336
Мбайт	4696	8536

Окончание табл. 11.10

Обозначение диска	Однослойный DVD-5	Двухслойный DVD-9
Гибибайт	4,6	8,3
Гбайт	4,7	8,5
Видеоданные в формате MPEG-2, мин	133	242
Видеоданные в формате MPEG-2, ч:мин	2:13	4:02
Обозначение диска	**Однослойный двусторонний DVD-10**	**Двухслойный двусторонний DVD-18**
Байт	9391706112	17071382528
Кибибайт	9171588	16671272
Кбайт	9391706	17071383
Мебибайт	9172	16671
Мбайт	9392	17071
Гибибайт	9,2	16,7
Гбайт	9,4	17,1
Видеоданные в формате MPEG-2, мин	266	484
Видеоданные в формате MPEG-2, ч:мин	4:26	8:04

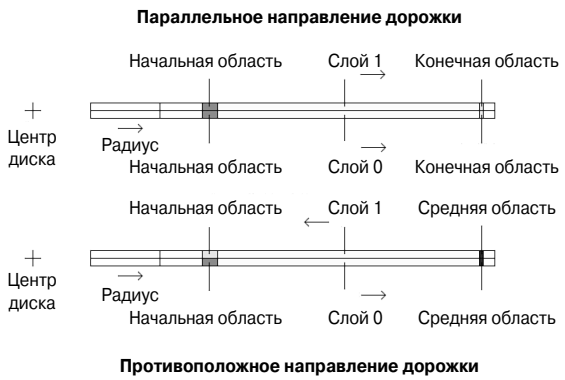


Рис. 11.12. DVD, записанные в режимах PTP и OTP

Емкость двухслойных дисков, если вы заметили, немногим меньше емкости двух однослойных дисков, даже несмотря на то, что слои дисков занимают примерно одинаковое пространство (длины спиральных дорожек дисков разных типов одинаковы). Это было сделано для улучшения читаемости слоев дисков в двухслойной конфигурации. Расстояние между витками дорожек было немного увеличено, что повлекло за собой увеличение длины впадин и площадок. Чтобы это компенсировать, частота вращения накопителя при чтении двухслойного диска увеличивается, в результате чего скорость передачи данных остается постоянной. Но, поскольку спиральная дорожка считывается быстрее, общая емкость диска немного уменьшается.

Помимо перечисленных типов стандартной емкости, могут изготавливаться и двусторонние диски, имеющие один слой на одной стороне и два слоя на другой. Диски этого типа обозначаются как *DVD-14* и имеют емкость 13,2 Гбайт или примерно 6 часов и 15 минут видеоданных формата MPEG-2. Существуют также 80-миллиметровые диски, емкость которых меньше емкости стандартных 120-миллиметровых дисков той же конфигурации.

Двусторонние диски отличаются повышенной сложностью технологического процесса и более высокой стоимостью, а также тем, что для воспроизведения обеих сторон диск приходится извлекать из накопителя и переворачивать. Все это привело к тому, что наибольшее распространение получили DVD-5 (односторонние однослойные) и DVD-9 (односторонние

двухслойные). Емкость дисков этого типа достигает 8,5 Гбайт, что составляет 242 минуты воспроизведения видеоданных формата MPEG-2. Видеодиски DVD-5 со 133-минутным воспроизведением подходят для записи более чем 95% кинофильмов, существующих в настоящее время.

Примечание

При просмотре фильма, записанного на двухслойном DVD, в начале воспроизведения второго слоя возникнет небольшая пауза. Ничего страшного в этом нет, потому что она настолько коротка, что если вы в этот момент моргнете, то можете ее и не заметить.

Кодирование данных на диске

Как и в компакт-дисках, значения битов не определяются непосредственно параметрами впадин и площадок, образующих спиральную дорожку. Для этого используются переходы от впадины к площадке и от площадки к впадине, или, иначе говоря, изменения отражательной способности. Дорожка диска разделена на одноразрядные регистры или временны*е* интервалы (T), а длина впадины или площадки, используемой для представления данных, должна составлять не менее 3T и не более 11T интервалов (регистров). Впадина (или площадка) длиной 3T имеет значение 1001, а впадина (или площадка) длиной 11T — 100000000001.

Запись данных выполняется посредством модуляции 8/16, которая является модифицированной версией EFM-модуляции (т.е. 8/14), используемой в компакт-дисках. Поэтому данный метод иногда называют EFM+. Модуляция EFM представляет собой процесс преобразования каждого байта (8 бит) в 16-разрядное значение для снижения плотности впадин на оптическом диске; 16-разрядные коды преобразования разработаны таким образом, что не могут содержать менее 2 и более 10 смежных битов, имеющих нулевое значение (0). Эта форма кодирования с ограничением длины поля записи получила название RLL 2,10 (в общем виде — RLL *x,y*, где *x* — минимальное; *y* — максимальное значение поля записи нулевых битов). Такая схема позволяет избежать появления длинных строк нулевых битов (нулей), которые могут быть считаны неправильно, а также ограничить минимальную и максимальную частоты переходов, существующих на носителе записи. В отличие от EFM-модуляции, применяемой при записи компакт-дисков, в этом случае объединяющие биты не используются. Кроме того, 16-разрядные коды модуляции рассчитаны на то, чтобы не нарушать форму RLL 2,10 при отсутствии объединяющих битов. Выше уже упоминалось о том, что EFM-модуляция требует не менее 17 бит для представления каждого байта на компакт-диске (из-за дополнительных объединяющих байтов и байтов синхронизации). Модуляция EFM+ несколько превосходит предыдущий метод, так как для представления каждого кодированного байта требуется только 16 бит.

Несмотря на то что в модуляции, сгенерированной EFM+, допускается не более 10 смежных нулей, биты синхронизации, добавленные при записи диска, могут содержать до 13 нулей (0). Таким образом, временной период между единицами (1), записанными на диске, может достигать 14T; т.е. длина впадины или площадки в этом случае составляет 14 временны*х* интервалов или одноразрядных регистров.

Стандарты перезаписываемых DVD

История записывающих устройств DVD сопряжена с постоянными проблемами. Она началась в апреле 1997 года, когда компании, входящие в группу DVD Forum, представили спецификации для перезаписываемых DVD, DVD-RAM и DVD-R. Немного позже в их число вошел также DVD-RW. Эти стандарты не оправдали ожиданий, поэтому ведущие компании, занимающиеся производством оптических дисков и накопителей, сформировали собственную группу, получившую название DVD+RW Alliance, и создали альтернативный стандарт DVD+R и DVD+RW. На протяжении нескольких лет устройства одного семейства стандартов не могли работать с носителями другого семейства.

К счастью, теперь все выпускаемые устройства поддерживают оба типа носителей: DVD-R/RW и DVD+R/RW; большинство из них также поддерживает DVD-RAM. Переход к поддержке множества стандартов в одном устройстве избавляет конечного пользователя от необходимости выбора лучшего из них — ему достаточно подобрать носитель, в большей степени подходящий для решения конкретной задачи.

В табл. 11.11 сравниваются конкурирующие стандарты, а в табл. 11.12 раскрываются вопросы совместимости между разными типами устройств и носителей.

Таблица 11.11. Стандарты перезаписываемых DVD

Формат	Когда представлен	Емкость, Гбайт	Совместимость
DVD-RAM	Июль 1997 г.	До 4,7	Совместим только с накопителями DVD, поддерживающими стандарт MultiRead2
DVD-R/RW	Июль 1997 г. /ноябрь 1999 г.	До 4,7	Читается большинством существующих накопителей и записывающих устройств DVD
DVD+R/RW	Март/май 2001 г.	До 4,7	Читается большинством существующих накопителей и записывающих устройств DVD, имеющих расширения для записи видеоданных
DVD+R DL	Октябрь 2003 г.	8,5 Гбайт	Старые устройства DVD могут потребовать перепрошивки для чтения носителей DL
DVD-R DL	Февраль 2005 г.	8,5 Гбайт	Для совместимости со старыми устройствами DVD используется метод Layer Jump Recording. Старым устройствам может потребоваться перепрошивка

Таблица 11.12. Совместимость накопителей и носителей DVD

	Носители (диски)									
Накопитель	**CD-ROM**	**CD-R**	**CD-RW**	**DVD-Video**	**DVD-ROM**	**DVD-R**	**DVD-RAM**	**DVD-RW**	**DVD+RW**	**DVD+R**
Проигрыватель DVD-Video	R	?	?	R	—	R	?	R	R	R
DVD-ROM	R	R	R	R	R	R	?	R	R[1]	R
DVD-R	R	R/W	R/W	R	R	R/W	—		R	R
DVD-RAM	R	R	R	R	R	R[6]	R/W	R	R[1]	R
DVD-RW	R	R/W	R/W	R	R	R/W	—	R/W	R	R
DVD+R/RW	R	R/W	R/W	R	R	R	R[3]	R	R/W	R/W[2]
DVD-Multi Drive[4]	R	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R[1]	R
DVD±R/RW	R	R/W	R/W	R	R	R/W	R[5]	R/W	R/W	R/W
DVD Super Multi[7]	R	R/W	R/W	R	R	R/W[8]	R/W	R/W	R/W	R/W[9]

R — Read (чтение)

W — Write (запись).

Прочерк — не читается или не записывается.

? — читается накопителями MultiRead/MultiPlay.

1. Может потребоваться поддержка носителей другого типа (тип 2).

2. Некоторые накопители DVD+RW первого поколения не позволяют записывать DVD+R; обратитесь к изготовителю по поводу обновления или замены накопителя.

3. Совместимость по чтению для носителей DVD-RAM зависит от накопителя; за подробной информацией обратитесь к документации, прилагаемой к дисководу.

4. Спецификация DVD Forum для накопителей, которые совместимы со всеми стандартами DVD Forum (DVD+R/RW не является стандартом DVD Forum).

5. Некоторые из этих дисководов также записывают данные на носители DVD-RAM.

6. Некоторые из этих дисководов также записывают данные на носители DVD-R.

7. Идентификатор устройств, работающих со всеми типами носителей (DVD+R/RW, DVD-R/RV, DVD+R DL и DVD-RAM).

8. Некоторые из этих устройств работают и с двухслойными (DL) носителями.

9. Также поддерживает двухслойные (DL) носители.

Формат DVD+R/RW, отличающийся низкой стоимостью накопителей и носителей, обеспечивает самую высокую совместимость с существующими форматами, а также имеет определенные особенности, которые делают его наиболее подходящим инструментом как для записи видеоданных, так и для хранения информации на ПК. Однако, используя современные приводы, вы сами сможете выбрать носитель, подходящий для конкретной задачи.

DVD-RAM

Стандарт DVD-RAM был предложен компаниями Panasonic, Hitachi и Toshiba; он входит в список стандартов, поддерживаемых DVD Forum. Накопители DVD-RAM используют технологию изменения фазы, схожую с технологией CD-RW. К сожалению, DVD-RAM не считываются большинством стандартных накопителей DVD-ROM, поскольку диски для этих накопителей по-разному отражают свет и хранят данные в различных форматах. (Следует отметить, что DVD-R обратно совместим с DVD-ROM.)

Накопители DVD-ROM, которые могут считывать DVD-RAM, появились на рынке в начале 1999 года и соответствуют спецификации MultiRead2. Накопители DVD-ROM и проигрыватели DVD-Video, соответствующие спецификации MultiRead2, могут считывать диски DVD-RAM. Более подробно о спецификации MultiRead говорилось ранее. Несмотря на то что логотип MultiRead2 не используется в современных устройствах, существующие на рынке приводы позволяют читать DVD-RAM. Все вопросы совместимости можно выяснить в документации к конкретному устройству.

Первые носители DVD-RAM, представленные весной 1998 года, имели емкость 2,6 Гбайт (односторонний) или 5,2 Гбайт (двусторонний). В конце 1999 года появились DVD-RAM версии 2 емкостью 4,7 Гбайт, а в 2000 году были представлены двусторонние диски емкостью 9,4 Гбайт. Накопители DVD-RAM позволяют считывать данные с носителей DVD-Video, DVD-ROM и компакт-дисков. В свою очередь, накопители DVD-ROM и старые устройства DVD+R/RW и DVD-R/RW, а также плееры DVD-Video не могут выполнить чтение с носителей DVD-RAM. Все устройства DVD Multi и DVD Super Multi могут читать с этих носителей и записывать на них.

Технология DVD-RAM использует так называемую методику записи на волнообразные выступы и желобки, в соответствии с которой сигнал записывается и на выступ (площадь между желобками), и в сами желобки, которые формируются при создании диска. Частота колебания дорожек служит информацией для синхронизации. Кроме того, диск содержит специальные заголовки секторов, которые наносятся на него при создании. На рис. 11.13 показаны волнообразные дорожки (выступы и желобки) с записанными на них данными. Это отличает данные носители от CD-R и CD-RW, на которых данные записывались только в желобки.

Для записи на диск применяется метод изменения фазы, в соответствии с которым данные записываются на участок, выборочно нагретый с помощью лазера высокой мощности. Записывающий лазер накопителя DVD-RAM переводит участок поверхности диска из кристаллического в аморфное состояние за счет нагревания поверхности. Кристаллическая и аморфная поверхности имеют разные коэффициенты отражения. Сигнал считывается благодаря разнице в отражении лазерного луча от кристаллической и аморфной поверхностей. Модуляция и коды коррекции ошибок такие же, как и для DVD-Video и DVD-ROM, что обеспечивает совместимость с остальными форматами DVD. Во время перезаписи лазер с более низкой энергией нагревает поверхность, в результате чего она вновь кристаллизируется.

Как односторонние, так и двусторонние диски должны упаковываться в картриджи. Двусторонние диски должны все время оставаться в картридже, а односторонние при необходимости можно вынимать из него.

Технические характеристики накопителей DVD-RAM приведены в табл. 11.13.

В прошлом я не рекомендовал использовать носители DVD-RAM ввиду отсутствия совместимости с другими типами устройств. Однако теперь, если компьютер оснащен приводом DVD Super Multi, чтение и запись на этот тип носителей ничем не отличается от работы с другими перезаписываемыми DVD. Отличительной особенностью этого формата является

возможность записывать, считывать и стирать данные без необходимости применения технологии пакетной записи, так что можете рассматривать DVD-RAM как достойную альтернативу другим типам носителей.

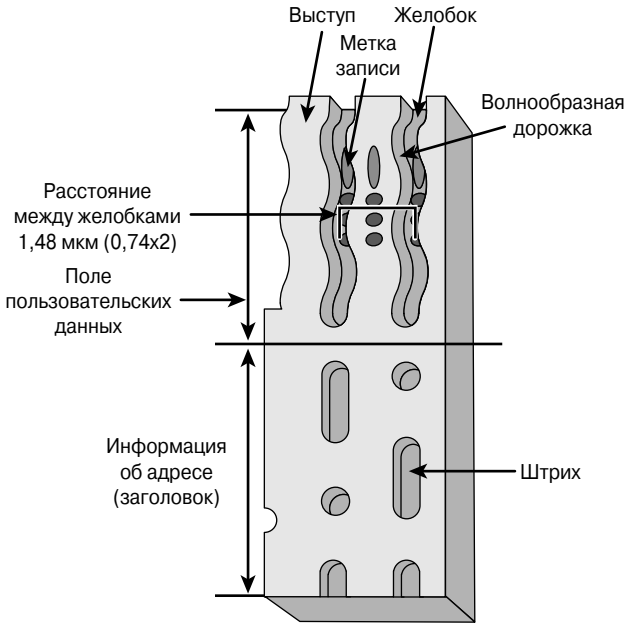


Рис. 11.13. Волнообразные выступы и желобки для записи в носителе DVD-RAM

Таблица 11.13. Технические характеристики DVD-RAM

Емкость носителя, Гбайт	2,6 (для одностороннего диска); 5,2 (для двустороннего диска)
Диаметр диска, мм	80–120
Толщина диска, мм	1,2 (составная структура: 0,6×2)
Метод записи	Изменения фазы
Длина волны лазера, нм	650
Длина бита данных, мкм	0,41-0,43
Шаг дорожки, мкм	0,74
Формат дорожки	Волнообразные выступы и желобки

DVD-R

Это носитель, на который можно записывать один раз, как и на CD-R. Он был создан компанией Pioneer и представлен в 1997 году Форумом DVD. Эти диски можно считывать на стандартных приводах DVD-ROM, а некоторые приводы DVD-RAM способны выполнять запись на носители DVD-R.

Односторонний DVD-R может хранить до 4,7 Гбайт данных, т.е. почти в семь раз больше, чем CD-R. Двусторонний DVD-R может содержать вдвое больше информации. В технологии DVD-R используется органическое покрытие, которое делает стоимость этих носителей низкой, как и CD-R.

Для обеспечения точности позиционирования в DVD-R используется метод волнообразных желобковых дорожек, которые в заводских условиях гравируются на диске. Данные записываются только в желобки. Частота отклонений желобков является синхронизирующей при считывании информации с диска. Желобки расположены более плотно, чем в DVD-RAM, однако данные записываются только в желобки — площадки не используются (рис. 11.14).

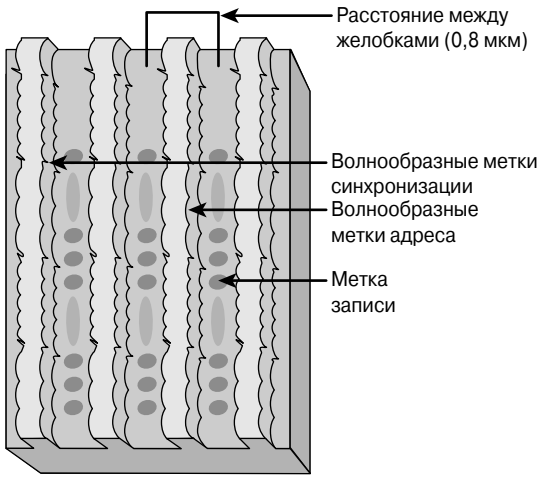


Рис. 11.14. Волнообразные желобковые дорожки на DVD-R

Технические характеристики накопителей DVD-R приведены в табл. 11.14.

Таблица 11.14. Технические характеристики DVD-R

Емкость носителя, Гбайт	4,7 (для одностороннего диска); 9,4 (для двустороннего диска)
Диаметр диска, мм	80–120
Толщина диска, мм	1,2 (составная структура: 0,6×2)
Метод записи	Органическое покрытие
Длина волны лазера, нм	635 (при записи); 635/650 (при считывании)
Длина бита данных, мкм	0,293
Шаг дорожки, мкм	0,80
Формат дорожки	Волнообразные желобки

В настоящее время носители DVD-R доступны со скоростью до 16x, несмотря на то, что отдельные приводы предлагают более высокую скорость прожига. Некоторые компании сегодня выпускают двусторонние однослойные DVD-R емкостью 9,4 Гбайт. Эти носители предназначены в основном для внешних блоков DVD, хотя их можно использовать и в стандартных перезаписывающих приводах компьютеров.

DVD-R DL

Носители DVD-R DL были представлены в феврале 2005 года; их иногда называют двухслойными DVD-R, а также DVD-R9. В сущности, это двухслойная версия все того же носителя DVD-R, использующая тот же метод записи, длину волны лазера и прочие спецификации. Однако в этих дисках имеются два записывающих слоя; при этом отражающая поверхность верхнего слоя сделана полупрозрачной, чтобы обеспечить запись на второй слой. Ввиду пониженной отражающей способности верхнего слоя некоторые приводы DVD-ROM не способны читать носители DVD-R DL.

Примечание

Если ваш привод DVD-ROM не способен прочитать носитель DVD-R DL, попробуйте использовать метод LJR (Layer Jump Recording), если устройство и программное обеспечение его поддерживают. Во время процесса записи по этому методу лазерный луч перескакивает между слоями, а не последовательно заполняет полностью каждый из слоев. Это позволяет диску поддерживать мультисессионную запись и одновременно облегчает устройству DVD-ROM чтение двухслойного диска.

Носители DVD-R DL сегодня доступны со скоростями до 4x, хотя некоторые устройства записи поддерживают и более высокие скорости.

DVD-RW

Организация DVD Forum представила формат DVD-RW в ноябре 1999 года. Разрабатываемый и поддерживаемый первоначально компанией Pioneer, формат DVD-RW, в сущности, является расширением DVD-R (точно так же, как формат CD-RW стал расширенной версией CD-R). В носителях DVD-RW используется технология фазовых переходов, поэтому они лучше совместимы с накопителями DVD-ROM, чем с DVD-RAM. Накопители, созданные по этой технологии, появились в продаже в конце 1999 года, но первые модели не получили широкого распространения, поскольку компания Pioneer была единственным производителем соответствующих устройств, причем их производительность оставляла желать лучшего. В настоящее время выпускаются модели носителей DVD-RW со скоростями до 6x, хотя носители 1x, 2x и 4x все еще остались на рынке. Накопители 2x/4x по сравнению с предыдущей версией имеют ряд преимуществ.

- **Быстрое форматирование.** Для того чтобы DVD-RW можно было использовать в накопителе 1x/2x, диск необходимо полностью отформатировать, на что требуется около часа. Накопители 2x/4x начинают обработку носителя DVD-RW через несколько секунд после его вставки в дисковод, выполняя форматирование диска в фоновом режиме (если это необходимо). Таким образом, процесс записи происходит примерно так же, как и в накопителях DVD+RW.
- **Быстрое дописывание.** В накопителях 1x/2x DVD-RW для записи дополнительных файлов необходимо удалить с носителя ранее записанные данные. В свою очередь, накопители 2x/4x и более быстрые позволяют не блокировать носитель и дописывать файлы по мере необходимости.
- **Быстрое блокирование.** Накопители 2x/4x DVD-RW блокируют для записи носители, содержащие небольшой объем данных (до 1 Гбайт), значительно быстрее, чем накопители 1x/2x.

В то же время большинство устройств DVD-RW не обеспечивает поддержку функции непрерывности записываемых данных, стандарта Mount Rainier и выборочного удаления файлов, т.е. возможностей, которые присущи накопителям DVD+RW.

Примечание

Технология Zero Link не поддерживает избирательное удаление файлов на носителях DVD-RW. В сущности, эта технология обеспечивает поддержку функции связывания без потерь DVD+RW, позволяя плеерам, поддерживающим носители DVD-RW, воспроизводить отредактированные диски.

DVD+RW и DVD+R

Носители DVD+RW, называемые также перезаписываемыми DVD с изменяющейся фазой, наименее дорогие, самые простые в использовании и наиболее совместимые с существующими форматами. Этот стандарт был разработан компаниями Philips, Sony, Hewlett-Packard, Mitsubishi Chemical, Ricoh, Yamaha, Verbatim и Thompson, входящими в группу промышленного стандарта, которая называется *DVD+RW Alliance* (`www.dvdrw.com`). В феврале 2003 года в этот альянс вошла и компания Microsoft. Стандарт DVD+RW также поддерживается основными разработчиками программного обеспечения для записи CD/DVD, многими производителями аппаратного обеспечения, включая компании HP, Philips и Ricon, и изготовителями оборудования OEM. С наступлением эпохи быстрой и несложной записи компакт-дисков довольно широкое распространение получил формат DVD-RW, однако самым популярным форматом перезаписываемых DVD все-таки стал DVD+RW.

В табл. 11.15 приведены основные характеристики накопителей DVD+RW.

Таблица 11.15. Технические характеристики накопителей DVD+RW

Емкость носителя, Гбайт	4,7 (для одностороннего диска); 9,4 (для будущего двустороннего диска)
Диаметр диска, мм	120
Толщина диска, мм	1,2 (0,6×2: составная структура)
Метод записи	Метод фазового перехода
Длина волны лазера, нм	650 (запись/воспроизведение)
Длина бита данных, мкм	0,4
Шаг дорожки, мкм	0,74
Формат дорожки	Волнообразные выступы и желобки

Следует отметить, что формат DVD+R, который является однократно записываемой версией DVD+RW, фактически появился после DVD+RW. Этим он отличается от формата DVD-RW, который создавался на основе DVD-R. Одной из причин, которые привели к разработке стандарта DVD+R, стала потребность в недорогой технологии, которая обеспечивала бы долговременное архивное хранение данных с помощью накопителей DVD+RW. Другой причиной была несовместимость носителей, записанных посредством дисководов DVD+RW, с устройствами DVD-ROM и проигрывателями видео-DVD. Более подробно вопросы совместимости будут рассмотрены далее.

По физической структуре DVD+RW и DVD+R напоминают носители DVD-R, данные которых записываются только в желобках, но частота колебания желобка отличается от той, которая используется в DVD-R/RW и DVD-RAM. В желобках DVD+R/RW также записываются данные позиционирования. Это означает, что носители DVD+R/RW обеспечивают более точное позиционирование для реализации связности данных без потерь, но накопители DVD+R/RW не позволяют записывать данные на перезаписываемые DVD других типов.

Несмотря на то что накопители DVD+RW первого поколения работали только с перезаписываемыми дисками, все современные и будущие версии устройств этого типа предназначены для использования как записываемых (DVD+R), так и перезаписываемых (DVD+RW) носителей. Диски +R, которые можно записать только один раз, стоят намного дешевле, чем перезаписываемые диски +RW.

Для стандарта DVD+RW характерны следующие особенности:

- односторонние диски (4,7 Гбайт);
- двусторонние диски (9,4 Гбайт);
- до четырех часов видеозаписи (односторонние диски);
- до восьми часов видеозаписи (двусторонние диски);
- бесконтейнерные диски;
- лазер с длиной волны 650 нм (такой же, как и в DVD-Video);
- постоянная линейная плотность записи данных;
- запись с постоянными линейной (CLV) и угловой (CAV) скоростями;
- скорость записи — 1–4x и более (в зависимости от привода);
- скорости передачи данных формата DVD-Video;
- файловая система UDF;
- интегрированная система выявления дефектов;
- быстрое форматирование;
- использование EFM-модуляции (модуляции 8/16) и кодов коррекции ошибок, применяемых в DVD-ROM;
- технологии последовательной и произвольной записи;
- связывание без потерь (при многосессионной записи используется все пространство диска);

- спиральная канавка с радиальным колебанием;
- после завершения записи все физические параметры соответствуют требованиям спецификации DVD-ROM.

Технология DVD+RW во многом похожа на CD-RW, а накопители DVD+RW позволяют читать DVD-ROM и компакт-диски всех форматов, включая CD-R и CD-RW.

При использовании DVD+RW процесс записи может быть приостановлен и возобновлен без потери областей, связывающих сеансы записи. Это дает возможность повысить эффективность произвольной записи и видеоприложений. Технология "связывание без потерь" позволяет выполнить выборочную замену любого отдельного блока данных объемом 32 Кбайт новым блоком с точностью позиционирования 1 микрон. Для достижения высокой точности размещения данных на дорожке в DVD+RW используются высокочастотные колебания предварительной канавки диска. Благодаря этому достигается очень высокая точность синхронизации и адресации данных, считываемых с этой канавки.

Функция быстрого форматирования означает, что можно вставить чистый DVD+RW в накопитель и сразу же начать запись. Форматирование диска происходит в фоновом режиме, непосредственно перед записью данных.

Формат DVD+RW я предпочитаю сам и рекомендую вам; скорее всего, он займет лидирующее положение на рынке оптических носителей информации. В то же время современные приводы поддерживают как DVD-R/RW, так и DVD+R/RW, при этом устройства класса Super Multi Drive поддерживают и DVD-RAM. Так что выбор типа носителя — дело личного вкуса.

Режим совместимости DVD+RW

Когда в 2001 году были представлены накопители DVD+RW, оказалось, что владельцы некоторых DVD-ROM и автономных DVD-проигрывателей не могут читать DVD+RW, которые без труда читались другими устройствами. Первые накопители, обеспечившие поддержку записываемых носителей DVD+R (работавших с самыми разными накопителями ранних версий), появились только в середине 2002 года, поэтому несовместимость носителей представляла собой серьезную проблему.

Более существенной причиной, по которой пришлось обратить внимание на эту проблему, стало содержимое поля Book Type Field, расположенного в начальном разделе любого DVD. Для того чтобы накопители могли прочитать содержимое диска, в этом поле в некоторых случаях должно указываться, что носитель является DVD-ROM. Тем не менее в накопителях DVD+RW при использовании носителей DVD+RW в данном поле по умолчанию указан тип DVD+RW.

Существуют три варианта устранения этой проблемы:

- обновить "прошивку" дисковода DVD+RW таким образом, чтобы устройство автоматически записывало совместимые данные в поле Book Type Field;
- изменить содержимое поля Book Type Field на DVD+RW в программе записи;
- использовать утилиту совместимости для изменения содержимого поля Book Type Field на конкретном DVD+RW. Такую утилиту может предоставить производитель привода DVD+RW (при этом иногда необходимо обновление прошивки устройства) или сторонний источник.

DVD+R DL

Стандарт DVD+R DL, также известный как DVD-R9, представляет собой версию стандарта DVD+R для двухслойных носителей. Он был представлен в октябре 2003 года. Диск DVD+R DL — не более чем DVD+R с двумя записывающими слоями. Он имеет тот же метод записи с той же длиной волны лазера и те же прочие спецификации. Однако в этих дисках имеются два записывающих слоя; при этом отражающая поверхность верхнего слоя сделана полупрозрачной, чтобы позволить запись на второй слой. Ввиду пониженной отражающей

способности верхнего слоя некоторые приводы DVD-ROM не способны читать носители DVD+R DL.

В настоящее время DVD+R DL доступны со скоростями до 8x, хотя приводы поддерживают скорость прожига 10x.

Многоформатные перезаписывающие накопители DVD

Спецификация DVD Multi разработана организацией DVD Forum для накопителей и проигрывателей, совместимых со всеми стандартами DVD Forum, включая DVD-R/RW, DVD-RAM, DVD-ROM, DVD-Video и DVD Audio (DVD+R/RW не относится к числу стандартов DVD Forum и не поддерживается этой спецификацией). Исходная версия DVD Multi опубликована в феврале 2001 года; текущая версия (версия 1.01) была утверждена DVD Forum и опубликована в декабре 2001 года. Первые продукты DVD Multi появились на компьютерном рынке в начале 2003 года.

Для обеспечения поддержки различных типов носителей DVD в одном приводе все производители теперь выпускают устройства, способные работать с DVD+R/RW и DVD-R/RW. Эти устройства обычно обозначаются как DVD±R/RW. Серия устройств Super Multi Drive компании LG была первой серией, добавившей в этот ряд совместимость с носителями DVD-RAM, после чего большинство производителей также добавили эту возможность. Многие (но не все) современные приводы также поддерживают носители DVD-R DL, так что лучше выбирать то устройство, которое поддерживает все форматы, принятые организациями DVD Forum и DVD+RW Alliance.

Стандарт Blu-ray Disc

В феврале 2002 года девять ведущих компаний, занимающихся производством оптических запоминающих устройств, анонсировали начальные спецификации стандарта Blu-ray Disc, представляющего собой формат оптического диска CD/DVD большой емкости. Blu-ray Disc является полностью перезаписываемым форматом. В мае 2002 года была выпущена спецификация Blu-ray Disk 1.0, а в апреле 2003 года компания Sony выпустила на рынок первое устройство записи на основе дисков Blu-ray — модель BDZ-S77. В январе 2006 года была выпущена вторая спецификация для дисков BD-RE. Этот формат позволяет записывать до 25 Гбайт данных или более 11 часов непрерывного видео на одностороннем однослойном диске диаметром 120 мм (его размеры соответствуют параметрам существующих CD и DVD) с помощью сине-фиолетового лазера с длиной волны 405 нм. Были выпущены также и накопители BD, которые способны записать на двухслойные диски более 50 Гбайт информации. Согласно спецификации Blu-ray совместимость с обычными компакт-дисками и DVD не ставится во главу угла, однако многие производители ее обеспечили. На самом деле все анонсированные накопители Blu-ray полностью совместимы с обычными компакт-дисками и DVD. В настоящее время на рынке еще мало представлено материалов, записанных на дисках Blu-ray. С другой стороны, на один такой носитель можно записать 4,5-часовой фильм высокого качества или до 13 часов телепрограмм. Как и в случае с DVD, поддерживается стандартная технология сжатия MPEG-2.

Примечание

Если на диске смешивать записи высококачественного и обычного видео, на однослойный диск можно записать 2,5 часа первого и 2 часа второго. В двухслойных дисках Blu-ray эти показатели вдвое выше. Естественно, продолжительность записи зависит и от скорости потока, и диски Blu-ray предлагают для этого несколько вариантов.

Спецификация Blu-ray Disc 1.0 включает несколько форматов:

- **BD-ROM** — предназначен для "штампованных" дисков;
- **BD-R** — предназначен для однократной записи компьютерных данных;

- **BD-RW** — предназначен для многократной записи компьютерных данных;
- **BD-RE** — предназначен для многократной записи данных HDTV.

Скорость чтения с BD зависит как от параметров привода, так и диска. В настоящее время максимальная скорость вращения составляет 10000 оборотов в минуту, что ограничивает скорость привода значением 12x, что эквивалентно скорости передачи 54 Мбайт/с. Время чтения и записи одно- или двухслойного диска для разных комбинаций привода/диска BD представлено в табл. 11.16.

Таблица 11.16. Время чтения и записи одно- или двухслойного диска для разных комбинаций привода/диска BD

Скорость привода	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Время чтения/записи однослойного диска, минуты	Время чтения/записи двухслойного диска, минуты
1x	4,5	90	180
2x	9	45	90
4x	18	23	45
6x	27	15	30
8x	36	12	23
12x	54	8	15

При чтении/записи стандартных компакт-дисков используются инфракрасный лазер с длиной волны 780 нм и линза с числовой апертурой 0,45. В DVD используется красный лазер с длиной волны 650 нм и линза, числовая апертура которой равна 0,60. В дисках формата Blu-ray используются сине-фиолетовый лазер с более короткой волной, длина которой равна 405 нм, и линза с числовой апертурой 0,85. *Числовая апертура* определяет параметры освещения, учитывая при этом свойства линзы, а также фокусное расстояние и коэффициент относительного увеличения. Величина числовой апертуры равна синусу максимального угла наклона светового потока, проходящего через линзу. Например, линза, используемая в накопителе CD-ROM, собирает пучок света под углом 26,7°, поэтому числовая апертура линзы в данном случае вычисляется как Sin(26,7), что составляет 0,45. Для сравнения: линза накопителя DVD собирает пучок света под углом 36,9°, т.е. апертура линзы вычисляется по формуле Sin(36,9) = 0,60. В накопителях Blu-ray световые лучи могут войти в линзу под углом до 58,2°. Таким образом, числовая апертура линзы составляет Sin(58,2) = 0,85. Линзы с более высокой числовой апертурой пропускают световые лучи, входящие в линзу под бо́льшим углом наклона, создавая таким образом изображение с более высоким разрешением.

Величина апертуры обратно пропорциональна фокусному расстоянию и прямо пропорциональна коэффициенту относительного увеличения. Линза, используемая в дисководе CD-ROM, обеспечивает примерно 20-кратное увеличение, линза накопителя DVD — приблизительно 40-кратное увеличение, а линза Blu-ray — примерно 60-кратное. Увеличение размеров изображения связано с тем, что расстояние между дорожками на диске Blu-ray уменьшено до 0,32 мкм, что составляет примерно половину соответствующего параметра стандартного DVD. Плотность записи данных дисков этого типа довольно высока, поэтому для их хранения используются кассеты простой конструкции, защищающие поверхность диска от пыли, отпечатков пальцев и царапин.

Сравнительная характеристика спецификаций Blu-ray, и DVD приведена в табл. 11.17.

Таблица 11.17. Сравнение спецификаций Blu-ray Disc и DVD

Тип диска	Blu-ray Disc (BD)	DVD
Длина волны лазера, нм	405	650
Числовая апертура	0,85	0,60
Емкость (1 слой), Гбайт	25	4,7
Емкость (2 слоя), Гбайт	50	8,5
Обычное видео (1 слой), ч	11,5	2

Окончание табл. 11.17

Тип диска	Blu-ray Disc (BD)	DVD
Обычное видео (2 слоя), ч	23	4
Высококачественное видео (1 слой), ч	4,5	—
Высококачественное видео (2 слоя), ч	9	—
Видеокодеки	MPEG-4 AVC (H.264), VC-1, MPEG-2	MPEG-2
Дополнительные аудиокодеки без потерь: MLP (TrueHD) (2- и 8-канальный)1	Linear PCM Linear PCM/MLP (True HD) (2-канальный, 8-канальный)[1]	
Аудиокодеки с потерями	Dolby Digital Plus/DTS/ Dolby Digital/MPEG Audio	Dolby Digital/ MPEG Audio
Максимальная пропускная способность, Мбит/с	54	11,08
Защита содержимого	128-разрядная AACS	40-разрядная CSS
Максимальное разрешение видео	1920×1080 (HDTV)	720×480 (SDTV)

**Необходим интерфейс HDMI 1.1 или более новый для поддержки 8-канального звука; большинство домашних систем сокращает количество каналов до 2 или использует кодеки с потерей качества для воспроизведения объемного звука в формате 5.1 или 7.1*

Примечание

Подробная информация о дисках Blu-ray Disc представлена на сайте по адресу `www.blu-raydisc.com`.

Стандарт HD-DVD

Данный стандарт, также известный как Advanced Optical Disc (AOD), — это еще один формат оптических дисков следующего поколения с использованием синего лазера, разработанный компаниями Toshiba и NEC. Стандарт HD-DVD был очень похож на стандарт Blu-ray (но не совместим с ним) и также использовал синий лазер для обеспечения высокой емкости.

Появление стандартов HD-DVD и Blu-ray Disc в 2006 году привело к войне форматов, подобной той, что имела место в 1970-х годах между форматами Betamax и VHS. Оба формата были несовместимы, и у каждого из них были сторонники и противники. Формат Blu-ray более технологически совершенен, однако это играет малую роль по сравнению с такими факторами, как политика, маркетинг и общая поддержка отрасли. Лишь к 2008 году стало понятно, что формат Blu-ray Disc стал более удачным с точки зрения доли рынка, после чего несколько сторонников HD-DVD перешли в лагерь поклонников Blu-ray, что и предопределило результат войны форматов. Закат формата HD-DVD начался в конце 2007 года, когда крупнейшая в США компания по прокату видео (Blockbuster) объявила о том, что предлагает видео только на дисках Blu-ray. После этого в январе 2008 года компания Warner Brothers объявила, что все новые фильмы на HD-DVD выходить не будут. И наконец, в феврале 2008 года Toshiba объявила о прекращении производства проигрывателей HD-DVD.

Несмотря на то что уже появились комбинированные приводы Blu-ray/HD-DVD, также поддерживающие старые стандарты CD и DVD (первенцем был привод Super Multi Blue от компании LG), проигрыватели и HD-DVD быстро исчезли с рынка уже в 2008 году.

Форматы оптических носителей

Существует множество стандартов и форматов накопителей/носителей CD-ROM и DVD. В следующих разделах описываются форматы и файловые системы накопителей CD-ROM/DVD, которые помогут убедиться в совместимости записанного диска с тем или иным накопителем.

Форматы компакт-дисков и накопителей

После создания формата Red Book CD-DA, о котором упоминалось в начале главы, компании Philips и Sony начали работу над стандартами других форматов, позволяющими сохранять на компакт-дисках данные, видеоматериалы или фотографии. Эти стандарты определяют спо-

соб форматирования данных, в соответствии с которым выполняется их считывание. В свою очередь, дополнительные форматы файлов определяют структуру драйверов и программного обеспечения компьютера, позволяющую правильно распознать и интерпретировать считанные данные. Обратите внимание на то, что геометрические параметры компакт-диска и организация структуры данных, обусловленные стандартом Red Book, были приняты всеми последующими стандартами CD. Это относится к кодированию данных и основным уровням коррекции ошибок, которые поддерживаются дисками CD-DA. Остальные "книги" определяют, в первую очередь, методы обработки 2352 байт, содержащихся в каждом секторе, типы сохраняемых данных, способы их форматирования и т.п.

Всю официальную документацию по CD-стандартам можно приобрести в компании Philips по весьма умеренным ценам. За дополнительной информацией обратитесь на сайт `www.licensing.philips.com`.

В табл. 11.18 приведены форматы компакт-дисков.

Таблица 11.18. Форматы компакт-дисков

Формат	Наименование	Год появления	Примечания
Red Book	CD-DA (цифровые аудиокомпакт-диски)	1980 (Philips и Sony)	Оригинальный стандарт аудиокомпакт-дисков, на базе которого были созданы все последующие стандарты CD
Yellow Book	CD-ROM (компьютерные компакт-диски)	1983 (Philips и Sony)	Определяет дополнительные коды ECC и EDC для данных, расположенных в секторах различных форматов, в том числе Mode 1 и Mode 2
Green Book	CD-i (интерактивные компакт-диски)	1986 (Philips и Sony)	Интерактивный стандарт аудио/видео (сейчас уже устаревший) для специализированных некомпьютерных проигрывателей и дисков, используемых для интерактивных презентаций. Определяет форматы секторов Mode 2, Form 1 и Mode 2, Form 2, а также стандарты сжатия видео- (MPEG-1) и аудиоданных (ADPCM)
CD-ROM XA	CD-ROM XA (с расширенной архитектурой)	1989 (Philips, Sony и Microsoft)	Объединяет стандарты Yellow Book и CD-i, что позволяет ПК использовать аудио- и видеовозможности CD-i
Orange Book	CD-R (recordable) и CD-RW (rewritable)	1989 (Philips и Sony) (части I и II); 1996 (Philips и Sony) (часть III)	Определяет параметры односеансовой, многосеансовой и пакетной записи перезаписываемых дисков: часть I — CD-MO (магнитооптические диски); часть II — CD-R (записываемые диски); часть III — CD-RW (перезаписываемые диски)
Photo-CD	CD-P	1990 (Philips и Kodak)	Объединяет стандарт CD-ROM XA с многосеансовыми возможностями CD-R, что позволяет сохранять фотографии на CD-R
White Book	Video CD	1993 (Philips, JVC, Matsushita и Sony)	Создан на основе стандартов CD-i и CD-ROM XA и предназначен для хранения видеоданных (MPEG-1) и цифровых аудиоданных (ADPCM) объемом до 74 минут
Blue Book	CD EXTRA (ранее CD-Plus)	1995 (Philips и Sony)	Многосеансовый формат штампованных серийных дисков, используемый музыкантами и исполнителями для записи видеофрагментов, примечаний и другой информации, относящейся к музыкальным компакт-дискам
Purple Book	CD Double-Density	2000 (Philips Sony)	Версии CD-ROM, CD-R и CD-RW с удвоенной плотностью записи (1,3 Гбайт) (DD-ROM, DD-R и DD-RW)
Scarlet Book	Super Audio CD	1999 (Philips и Sony)	Высокоемкие музыкальные диски (4,7 Гибайт), гибридные диски SA-CD с поддержкой CD-DA для совместимости с обычными плеерами
DualDisc	DualDisc	2004 (Sony, BMG, EMI, Universal Music Group и Warner Music Group)	Двусторонний диск — одна сторона представляет модифицированный формат CD-DA, другая — DVD Video для видео и прочего содержимого. Несколько толще CD и DVD

Red Book — CD-DA

Стандарт Red Book, представленный компаниями Philips и Sony в 1980 году, является прародителем всех спецификаций компакт-дисков. Все другие "книги" или форматы были созданы на основе оригинального формата CD-DA Red Book. Стандарт Red Book определяет основные параметры диска, звуковую спецификацию, структуру диска, оптические характе-

ристики, системы модуляции и коррекции ошибок, а также систему управления и отображения данных. Последняя редакция стандарта Red Book была опубликована в мае 1999 года.

Более подробно об этом стандарте речь шла в разделе "Немного истории".

Yellow Book — CD-ROM

Стандарт Yellow Book впервые был опубликован компаниями Philips, Sony и Microsoft в 1983 году и с тех пор несколько раз пересматривался и редактировался. В этом стандарте были приняты за основу геометрические параметры компакт-диска, определенные исходным стандартом CD-DA или Red Book, и добавлен дополнительный код коррекции ошибок, что позволило повысить надежность хранения данных. Были также введены дополнительная синхронизация и заголовочная информация, дающие возможность более точно определять местоположения секторов. Стандарт Yellow Book определяет два способа разбиения на сектора: режим 1 (Mode 1), содержащий код коррекции ошибок, и режим 2 (Mode 2), определяющий различные уровни схем обнаружения и исправления ошибок. Существуют некоторые типы данных (например, компьютерные файлы), совершенно не допускающие ошибок. В то же время данные других типов, например видеоизображения и звуковые файлы, допускают некоторое количество ошибок, возможных при их считывании. При работе в режиме, не содержащем коды коррекции ошибок, увеличивается объем сохраняемых пользовательских данных, но вместе с тем повышается вероятность появления неисправленных ошибок.

В 1989 году стандарт Yellow Book был выпущен Международной организацией по стандартам (ISO) в качестве международного, получившего название *ISO/IEC 10149, Data Interchange on Read-Only 120mm Optical Discs* (*CD-ROM*). Последняя редакция стандарта Yellow Book была опубликована в мае 1999 года.

Режимы и формы секторов

Режим 1 (Mode 1) является форматом сектора стандарта Yellow Book, содержащего коды ECC и EDC, которые обеспечивают безошибочную работу системы. Структура сектора в режиме 1 приведена в табл. 11.19.

Таблица 11.19. Структура сектора в режиме 1, определенная стандартом Yellow Book (CD-ROM)

Байты контроля четности Q и P	784
Подкодовые байты	98
Байты синхронизации	12
Байты заголовка	4
Байты данных	2048
Байты EDC	4
Пустые (нулевые) байты	8
Байты ECC	276
Количество байтов в секторе RAW (некодированных)	3234

Orange Book

Стандарт перезаписываемых компакт-дисков Orange Book впервые был опубликован компаниями Philips и Sony в 1989 году. Orange Book состоит из трех частей: часть I описывает перезаписываемый формат CD-MO (магнитооптический), который был предан забвению еще до появления первых компакт-дисков этого типа на рынке; часть II (1989) описывает CD-R, а часть III (1996) — CD-RW. Следует отметить, что CD-R изначально назывались CD-WO (Write-Once — с однократной записью), а CD-RW — CD-E (Erasable — стираемые).

Структура CD-R, описанная в части II стандарта Orange Book, представляет собой формат с однократной записью и многократным считыванием (Write Once Read Mostly — WORM). После завершения записи CD-R данные не могут быть изменены или дописаны. Записываемые CD-R совместимы со стандартами Red Book и Yellow Book, т.е. читаются стандартным накопителем CD-DA или CD-ROM. Определение CD-R, описанное в части II стандарта Orange Book, разделено на два тома. Том 1 определяет скорости записи 1x, 2x и 4x (соотносящиеся со стандартными скоростями дисководов); последняя редакция этого тома (версия 3.1)

опубликована в декабре 1998 года. Том 2 определяет скорости записи при быстродействии дисководов, достигающем 16x; последней была версия 0.9, опубликованная в декабре 2000 года.

Часть III стандарта Orange Book описывает CD-RW. Как следует из названия, CD-RW позволяют не только записывать или считывать данные, но также удалять и перезаписывать информацию в дополнение к обычным функциям чтения и записи. Определение CD-RW, описанное в части III стандарта Orange Book, также состоит из двух томов. Том 1 определяет скорости записи 1x, 2x и 4x; версия 2.0 этой спецификации, которая является последней, датируется августом 1998 года. Том 2 определяет скорости записи от 4x до 10x; последняя версия (1.0) этой спецификации опубликована в сентябре 2002 года.

Одним из наиболее важных свойств спецификации Orange Book является возможность многосессионной записи компакт-дисков.

Многосессионная запись

До того как была создана спецификация Orange Book, компакт-диски записывались только одной сессией. *Сессия* представляет собой нулевую дорожку, за которой следует одна или несколько звуковых или информационных дорожек, завершенных конечной областью (зоной). Нулевая дорожка занимает на диске 4500 секторов (1 минута или около 9,2 Мбайт данных). Данные, расположенные на нулевой дорожке, указывают, является ли этот диск многосессионным, а также определяют следующий записываемый адрес диска (если, конечно, на диске есть свободное место). Первая конечная область (или единственная, если диск является односессионным либо записан в режиме Disk At Once) занимает 6750 секторов (1,5 минуты или примерно 13,8 Мбайт данных). В мультисессионных дисках любые последовательные конечные области занимают 2250 секторов (30 секунд или 4,6 Мбайт данных).

Многосессионный компакт-диск содержит несколько сессий, каждая из которых имеет собственную нулевую дорожку и конечную зону. Наличие нулевой и конечной дорожек является обязательным для каждой сессии, что приводит к уменьшению свободного дискового пространства. Например, 48 сессий, созданных даже без записи пользовательских данных, занимают практически все пространство 74-минутного диска! Следовательно, число сессий, которые могут быть записаны на диске, должно быть гораздо меньше указанной величины.

Накопители CD-DA и первые CD-ROM могут считывать не более одной сессии, поэтому односессионный метод записи является наиболее распространенным для штампованных компакт-дисков. Стандарт Orange Book поддерживает многосессионную запись и определяет три основных метода (режима) записи:

- Disk-at-Once (DAO);
- Track-at-Once (TAO);
- пакетная запись.

Disk-at-Once

Это метод односессионной записи компакт-дисков, при котором нулевая дорожка, дорожки данных и конечная область диска записываются в течение одной операции без отключения записывающего лазера, после чего содержимое диска уже не подлежит изменению. Диск считается финализированным в том случае, если последняя (или единственная) нулевая дорожка записана полностью и не содержит следующего используемого адреса. В этом случае записывающее устройство не сможет записать какие-либо дополнительные данные на компакт-диск. Для чтения диска стандартным накопителем CD-ROM финализировать диск совершенно необязательно.

Track-at-Once

Для записи многосессионных дисков обычно используется метод Track-at-Once (TAO), или режим пакетной записи. При выполнении записи методом Track-at-Once каждая дорожка сессии записывается отдельно (лазер включается и выключается), после чего сессия закрыва-

ется. Закрытие сессии представляет собой процесс такой записи конечной области, чтобы к этой сессии уже нельзя было добавить дополнительные дорожки. Финализация диска, в свою очередь, означает невозможность записи дополнительных сессий.

Дорожки, записанные в режиме TAO, обычно отделяются одна от другой двухсекундными интервалами. Каждая записанная дорожка содержит 150 служебных секторов, используемых для входа, выхода, создания интервалов и связывания. Накопители CD-R/RW позволяют читать дорожки даже при открытой сессии, но для чтения дорожек в накопителях CD-DA или CD-ROM сессию необходимо закрыть. Для записи дополнительных сессий финализировать сам диск не следует, достаточно закрыть сессию, после чего можно начать следующую сессию и записать еще несколько дорожек. Самое главное: не забывайте, что перед записью дорожек предыдущая сессия должна быть закрыта, т.е. следует создать конечную область. Это же условие является необходимым при чтении дорожек сессии обычным накопителем CD-DA или CD-ROM.

Пакетная запись

Этот метод используется для выполнения нескольких записей на одной дорожке, что позволяет уменьшить нерационально используемое дисковое пространство. В каждом пакете используются четыре сектора для входа, два — для выхода и один — для связывания. Пакеты могут иметь фиксированную или переменную длину, но большинство накопителей, как и программы пакетной записи, используют фиксированную длину, упрощая тем самым способы обработки пакетов.

При записи пакетов обычно используется файловая система UDF (Universal Disk Format), позволяющая работать с компакт-дисками практически так же, как и с гибкими дисками большой емкости. Файлы можно перетаскивать, копировать на диск с помощью соответствующих команд и т.д. Всем этим управляют программное обеспечение пакетной записи и файловая система UDF. Во время пакетной записи CD-R складывается впечатление, что удаленный или перезаписанный файл исчезает. На самом деле при этом пространство, занимаемое данным файлом, не освобождается. Файловая система просто "забывает" о нем. При записи CD-RW освободившееся пространство используется снова, и диск заполняется "под завязку" только в том случае, если общий объем активизированных файлов превышает объем диска.

К сожалению, различные версии Windows, вплоть до Windows XP, не поддерживают пакетную запись или непосредственно файловую систему UDF. Поэтому для чтения дисков, созданных методом пакетной записи, придется установить соответствующие драйверы, а для записи дисков — воспользоваться специальными приложениями. К счастью, накопители CD-RW обычно поставляются вместе с необходимым программным обеспечением. Одной из наиболее распространенных программ пакетной записи является DirectCD, созданная компанией Roxio. С сайта компании Roxio можно также бесплатно загрузить универсальное приложение для чтения дисков UDF, которое позволяет считывать диски в формате UDF 1.5 (записанные пакетным методом) практически на любом накопителе CD-ROM или CD-RW.

Системы Windows Vista и Windows 7 обеспечивают более полную поддержку формата UDF. Они способны выполнять форматирование в так называемой "живой файловой системе" (Live File System; так компания Microsoft назвала формат UDF 2.01), в более старых системах UDF 1.02 и 1.5, а также в последней системе UDF 2.5. Диски с файловой системой UDF 2.01 могут быть прочитаны системами Windows XP/2003/Vista; в последнем случае поддерживается перемещение файлов методом перетаскивания мышью. Файловая система UDF 1.02 создавалась для использования с носителями DVD-RAM; она поддерживается в системе Windows 98 и многими компьютерами Apple. UDF версии 1.5 совместима с системами Windows 2000/XP/2003/Vista, а также с Linux с версией ядра от 2.6 и выше. UDF 2.5 поддерживается системой Vista. Для поддержки этой файловой системы в Linux следует использовать версию ядра 2.6.20 и выше. Необходимую для этого "заплатку" можно загрузить по адресу `http://sourceforge.com`.

Примечание

Системы Windows Vista и Windows 7 используют файловую систему UDF 2.01 по умолчанию при форматировании CD и DVD. Для переключения между режимами Live File System и Mastered (без поддержки перетаскивания файлов), а также для изменения версии системы UDF нужно щелкнуть на кнопке Показать параметры форматирования.

Примечание

Операционная система Windows XP обеспечивает ограниченную поддержку CD-RW в виде так называемого *прикладного программного интерфейса образа диска* (IMAPI), который позволяет временно (поэтапно) сохранять данные на жестком диске перед их непосредственной записью на компакт-диск в течение одной сессии. При дописывании диска имейте в виду, что каждая дополнительная сессия приводит к появлению "лишних" 50 Мбайт служебных данных. Для чтения дисков в формате UDF 1.5 или более поздних, записанных пакетным методом, необходимо, как и в предыдущих версиях Windows, установить программу считывания UDF. Вместо использования IMAPI рекомендуется установить программу записи компакт-дисков сторонних разработчиков, которая поддерживает пакетную запись UDF. К программам подобного рода относятся Easy Media Creator (компания Roxio) и Nero Premium (компания Nero AG).

При извлечении диска, записанного пакетным методом, из устройства программа обычно спрашивает, хотите ли вы, чтобы диск был видимым на обычных устройствах CD-ROM. Если это так, то сессию следует закрыть. Даже если сессия закрыта, впоследствии вы сможете дописать на диск информацию, однако все связано с дополнительными затратами дискового пространства. Если диск предназначен для чтения только на устройствах CD-RW, закрывать сессию не обязательно.

Предупреждение

Если вы не знаете точно, какой тип устройства будет использоваться для чтения диска, лучше закройте сессию. Это расширит круг людей, которым будет доступно чтение носителя, хотя в некоторых случаях у них может быть установлена и программная поддержка формата UDF.

Один из современных стандартов, получивший название *Mount Rainier*, существенно расширил возможности пакетной записи, став тем самым одним из наиболее важных достижений для накопителей CD и DVD. Этот стандарт позволяет ввести метод пакетной записи в операционную систему в качестве служебной программы, что обеспечивает поддержку обработки ошибок данных, необходимую для полноценного использования накопителей в качестве запоминающих устройств со сменными носителями. Более подробная информация о Mount Rainier представлена далее.

Примечание

Компания Microsoft выпустила пакет обновлений SP1 для Windows XP, обеспечив собственную поддержку стандарта Mount Rainier. Это позволило осуществить полную поддержку пакетной записи с использованием операции перетаскивания как для накопителей CD-MRW, так и для DVD+MRW.

PhotoCD

Стандарт PhotoCD, относящийся к накопителям CD-R, используемым для хранения фотографий, был опубликован еще в конце 1990 года, но появился на рынке только в 1992 году. Вначале компания Kodak продавала специальные "проигрыватели" PhotoCD, предназначенные для просмотра фотографий с помощью обычного телевизора, но вскоре спрос на эти устройства упал и возрос на компьютеры с программным обеспечением для декодирования и отображения фотографий.

Основным достоинством PhotoCD является, вероятно, то, что он был первым форматом CD, использующим вторую часть (CD-R) спецификации Orange Book с многосессионной записью. Кроме того, данные записываются в секторах CD-ROM XA в режиме 2, форме 2, что позволяет сохранять больший объем данных на диске.

Собственный формат шифрования от Kodak — *PhotoYCC* — позволял хранить любое изображение с шестью различными разрешениями, перечисленными в табл. 11.20. Версия разрешения x64 поддерживалась только основной версией Pro Photo Edition этой службы.

Таблица 11.20. Разрешения PhotoCD

Основание	Разрешение	Описание
/16	128×192	Миниатюра
/4	256×384	Миниатюра
×1	512×768	Разрешение телевизора
×4	1024×1536	Разрешение телевидения высокой четкости
×16	2048×3072	Печатный размер
×64	4096×6144	Только профессиональный мастер-фотодиск

С помощью приведенной таблицы можно подобрать необходимое для используемого приложения разрешение, и это было прекрасной возможностью на заре развития технологий работы с графикой. Однако с ростом быстродействия компьютеров, появлением совершенных программ, таких как Adobe Photoshop и Adobe Photoshop Elements, а также скоростных и дешевых устройств записи CD и DVD формат PhotoCD отходил на второй план. Компания Kodak прекратила развитие этого формата в начале XXI века, а в 2004 году лаборатории, занимавшиеся оцифровкой фотопленок на PhotoCD, перестали предлагать этот вид услуг. Однако компания Kodak продолжает поддерживать веб-страницу с драйверами и программами для создания дисков Pro Photo CD:

```
http://www.kodak.com/global/en/service/professional/
products/ekn017045.jhtml
```

Диск Picture CD

В настоящее время Kodak предлагает новый тип дисков и сервиса для их изготовления: *Picture CD*. При этом используются CD-R, на которых можно сохранить до сорока изображений с разрешением 1024×1536 пикселей. Данного разрешения достаточно для печати фотографий размерами 4×6 дюймов (10×15 см) и даже 5×7 дюймов (13×18 см). Изображения также можно размещать в сети Kodak PhotoNet, что позволяет просматривать и загружать их через Интернет. Кроме того, Kodak предлагает службу Picture Disk, которая позволяет сохранить на обычной дискете объемом 1,44 Мбайт до двадцати восьми изображений с разрешением 400×600 пикселей, чего более чем достаточно для создания экранных заставок и слайд-шоу.

Программное обеспечение, доступное на Picture CD, позволяет пользователю выполнять при работе с изображениями целый ряд автоматических и полуавтоматических действий, однако, в отличие от PhotoCD, в данном случае для сохранения изображений используется стандартный формат JPEG (JPG), а значит, любые графические редакторы смогут работать с ними без преобразования. Хотя качество изображений в случае Picture CD оказывается не настолько высоким, как в случае PhotoCD, гораздо меньшая стоимость услуг привела к тому, что данный формат очень популярен среди фотографов-любителей. Услуги, подобные Picture CD, также предлагаются компаниями Fujifilm и Agfa. В некоторых магазинах установлены киоски, в которых можно заказать запись изображений на Kodak Picture CD.

Примечание

При сканировании 35-миллиметровой фотопленки специализированным сканером можно получить оптическое разрешение вплоть до 4800 точек на дюйм, однако и размер получаемых файлов будет больше. К примеру, сканирование с разрешением 3200 точек на дюйм стандартного кадра 35-миллиметровой фотопленки позволяет получить изображение размером 2750×4450 пикселей. Сканируя негативы собственноручно, можно самому выбрать нужное качество и к тому же использовать другой формат, такой как TIFF. Если же вы не хотите заниматься этим самостоятельно, обратитесь в любую фотолабораторию, предоставляющую услуги оцифровки.

White Book — Video CD

Стандарт White Book был представлен в 1993 году компаниями Philips, JVC, Matsushita и Sony. Он создан на базе стандартов Green Book (CD-i) и CD-ROM XA и позволяет сохранять видеоданные в формате MPEG-1, а также цифровые звуковые данные в формате ADPCM общим объемом до 74 минут на одном компакт-диске. Последняя редакция этого стандарта (2.0) опубликована в апреле 1995 года. Стандарт Video CD (VCD) 2.0 поддерживает сжатие MPEG-1 с потоком 1,15 Мбит/с при разрешении экрана 352×240 точек для формата NTSC или 352×288 точек для формата PAL. Также он поддерживает стереозвук в системе Dolby Pro Logic.

Почему-то видеодиски считаются дешевым вариантом дисков формата DVD, хотя по качеству изображения и звука они им практически не уступают. Более того, они, бесспорно, превосходят видеокассеты формата VHS и других типов. Видеодиски воспроизводятся практически на любом компьютере с дисководом CD-ROM с помощью программы Проигрыватель Windows Media или других подобных приложений. Для этого могут использоваться проигрыватели DVD и даже некоторые игровые приставки, например Sony Playstation (с правильно заданными параметрами). Создать собственный видеодиск можно с помощью такой программы, как Roxio Easy Media Creator. В то же время сегодня можно крайне редко встретить видеодиски на прилавках магазинов благодаря возросшей популярности DVD и более современных и защищенных технологий Blu-ray и HD DVD.

Super Video CD

Спецификация Super Video CD 1.0, опубликованная в мае 1999 года, представляет собой расширенную версию спецификации White Book Video CD. В ней используются стандарт сжатия MPEG-2, разрешение экрана NTSC 480×480 и разрешение экрана PAL 480×576; спецификация также поддерживает систему объемного звучания стандарта MPEG-2 5.1 и многоязычный интерфейс.

Почти все домашние программы записи DVD позволяют создавать компакт-диски Video CD и Super Video CD.

Blue Book — CD EXTRA

Изготовители носителей CD-DA пытались найти универсальный метод объединения звуковых и информационных данных на одном компакт-диске, чтобы пользователь мог воспроизводить на стандартном аудиопроигрывателе только звуковые дорожки, не обращаясь при этом к информационным дорожкам. Следует заметить, что владельцы компьютеров и специализированных проигрывателей при чтении дисков смешанного типа получают доступ как к звуковым, так и к дополнительным данным, записанным на одном диске.

Основная проблема нестандартных компакт-дисков смешанного типа заключается в том, что воспроизведение дорожек данных аудиопроигрывателем при определенном уровне громкости может привести к повреждению акустической системы. Каждый изготовитель пытался справиться с этой проблемой по-своему, что привело к появлению множества несовместимых технологий записи дисков этого типа, причем некоторые из них все еще допускают возможность случайного воспроизведения дорожки данных. В 1995 году компании Philips и Sony разработали спецификацию *CD EXTRA*, определенную стандартом Blue Book. Компакт-диски, отвечающие требованиям этой спецификации, называются CD EXTRA (ранее они назывались *CD Plus* и *CD Enhanced Music*). В этих дисках для разделения звуковых и информационных дорожек используется многосессионная технология, определенная в стандарте CD-ROM XA. Диски CD EXTRA представляют собой одну из разновидностей штампованных многосессионных дисков. Звуковая часть диска включает в себя до 98 аудиодорожек стандарта Red Book. Дорожка данных, в свою очередь, обычно состоит из секторов режима 2 (стандарт CD-ROM XA) и содержит видеофрагменты, тексты песен, фотографии и т.п. Такие компакт-диски имеют логотип CD EXTRA, представляющий собой стандартную эмблему CD-DA со знаком “плюс” с правой стороны. Иногда при отсутствии соответствующего лого-

типа или маркировки можно и не догадаться о существовании на диске каких-либо дополнительных данных, пока не поместишь его в накопитель CD-ROM.

Диски CD EXTRA, как правило, содержат две сессии. Стандартные проигрыватели звуковых компакт-дисков являются односессионными и поэтому воспроизводят только звук, игнорируя сессию, содержащую дополнительные данные. Накопители CD-ROM, используемые в персональных компьютерах, могут "видеть" обе сессии и обращаться как к звуковым дорожкам, так и к дорожкам данных.

Примечание

Звуковые компакт-диски, выпущенные многими исполнителями в формате CD EXTRA, содержат тексты песен, видеофрагменты, краткую биографию артиста, фотографии и другие данные. В 1996 году был выпущен альбом "Tidal" Фионы Эппл, который стал одним из первых CD EXTRA компании Sony Music. Дополнительную информацию о выпущенных CD EXTRA можно получить на сайте `www.musicfan.com`.

Scarlet Book (SA-CD)

В спецификации Scarlet Book определен стандарт носителей и устройств Super Audio CD (SA-CD). Он стал результатом совместной разработки компаний Sony и Philips Electronics в 1999 году. В отличие от исходного стандарта Red Book, в котором определялась частота дискретизации звука 44,1 кГц, стандарт Scarlet Book определил кодирование в прямом потоке, увеличив частоту почти в 64 раза (2,822 МГц).

Поскольку для хранения звука с повышенной частотой дискретизации требуется большее пространство, воспроизводить стандартные или двухслойные носители SA-CD в стандартных стереосистемах и приводах CD-ROM и DVD-ROM невозможно. Несмотря на то что емкость стандартных носителей SA-CD не отличается от емкости однослойных дисков DVD (4,7 Гбайт), эти форматы не взаимозаменяемы. Содержимое дисков SA-CD защищено физически с помощью технологии Pit Signal Processing, которую не воспринимают стандартные приводы DVD.

Для облегчения перехода от CD-Audio к SA-CD почти все альбомы SA-CD имеют гибридную двухслойную конструкцию. Верхний слой содержит стандартную дорожку музыкального компакт-диска, а нижний — высокоплотное содержимое SA-CD. Эти гибридные диски можно воспроизводить в стандартных стереосистемах и компьютерных приводах CD и DVD. В сущности, гибридный диск является своеобразным "бутербродом" из обычного музыкального диска и SA-CD (рис. 11.15).

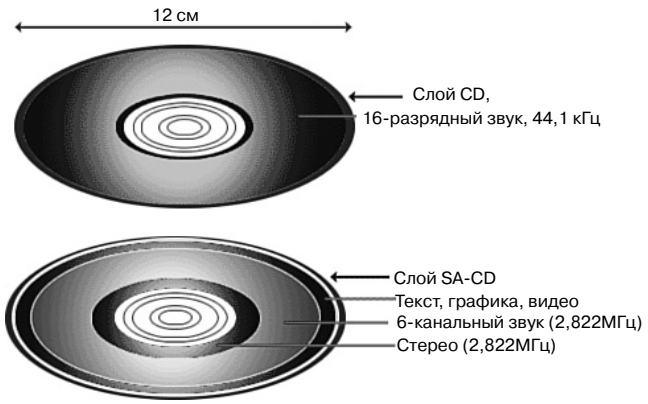


Рис. 11.15. Структура гибридного диска SA-CD

Диск SA-CD (или слой SA-CD гибридного диска) содержит стереоверсию музыкального произведения во внутренней зоне, шестиканальное сведение объемного звука в средней зоне и сопровождающие материалы, такие как видео и тексты песен, во внешней зоне.

Примечание

Несмотря на то что гибридные диски можно воспроизводить на стандартных устройствах CD и DVD, при этом считывается только верхний слой. Чтобы получить удовольствие от высококлассного звука SA-CD, нужно обзавестись стационарным плеером.

DualDisc

Стандарт DualDisc, представленный консорциумом ведущих компаний летом 2004 года (`http://sonybmg.com/dualdisc`), представляет собой комбинацию двух форматов: музыкального компакт-диска и DVD на одном двустороннем диске. Собственно, как и следует из названия, это устройство типа "два в одном". На одной стороне диска записан объемный звук, а на другой (представляющей собой однослойный диск стандарта DVD-5) — концертные видео, клипы, ссылки на веб-страницы и прочий вспомогательный материал.

Несмотря на то что DualDisc предназначен для работы в стандартных приводах и плеерах, он не полностью совместим со стандартом Red Book, поскольку слой CD уменьшен с 1,1 до 0,9 мм. Для компенсации повышенной гладкости, вызванной уменьшением толщины слоя CD, был использован специальный метод, увеличивший глубину выемок. В результате время воспроизведения сократилось до 60 минут. (Некоторые более поздние модели DualDisc для увеличения времени воспроизведения использовали другие методы углубления выемок.)

Итак, общая толщина DualDisc составляет 1,5 мм в отличие от 1,2-миллиметровых стандартных носителей CD и DVD. По этой причине их невозможно воспроизводить в автомобильных системах, использующих втягивающий механизм подачи дисков. Из-за повышенной толщины и неполной совместимости со стандартом Red Book компании Philips и Sony (создатели формата CD) не используют логотип CD на носителях DualDisc. При этом на этикетках дисков есть предупреждение о несовместимости данных дисков с некоторыми устройствами воспроизведения. В целом DualDisc можно рассматривать как комбинированный диск с полноценными возможностями DVD и частичными возможностями CD.

Как правило, альбомы DualDisc выпускаются в стандартных CD-коробках, но помечаются логотипом DualDisc.

Предупреждение

Некоторые компании маркируют логотипом DualDisc также SA-CD. Внимательно ознакомьтесь с инструкцией и убедитесь, что на вашей аппаратуре возможно воспроизведение приобретаемого диска.

Хотя носители DualDisc, в отличие от SA-CD, поддерживают два стандартных формата, они так и не завоевали популярность. В формате SA-CD доступны тысячи альбомов, и только пара сотен — в формате DualDisc. Дело в том, что SA-CD обеспечивает лучшее качество звука, что делает этот формат привлекательным для меломанов. Формат DualDisc в то же время предлагает высококачественное видео и прочие материалы на одной стороне и музыкальную дорожку обычного качества — на другой.

Стандарты и форматы DVD

Стандарты DVD, как и стандарты компакт-дисков, опубликованы в справочниках, изданных форумом DVD или другими организациями, такими как Альянс DVD+RW. Стандарты DVD-Video и DVD-ROM уже давно определены и поддерживаются всеми приводами DVD независимо от их "возраста". В частности, Форум DVD разработал несколько стандартов, которые приведены ниже.

- **DVD-RAM.** Позволяет сохранять и удалять файлы без какого-либо дополнительного программного обеспечения.
- **DVD-R.** Стандарт однократно записываемых DVD.
- **DVD-RW.** Стандарт перезаписываемых DVD.

После выхода этих стандартов новосозданный Альянс DVD+RW разработал ряд спецификаций.

- **DVD+RW.** Перезаписываемые DVD с поддержкой связывания без потерь.
- **DVD+R.** Однократно записываемые DVD.

Первые приводы перезаписываемых DVD поддерживали только один из стандартов: либо DVD+RW, либо DVD-RW. В настоящее время любой привод DVD поддерживает стандарты DVD+/-/R/RW, а так называемые приводы "Super Multi", выпущенные компанией LG, поддерживают еще и носители DVD-RAM. Таким образом, можете выбрать любой носитель, который сочтете наилучшим для решения конкретной задачи.

В табл. 11.21 приведены все известные стандарты и емкости DVD.

Таблица 11.21. Форматы и емкости стандартных DVD

Формат	Диаметр диска, мм	Количество сторон	Количество слоев	Емкость, Гбайт	Продолжительность видеофильма MPEG-2, ч
		Параметры DVD-ROM			
DVD-5	120	Одна	Один	4,7	2+
DVD-9	120	Одна	Два	8,5	4
DVD-10	120	Две	Один	9,4	4,5
DVD-14	120	Две	Два	13,24	6,5
DVD-18	120	Две	Два	17	8+
DVD-1	80	Одна	Один	1,4	0,5
DVD-2	80	Одна	Два	2,7	1,3
DVD-3	80	Две	Один	2,9	1,4
DVD-4	80	Две	Два	5,3	2,5
		Параметры записываемых DVD			
DVD-R 1.0	120	Одна	Один	3,95	1,9
DVD-R 2.0	120	Одна	Один	4,7	2,2
DVD-R DL	120	Одна	Два	8,5	4,0
DVD-RAM 1.0	120	Одна	Один	2,58	—
DVD-RAM 1.0	120	Две	Один	5,16	—
DVD-RAM 2.0	120	Одна	Один	4,7	—
DVD-RAM 2.0	120	Две	Один	9,4	—
DVD-RAM 2.0	80	Одна	Один	1,46	—
DVD-RAM 2.0	80	Две	Один	2,65	—
DVD-RW 2.0	120	Одна	Один	4,7	—
DVD+RW 2.0	120	Одна	Один	4,7	2,2
DVD+RW 2.0	120	Две	Один	9,4	4,4
DVD+R 1.0	120	Одна	Один	4,7	2,2
DVD+R DL	120	Одна	Два	8,5	4,0
		Параметры DVD высокой емкости			
HD DVD-ROM	120	Одна	Один	15	4,0 HD
HD DVD-ROM	120	Одна	Два	30	8,0 HD
HD DVD-R	120	Одна	Один	15	4,0 HD
HD DVD-RW	120	Одна	Один	20/32	5,5/8,4 HD
Blu-Ray	120	Одна	Один	25	4,5 HD
Blu-Ray	120	Одна	Два	50	9,0 HD
		Параметры CD-ROM (для сравнения)			
CD-ROM/R/RW	120	Одна	Один	0,737	—
CD-ROM/R/RW	80	Одна	Один	0,194	—

HD — HDTV (720p, 1080i или 1080p).

Накопители DVD полностью обратно совместимы, а значит, могут использоваться для считывания и воспроизведения современных компакт-дисков. При считывании компакт-дисков производительность DVD соответствует скорости 40x (или даже больше) накопителя

CD-ROM. Таким образом, желающие заменить свой старый CD-ROM могут воспользоваться накопителем DVD. Перезаписывающие устройства DVD полностью поддерживают формат CD и на сегодняшний день практически полностью вытеснили приводы CD-RW с рынка, так как стали занимать одну ценовую категорию. Основной причиной использования носителей CD, а не DVD является их практически полная универсальность и совместимость со всеми старыми и новыми системами (особенно это относится к CD-R).

В настоящее время продолжается развитие технологий Blu-Ray и HD-DVD, и на рынке доступны перезаписывающие приводы Blu-Ray с обратной совместимостью с CD и DVD. Эти устройства пока значительно дороже своих "DVD-собратьев". К тому же пока на рынке не появятся недорогие носители этих стандартов и он не наполнится фильмами, записанными на этих дисках, доля устройств этих технологий на рынке будет оставаться крайне низкой.

DIVX (этот стандарт больше не поддерживается)

DIVX (Digital Video Express) — один из собственных форматов DVD, разработанный компаниями Digital Video Express (адвокатская фирма из Голливуда) и Circuit City. Этот формат прекратил свое существование 16 июня 1999 года, т.е. меньше чем через год после того, как был представлен.

Данное название используется для открытого стандарта кодирования DVD-видео и не имеет ни малейшего отношения к исходному формату DIVX.

Совместимость накопителей DVD

Когда накопители DVD впервые появились на рынке, их рекламировали как полностью совместимые с носителями CD-ROM. Правда, это относилось только к промышленно выпускаемым компакт-дискам и далеко не всегда было справедливо по отношению к носителям CD-R или CD-RW. К счастью, существуют стандарты, позволяющие определить совместимость приобретаемого накопителя DVD. К ним относятся *MultiRead* (для компьютерных дисководов) и *MultiPlay* (для специализированных автономных устройств, таких как проигрыватели DVD-Video и CD-DA). Спецификации MultiRead будет посвящен отдельный раздел данной главы.

Воспроизведение DVD-фильмов на ПК

Видео-DVD предназначены для воспроизведения на бытовых DVD-проигрывателях, подключенных к телевизору. Их также можно воспроизвести на ПК, однако для этого потребуется соответствующее оборудование (например, накопитель DVD или BD), а также программное обеспечение. К сожалению, многие пользователи не знают, что программное обеспечение, необходимое для воспроизведения DVD, в большинстве версий Windows отсутствует. Это означает, что для вопроизведения фильма в Windows потребуется установить дополнительное программное обеспечение.

Первыми версиями Windows с ограниченными встроенными функциями воспроизведения были Windows 98, 98SE и Me, в состав каторых входила утилита командной строки `DVDPLAY.EXE`. Версия `DVDPLAY.EXE` из состава Windows 98 позволяла воспроизводить DVD только при использовании одного из двух поддерживаемх декодеров в виде плат расширения PCI. Приложение `DVDPLAY.EXE` из состава Windows Me впервые получило поддержку программного декодера (а значит, не было необходимости в использовании специальной платы расширения), но компьютер должен быть оснощенным процессором с тактовой частотой 333 МГц и выше. Однако программой DVDPLAY пользовалось очень мало людей, поскольку большинство компьютеров и DVD-приводов продавались с коммерческими программами для воспроизведения DVD, такими как WinDVD (Intervideo/Corel) и PowerDVD (Cyberlink). Первой версией программы Проигрыватель Windows Media (Windows Media Player, WMP), способной восппроизводить DVD, была программа WMP 8, представленная в первом выпуске Windows XP в 2001 году.

Хотя WMP 8 вошла в состав Windows XP, более новые версии WMP были бесплатно доступны для загрузки. Например, Windows 98SE, Me и 2000 поддерживались и в WMP 9 (обра-

тите внимание, что в составе Windows 98 поставлялась программа WMP 7.1, которая не поддерживала воспроизведение DVD). Windows XP и Vista поддерживаются версиями вплоть до WMP 11, в то время как в состав Windows 7 входит Проигрыватель Windows Media (WMP) 12.

Однако наличия программы Проигрыватель Windows Media версии 8 или старше недостаточно. Для воспроизведения DVD вам также потребуется WMP-совместимая версия декодера MPEG-2, установленная в системе. Такой компонент входит в состав Windows Vista версий Ultimate и Home Premium, однако отсутствует в версиях Home Basic и Business. Windows 7 Home Premium, Professional и Ultimate также содержат декодер MPEG-2, в то время как Windows 7 Starter — нет. Декодер MPEG-2 не входил в состав Windows XP (даже в выпуск Media Center Edition), а также в более ранние версии Windows.

Если декодер MPEG-2, необходимый для воспроизведения DVD, не установлен, где же его найти? Как правило, подобные компоненты поставляются вместе с коммерческими версиями программ воспроизведения DVD, такими как WinDVD и PowerDVD; но декодер можно приобрести отдельно и даже бесплатно загрузить. Чтобы определить, установлен ли в вашей системе программный декодер DVD, воспользуйтесь утилитой Windows XP Video Decoder Checkup Utility (`http://tinyurl.com/6xog7`).

Отдельные кодеки MPEG-2 (кодек/декодек), совместимые с Windows Media Player, можно приобрести примерно за 15 долларов. Microsoft предлагает список дополнительных модулей для программы Прогрыватель Windows Media на своем сайте (`www.microsoft.com/windows/windowsmedia/player/plugins.aspx`).

Кодеки MPEG-2 распространяются и в составе нескольких бесплатных "пакетов кодеков". Я отдаю предпочтение набору K-Lite Codec Pack (рекомендую версии Standard или Full; `http://codecguide.com`) и Vista/Win7 Codec Package (`http://shark007.net`).

При наличии необходимого оборудования и совместимого декодера MPEG-2, установленного в системе, можно воспроизводить DVD с помощью программы Проигрыватель Windows Media версии 8 или более новой.

Файловые системы CD-ROM

Для воспроизведения первых CD-ROM, выпущенных различными производителями, требовалось специальное программное обеспечение. Это связано с тем, что спецификация Yellow Book подробно описывает структуру секторов данных, но совершенно не затрагивает файловые системы или способы хранения информации в файлах, а также форматы данных, которые могут использоваться в компьютерах с разными операционными системами. Вполне очевидно, что основным препятствием на пути к появлению совместимых на программном уровне приложений CD-ROM стало отсутствие универсальных файловых форматов.

В 1985–1986 годах несколько компаний совместными усилиями разработали спецификацию файлового формата High Sierra, которая обеспечила совместимость компьютерных CD-ROM практически со всеми накопителями. Таким образом, спецификация High Sierra определила первую стандартную файловую систему, которая сделала CD-ROM универсальными компьютерными носителями. В настоящее время существует несколько файловых систем, используемых на компакт-дисках:

- High Sierra;
- ISO 9660 (на основе High Sierra);
- Joliet;
- UDF (Universal Disk Format);
- Mac HFS (Hierarchical File Format);
- Rock Ridge;
- Mount Rainier.

Операционными системами поддерживаются далеко не все форматы файловых систем CD. Основные файловые стандарты и совместимые с ними операционные системы приведены в табл. 11.22.

Таблица 11.22. Форматы файловых систем CD

Файловая система	DOS/Windows 3.1	Windows 9x/Me	Windows NT/2000	Windows Vista	Mac OS
High Sierra	Да	Да	Да	Да	Да
ISO 9660	Да	Да	Да	Да	Да
Joliet	Да[1]	Да	Да	Да	Да[1]
UDF	Нет	Да[2]	Да[2]	Да	Да[2]
Mac HFS	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Rock Ridge	Да[1]	Да[1]	Да[1]	Да[1]	Да[1]
Mount Rainier	Нет	Да[3]	Да[3]	Да	Да[3]

1. Отображается короткое имя, например SHORTN~1.TXT.

2. Только в том случае, если установлена программа чтения UDF.

3. Требуются аппаратное обеспечение Mount Rainier (называемое также EasyWrite) и программный драйвер (Win98 или выше) либо программы считывания сторонних разработчиков.

Примечание

Файловые системы Mac HFS и Rock Ridge не поддерживаются операционными системами DOS и Windows, поэтому нет смысла подробно описывать их здесь.

High Sierra

Производители аппаратного и программного обеспечения ПК были заинтересованы в устранении проблемы, связанной со стандартизацией файлового формата CD-ROM. Это позволило бы создавать компьютерные компакт-диски, читаемые всеми системами, без разработки специальных файловых систем и драйверов. В 1985 году в отеле "High Sierra" на озере Тахо (штат Невада) собрались представители компаний TMS, DEC, Microsoft, Hitachi, LaserData, Sony, Apple, Philips, 3M, Video Tools, Reference Technology и Xebec, чтобы создать общий логический формат и файловую структуру CD-ROM. В 1986 году этот формат был опубликован как *Рабочий документ по вопросам обработки информации: тома и файловая структура оптических CD-ROM, используемых для обмена данными*. Этот стандарт впоследствии получил название *High Sierra*.

Благодаря этому соглашению, которое позволяет всем накопителям, использующим соответствующий драйвер (например, `MSCDEX.EXE`, поставляемый вместе с MS-DOS), читать любые диски формата High Sierra, началось массовое тиражирование программ на компакт-дисках. Кроме того, появление этого стандарта позволило создать компакт-диски, ориентированные на различные операционные системы — DOS, Unix и др. Без этого соглашения для выхода CD-ROM на мировой рынок потребовались бы многие годы, что сдерживало бы разработку приложений, использующих компакт-диски.

Формат High Sierra был представлен на рассмотрение Международной организации по стандартизации (ISO), и двумя годами позже (в 1988 году) его несколько измененный и дополненный вариант был опубликован в виде стандарта ISO 9660. Этот стандарт, конечно, отличается от High Sierra, однако обновление используемых драйверов позволило работать с компакт-дисками не только оригинального формата High Sierra, но и стандарта ISO 9660, созданного на его основе.

В 1988 году компания Microsoft создала драйвер `MSCDEX.EXE` (Microsoft CD-ROM Extensions) и выдала соответствующее разрешение производителям аппаратного и программного обеспечения CD-ROM, включившим указанный драйвер в свои продукты. В 1993 году была выпущена операционная система MS-DOS 6.0, включающая в себя `MSCDEX.EXE` как стандартный элемент системы. Драйвер MSCDEX позволил читать компакт-диски формата ISO 9660 и High Sierra в DOS. Этот драйвер взаимодействует с драйверами аппаратных устройств

ATAPI (AT Attachment Packet Interface) или ASPI (Advanced SCSI Programming Interface), которые поставляются с накопителем. Поддержка файловых систем ISO 9660 и Joliet внедрена в Windows 95 и более поздние версии системы, благодаря чему компакт-диски этих форматов читаются накопителем без установки дополнительных драйверов.

ISO 9660

Стандарт ISO 9660 обеспечивает полную совместимость различных компьютеров и операционных систем. Этот стандарт, созданный на основе формата High Sierra, опубликован в 1988 году.

Хотя ISO 9660 несколько отличается от исходного стандарта High Sierra, драйверы, читающие компакт-диски ISO 9660, без проблем читают и диски формата High Sierra. Стандарт ISO 9660 имеет три уровня обмена, которые определяют параметры, обеспечивающие совместимость с различными системами.

Уровень 1 стандарта ISO 9660 представляет собой объединяющий формат файловых систем CD, совместимый практически со всеми компьютерными платформами, включая Unix и Macintosh. Основным недостатком этой файловой системы является наличие следующих ограничений, относящихся к структуре каталогов и именам файлов:

- имена файлов могут содержать только прописные буквы A–Z, цифры 0–9 и символ подчеркивания (_);
- максимальное количество символов имени и расширения файлов — 8.3 (на основе ограничений DOS);
- максимальная длина имени каталога составляет восемь символов (расширения не допускаются);
- допускается не более восьми уровней подкаталогов;
- файлы должны быть непрерывными.

Правила обмена уровня 2 имеют те же ограничения, что и правила уровня 1, и отличаются тем, что допустимая длина имени и расширения файла может достигать 30 символов (общее количество знаков без учета разделителя “.”). В свою очередь, правила обмена уровня 3 почти не отличаются от правил уровня 2, за исключением того, что файлы не обязательно должны быть непрерывными.

Учтите, что Windows 95 и более поздние версии системы поддерживают имена файлов и каталогов длиной до 255 символов, включающие пробелы, строчные буквы и множество других символов, не разрешенных в ISO 9660. Для обеспечения обратной совместимости с MS-DOS в операционных системах, начиная с Windows 95, каждому файлу с длинным именем присваивается короткое имя длиной 8.3 символа в качестве *псевдонима*. Короткие имена псевдонимов автоматически создаются операционной системой и могут просматриваться в свойствах файлов или с помощью команды `DIR` в режиме командной строки. При создании псевдонима Windows укорачивает имя файла до шести (или менее) знаков, за которыми следуют тильда (~) и номер, начинающийся с 1, а расширение файла усекается до трех знаков. В том случае, если псевдоним, образовавшийся при усечении имени файла, совпадает с уже существующим, в первой его части используется другой номер. Например, из имени файла `This is a.test` будет образован псевдоним `THISIS~1.TES`.

Создание псевдонима файлового имени не зависит от накопителя компакт-дисков, но следует знать о том, что при создании диска формата ISO 9660, использующего первый уровень ограничений, непосредственно во время записи файлов на диск используются псевдонимы коротких имен. Это означает, что в процессе записи длинные файловые имена будут потеряны. Более того, видоизменятся даже псевдонимы, так как ограничения первого уровня стандарта ISO 9660 не допускают использования тильды в имени файла. В файловых именах, записанных на компакт-диск, этот знак будет преобразован в символ подчеркивания.

Данные ISO 9660 начинаются с 16-го сектора диска, который также называется *16-м логическим сектором первой дорожки*. В многосессионном диске данные ISO 9660 размещены на первой информационной дорожке каждой сессии, содержащей дорожки CD-ROM. В этой же системной области содержится информация об области данных (область, которая содержит сами данные). Кроме того, в системной области содержится информация о каталогах данных с указателями или адресами различных областей (рис. 11.16).

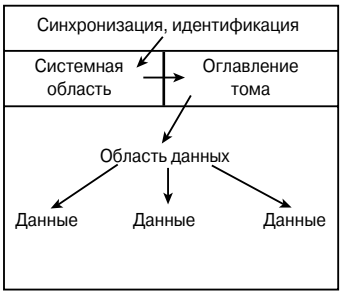


Рис. 11.16. Организация данных на компакт-диске формата ISO 9660

В самых общих чертах структура данных в формате ISO 9660 подобна структуре данных на гибких дисках. Напомним, что на дискетах есть системная область, в которой не только указываются параметры самого диска (его плотность и операционная система), но и записываются сведения о том, как на диске организованы данные, т.е. структура каталогов и расположение файлов.

Joliet

Это расширение стандарта ISO 9660, разработанное Microsoft для использования с Windows 95 и выше, позволяет записывать компакт-диски, используя файловые имена длиной до 64 знаков, включая пробелы и другие символы международного стандарта кодирования Unicode. Для программ, не поддерживающих длинные файловые имена, в стандарте Joliet также сохранены псевдонимы формата 8.3.

Основные свойства стандарта Joliet:

- имена файлов или каталогов могут быть длиной до 64 символов Unicode (128 байт);
- имена каталогов могут иметь расширения;
- количество уровней подкаталогов не ограничено;
- поддержка многосессионной записи.

Совет

Поскольку формат Joliet поддерживает более короткие имена файлов, чем Windows 9*x* и другие современные версии Windows, при записи в этом формате компакт-дисков, содержащих длинные файловые имена, можно столкнуться с определенными сложностями. Чтобы избежать каких-либо проблем, рекомендуется присваивать каталогам в создаваемой файловой структуре более короткие имена, используя для этого программы записи компакт-дисков. Некоторые программы записи компакт-дисков сами усекают длинные имена, предупреждая об этом пользователя.

Обеспечение обратной совместимости позволяет системам, не поддерживающим расширения Joliet (например, ранним версиям MS-DOS), читать компакт-диски, записанные в этом формате. При этом, правда, содержание дисков интерпретируется в соответствии с требованиями стандарта ISO 9660, использующего короткие имена.

Примечание

Для любознательных: *Chicago* (Чикаго) — кодовое название Windows 95, используемое Microsoft. *Joliet* (Джолиет) — городок возле Чикаго, где разворачивались основные события фильма "Братья Блюз" (The Blues Brothers).

Универсальный дисковый формат UDF

Относительно новая файловая система UDF (Universal Disk Format) создана Ассоциацией по технике и технологии оптических запоминающих устройств (OSTA) в качестве промышленного стандарта таких оптических носителей, как CD-ROM и DVD. Формат UDF имеет целый ряд преимуществ по сравнению с файловой системой ISO 9660, используемой стандартными CD-ROM. Этот формат разрабатывался непосредственно для работы с пакетной записью, т.е. с технологией записи небольших объемов данных на CD-R/RW, и в целом напоминает стандарт записи данных на магнитные носители. Файловая система UDF поддерживает имена файлов длиной до 255 символов. Программное обеспечение пакетной записи, например DirectCD от компании Roxio и InCD от Nero AG, выполняет запись данных в UDF. Однако стандартные накопители CD-ROM, драйверы и операционные системы типа DOS не могут читать компакт-диски, записанные в этом формате. Диски UDF читаются только накопителями CD-R/RW или обычными дисководами CD-ROM, которые соответствуют требованиям спецификации MultiRead.

Сначала следует проверить, читает ли имеющийся накопитель диски формата UDF, после чего обратить внимание на используемую операционную систему. В основном операционные системы не поддерживают по умолчанию диски этого формата, поэтому необходимо установить соответствующий драйвер. Это относится, в первую очередь, к Windows 95 и последующим версиям. MS-DOS вообще не воспринимает UDF. Драйверы UDF, как правило, поставляются вместе с программным обеспечением, используемым большинством накопителей CD-RW.

Если у вас нет программы чтения UDF, можете загрузить ее со следующих сайтов:

- `www.roxio.com` — UDF Volume Reader от Roxio;
- `www.nero.com` — InCD Reader от Nero AG.

После установки драйвера UDF для чтения диска, отформатированного в этом формате, не нужно предпринимать никаких дополнительных действий. Драйвер будет работать в фоновом режиме, ожидая вставки UDF.

Если невозможно прочитать диск, отформатированный в UDF или другой системе, вернитесь к исходной системе и закройте диск. Этот параметр обычно отображается при выполнении операции извлечения диска в программе записи. При закрытии диска все имена файлов будут преобразованы в формат Joliet и обрезаны до 64 символов.

Для загрузки самой последней версии (2.60) системного компонента Universal Disk Format обратитесь на сайт OSTA по адресу `www.osta.org/specs/index.htm`.

Совет

Диски UDF могут стать нечитабельными по целому ряду причин. Может быть установлена несовместимая программа чтения UDF, диск может быть не закрыт при извлечении из привода, могла быть не записана таблица содержимого из-за системных сбоев и т.п. Для восстановления файлов с UDF попробуйте использовать программу CD Roller, доступную на сайте `www.cdroller.com`. Она поддерживает наиболее распространенные версии UDF и также способна работать с дисками, созданными цифровыми камерами. Еще одна программа восстановления дисков — IsoBuster (`www.smart-projefcts.net`), которая, кроме всего прочего, способна работать с дисками Blu-ray и HD DVD.

Macintosh HFS

Эта файловая система используется операционной системой Macintosh. Она может применяться и в накопителях CD-ROM, однако диски этого формата не совместимы с ПК. В целом можно записать комбинированные диски, использующие одновременно файловые сис-

темы Joliet и HFS или ISO 9660 и HFS. В этом случае диски будут читаться как PC, так и компьютерами Mac. Операционная система способна "видеть" только совместимый с ней диск (для PC это диски формата ISO 9660 или Joliet).

Rock Ridge

Стандарт RRIP (Rock Ridge Interchange Protocol) был разработан промышленным консорциумом, получившим название группы Rock Ridge, и опубликован в 1994 году рабочей группой Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). Стандарт определяет расширение ISO 9660 для накопителей CD-ROM, что позволяет записывать дополнительную информацию для поддержки файловых систем UNIX/POSIX. Стандарт Rock Ridge в целом не поддерживается DOS или Windows, однако файлы, записанные в этом формате, читаются любым компьютером PC, а расширения RRIP просто игнорируются.

Примечание

Для любознательных: название *Rock Ridge* было взято из фантастического города Вестерн, в котором разворачивались события кинофильма "Сверкающие седла" ("Blazing Saddles").

Mount Rainier

Новый стандарт Mount Rainier был учрежден компаниями Philips, Sony, Microsoft и Compaq. Благодаря этому стандарту, также известному как EasyWrite (рис. 11.17), операционная система Windows получила возможность эффективно обрабатывать данные, содержащиеся на носителях CD-RW и DVD+RW. Это значительно упростило использование технологии записи (поскольку отменяет необходимость в каких-либо специальных драйверах или программном обеспечении для пакетной записи данных), а также позволило полноценно интегрировать функции накопителей CD-RW и DVD+RW в операционную систему.



Рис. 11.17. Накопители CD-RW и DVD+R/RW, выпускаемые с 2003 года и поддерживающие стандарт Mount Rainier, имеют логотип EasyWrite

Ниже описаны основные свойства стандарта Mount Rainier.

- **Встроенная система обнаружения и обработки дефектов.** В стандартных накопителях выявление и обработка дефектов зависит от используемых программных драйверов.
- **Прямая адресация на уровне 2-килобайтового сектора, позволяющая минимизировать неиспользуемое пространство диска.** В стандартных носителях CD-RW для этого используется блок объемом 64 Кбайт.
- **Фоновое форматирование, благодаря которому новый носитель может использоваться для записи данных через несколько секунд после его помещения в дисковод.** Стандартное форматирование CD-RW занимает до 45 минут, в зависимости от модели дисковода.
- **Стандартизированный набор команд.** Стандартное программное обеспечение не поддерживает новые накопители при отсутствии откорректированных командных файлов.
- **Стандартизированная физическая структура.** Различия, существующие в стандартном программном обеспечении UDF, могут усложнить считывание данных с носителей, записанных с помощью других программ.

Для использования Mount Rainier потребуются накопители, которые поддерживают этот стандарт. Они иногда могут называться CD-MRW или DVD+MRW и иметь соответствующий логотип Mount Rainier или EasyWrite. В некоторых существующих накопителях CD-RW можно внедрить поддержку MRW путем перезаписи базовой "прошивки", но большую часть накопителей ранних версий придется просто заменить.

Требуется также наличие непосредственной программной поддержки в операционной системе. Первой такой системой в семействе Windows стала Vista. Также поддержкой Mount Rainier славятся версии Linux, начиная с 2.6.2. При использовании операционных систем Windows XP и более ранних версий необходимую поддержку можно обеспечить с помощью дополнительной прикладной программы сторонних разработчиков (например, InCD компании Nero или DirectCD компании Roxio).

Копирование цифрового звука с дисков

Практически все накопители CD-ROM могут *воспроизводить* CD-DA формата Red Book, но далеко не все из них могут *читать* диски этого типа. Разница, на первый взгляд, почти не заметна, но весьма существенна. Если вы увлекаетесь музыкой и намерены воспользоваться компьютером для создания собственной музыкальной коллекции, то наиболее важной функцией накопителя CD-ROM или DVD окажется возможность считывания оцифрованных звуковых данных. Благодаря этому можно достаточно легко сохранять, обрабатывать и копировать музыкальные записи.

Чтобы переписать песню с компакт-диска на жесткий диск, когда-то было необходимо воспроизводить ее на обычной скорости, передавая сигнал на звуковую карту с помощью четырехжильного кабеля, соединяющего ее с приводом, и при этом использовать программу звукозаписи. К счастью, теперь все гораздо проще. Более современные модели приводов компакт-дисков поддерживают технологию, которая называется *извлечение цифрового звука* (Digital Audio Extraction — DAE). С ее помощью накопители считывают с компакт-диска сектора цифровых звуковых записей (объемом 2352 байт) и вместо преобразования их в аналоговый сигнал передают непосредственно на процессор компьютера через интерфейсный кабель (ATA, SATA, SCSI, USB или FireWire). При этом не происходит преобразования цифровых данных в аналоговый сигнал и обратно, и в результате получаются практически те же данные, которые были записаны на оригинальном компакт-диске (в пределах ограничений стандартов коррекции ошибок CD-DA). В сущности, происходит прямое копирование цифровых звуковых данных на жесткий диск компьютера.

Существует еще одна важная особенность процесса извлечения цифрового звука, состоящая в том, что скорость копирования данных может достигать полной скорости считывания накопителя (метод получил неофициальное название "ripping" — от слова "rip", т.е. "нарезать"). Как вы помните, прослушивание музыкальных компакт-дисков происходит со скоростью 1x. В действительности далеко не все накопители могут извлекать цифровой звук (DAE) с полной номинальной скоростью. Обычно скорость этой операции находится в диапазоне от одной второй, до двух третьих номинальной скорости считывания. Например, для накопителя 40x скорость извлечения звуковых данных может достигать всего 28x. Но это все-таки лучше, чем скорость 1x при использовании накопителя, не поддерживающего DAE (не говоря уже о цифроаналоговом и обратном аналого-цифровом преобразованиях, которые приводят к потере информации).

Практически все наиболее современные накопители CD/DVD позволяют выполнять извлечение цифрового звука. Скорость и точность этой операции зависят от конкретной модели. Многие думают, что цифровая копия той или иной звуковой дорожки (песни) должна полностью совпадать с оригиналом, но так бывает далеко не всегда. Формат CD-DA предназначен не для передачи данных со стопроцентной точностью, а, в первую очередь, для воспроизведения музыки. При появлении ошибок, выходящих за пределы возможностей перемежающегося кода Рида–Соломона (CIRC), используемого в формате CD-DA, встроенные про-

граммы накопителя интерполируют (т.е. оценивают) отсутствующие данные. Кроме того, погрешности генератора тактовых импульсов могут привести к проблемам, связанным с синхронизацией считывания кадров сектора (т.е. к *неустойчивой синхронизации*). Могут также возникать различные неприятности, связанные с несовместимостью внутреннего программного обеспечения накопителя (встроенных программ) и используемых драйверов.

Примечание

Частота дискретизации извлеченных файлов WAV равна 44,1 кГц, что соответствует частоте, используемой при записи компакт-дисков. Это составляет 176400 байт/с, т.е. одна минута музыки занимает почти 10,6 Мбайт рабочего пространства жесткого диска. Формат сжатия MP3 позволяет уменьшить размер файлов в шесть и более раз без ощутимой потери качества записи.

Накопители CD-R/RW, поддерживающие извлечение цифровых звуковых записей, могут быть использованы как для создания копии музыкального компакт-диска, так и для выборочной записи песен, что позволяет собрать собственную коллекцию лучших хитов, которую можно записать на собственный компакт-диск.

Музыкальные диски формата CD-R/RW

В соответствии с положениями закона AHRA (Audio Home Recording Act — Закон о домашней звукозаписи) от 1992 года потребительские накопители записываемых дисков и носители, предназначенные непосредственно для записи музыки, должны иметь определенную защиту от копирования дисков, главным образом SCMS. Это означает, что записывающие устройства могут создавать цифровые копии только оригинальных дисков. Можно скопировать и ранее созданную копию, но в этом случае записываемые данные будут преобразованы из цифровой формы в аналоговую и обратно в цифровую, что приведет к определенной потере качества.

В этих устройствах должны использоваться строго определенные носители, которые работают только со специальными дисками, имеющими отметку “For Music Use” или “For Consumer” (“Только для музыки” или “Для потребителя”). На верхней части такого диска имеется хорошо всем известный стандартный логотип Compact Disk Digital Audio Recordable, ниже которого расположена дополнительная строка “For Consumer”. Особенностью таких дисков является специальная дорожка, предварительно записанная на диске, которая распознается потребительским звукозаписывающим устройством. В стоимость AHRA-совместимых носителей также входит определенная часть авторского гонорара, защищаемого этой дорожкой. Носители такого типа стоят примерно в шесть раз дороже, чем обычные CD-R/RW. Следует заметить, что стандартные AHRA-несовместимые CD-R/RW не распознаются накопителем. Кроме того, эти записывающие устройства не позволяют копировать CD-ROM или диски данных.

Сразу отмечу, что все это не относится к накопителям CD-R/RW, установленным в компьютерных системах. Для ПК не обязательно использование AHRA-совместимых устройств или специальных дисков с пометкой “For Music Use” для копирования или записи музыкальных дисков. Кроме того, можно создавать цифровые копии ранее сделанных копий — SCMS тоже не работает. Подводя итог, напомним, что не следует приобретать AHRA-совместимые диски для накопителя CD-R/RW, установленного в вашем компьютере. Если вы все-таки приобрели такие диски, то, несмотря на отметку “For Music Use Only”, они могут использоваться в накопителях CD-R/RW, как обычные CD-R/RW, применяемые для создания музыкальных записей и хранения данных. Дополнительная информация, определяющая AHRA-совместимость, попросту игнорируется.

Защита от копирования компакт-дисков

Возможность общедоступного копирования программных и музыкальных компакт-дисков привела к необходимости разработки надежных методов защиты. Методы защиты от копирования, используемые при записи программных и музыкальных компакт-дисков, различны, но конечный результат практически один и тот же — копии либо имеют более низкое качество воспроизводимого звука, либо работают некорректно. Например, защита от копирования му-

зыкальных компакт-дисков зачастую приводит к появлению различных помех при воспроизведении звуковых файлов, а в критических случаях скопированные диски могут попросту не читаться в приводе ПК.

Существует несколько простых и более сложных схем защиты от копирования, используемых при записи CD-DA. Одной из наиболее распространенных схем защиты цифровых музыкальных дисков является *SafeAudio*, разработанная компанией Macrovision. Специалисты Macrovision не распространяются о том, как работает эта схема. Известно только, что эта технология была куплена у компании TTR Technologies, причем приобретенные патенты содержат также подробное описание этой схемы. В соответствии с этими патентами при записи компакт-диска преднамеренно записываются также ошибочные данные определенного рода (пакеты помех), включаемые как в звуковые данные, так и в коды, обычно используемые для коррекции подобных ошибок. При чтении диска использование стандартных схем коррекции ошибок не приносит желаемого результата, поскольку во время воспроизведения звука образуются небольшие паузы.

При использовании стандартного проигрывателя звуковых компакт-дисков в подобной ситуации происходит автоматическое заполнение возникающих пауз с помощью аппаратных средств или соответствующего кода проигрывателя, который обрабатывает звуковые данные с обеих сторон паузы и интерполирует (предполагает) пропущенные значения. В ПК накопители на компакт-дисках могут выполнять те же операции, но интерполяция данных происходит только при воспроизведении компакт-дисков в режиме аудиопроигрывателя. Несмотря на это, при "разрыве" данных интерполяция не выполняется, что происходит также при считывании звуковых данных, скопированных непосредственно на жесткий диск, компакт-диск или носители других типов. В этом случае незаполненные паузы будут воспроизводиться в виде довольно громких щелчков, хлопков или других неприятных звуков. Специалисты компаний TTR и Macrovision утверждают, что интерполяция данных, которая выполняется при воспроизведении дисков SafeAudio, совершенно не различается человеческим ухом. С этим утверждением согласны далеко не все. С точки зрения аудиофила добавление любых искажений или шума в аудиосигнал совершенно неприемлемо; кроме того, вам не удастся создать легальные копии музыки. В связи с этим я не рекомендую приобретать компакт-диски с технологией SafeAudio и любой другой формой защиты от копирования.

Управление цифровыми правами

Технология управления цифровыми правами (Digital Rights Management — DRM) пошла дальше обычной защиты от копирования, составив список допустимых действий с записанным компакт-диском или другим коммерческим носителем. К примеру, в применении к копированию музыки функция DRM, внедренная в звуковые дорожки, может ограничить возможность перезаписи определенным количеством раз, а также запретить воспроизведение композиции после заданной даты. То же самое относится и к количеству разрешенных перезаписей песни с одного компьютера на другой.

Встретить защиту DRM на музыкальных компакт-дисках можно достаточно редко (хотя она часто имеется в файлах, загружаемых из Интернета). Одной из причин тому послужил громкий скандал, разразившийся в 2005 году.

Компания Sony BMG — один из крупнейших производителей музыкальных компакт-дисков — в конце 2005 года начала встраивать защиту DRM в некоторые выпускаемые диски. При этом в диски внедрялась программа XCP (разработанная Fortium Technologies, Inc.) или MediaMax CD-3 (от SunnComm).

Эти программы ограничивали возможности пользователя по работе с записями, содержащимися на дисках, и при этом устанавливались на компьютер незаметно для пользователя. Такой тип инсталляции компания Sony назвала "rootkit". Эта программа скрывала свое присутствие от операционной системы и тем самым создавала брешь в системе защиты компьютера, позволяя "червям" и прочим вредоносным программам незаметно проникать в систему.

После судебных исков относительно использования DRM и “руткитов” без предупреждения покупателей в 2006 году Sony представила утилиту удаления “руткитов” и отозвала все проданные диски, выплатив при этом компенсацию покупателям. Несмотря на злополучную юридическую ошибку Sony, касающуюся непредоставления полной информации о приобретаемой продукции, не исключено, что технология DRM будет использоваться и в будущем в компакт-дисках и других типах носителей.

Защита от копирования DVD

В видеодисках используется несколько уровней защиты, которые в основном определяются ассоциацией DVD Copy Control Association (DVD CCA) и компанией Macrovision. Защита от нелегального копирования обычно применяется только в DVD-Video, но совершенно не относится к программному обеспечению DVD-ROM. Например, существующая защита не позволит скопировать фильм “Матрица”, но никак не повлияет на DVD-энциклопедию или какое-либо другое программное обеспечение, распространяемое на DVD-ROM.

Следует заметить, что практически все существующие системы защиты уже были “взломаны”, т.е. некоторые дополнительные затраты или соответствующее программное обеспечение позволят снять защиту и скопировать тот или иной DVD на цифровой (жесткий диск, DVD+RW, CD-R/RW и т.п.) или аналоговый (например, видеокассеты VHS) носитель.

Системы защиты, на создание которых было затрачено немало сил и средств, не могут реально противостоять железной хватке профессиональных бутлегеров, но в то же время не позволяют обычному пользователю сделать копию дорогого диска на законных основаниях.

Существуют следующие основные системы защиты, которые используются в DVD-Video:

- контроль регионального воспроизведения (Regional Playback Control — RPC);
- система шифрования видеоданных (Content Scrambling System — CSS);
- аналоговая система защиты (Analog Protection System — APS);
- система ProtectDisc.

Предупреждение

Закон об авторском праве Digital Millenium Copyright Act (DCMA), подписанный в 1998 году, запрещает ‘‘взлом’’ системы защиты, а также распространение информации (такой, как инструментальные средства, адреса сайтов и т.п.) о способах взлома.

Контроль регионального воспроизведения

Система регионального воспроизведения была разработана для того, чтобы диски, проданные в определенных географических регионах, воспроизводились только на проигрывателях, которые были проданы там же. Смысл состоит в том, чтобы осуществлять реализацию кинофильмов в различных регионах мира в разное время, избегая при этом вероятности их заказов из тех областей, где фильм еще не продавался.

В стандарте RPC определены семь регионов. Диски (и проигрыватели) обычно помечены маленьким логотипом или эмблемой, на которой изображен номер региона на фоне земного шара. Существуют также многозонные диски, т.е. диски, не имеющие региональных ограничений. В том случае, если диски могут воспроизводиться в двух и более регионах, на фоне земного шара будет изображено несколько номеров:

- **регион 1** — США (все территории) и Канада;
- **регион 2** — Япония, Западная Европа, Южная Африка и Ближний Восток;
- **регион 3** — Юго-Восточная и Восточная Азия;
- **регион 4** — Австралия, Новая Зеландия, острова Тихого океана, Центральная Америка, Мексика, Южная Америка, Карибские острова;
- **регион 5** — Восточная Европа, Индия, Африка, Северная Корея, Монголия;

- **регион 6** — Китай и Тибет;
- **регион 7** — зарезервировано для будущего использования;
- **регион 8** — международные рейсы, например авиалайнеры, круизные суда и т.п.
- **регион All** — все флаги установлены, позволяя воспроизводить диск в любом регионе и на любом проигрывателе; иногда называется регионом 0.

Региональный код встраивается в аппаратное обеспечение видеопроигрывателей DVD. Обычно предварительно установленный код соответствует только определенному региону и не может быть изменен кем-либо. Отдельные компании, занимающиеся реализацией проигрывателей, модифицируют их таким образом, чтобы можно было воспроизводить любые диски независимо от региона. Такие проигрыватели называются *region-free* или *code-free*. Некоторые современные диски включают в себя дополнительную функцию расширения регионального кода (Region Code Enhancement — RCE), которая определяет конфигурацию проигрывателя и запрещает в некоторых случаях воспроизведение диска. Однако новейшие проигрыватели типа Region-free обращаются непосредственно к диску, обходя эту проверку.

Накопители DVD-ROM персональных компьютеров изначально не содержали функций RPC, перекладывая эту работу на программное обеспечение, используемое для воспроизведения видеодисков DVD. Программное обеспечение проигрывателя считывало региональный код с первого воспроизведенного диска и в дальнейшем воспринимало только диски данного региона. Для того чтобы сбросить этот региональный код, достаточно было переустановить программное обеспечение. Более того, многочисленные программы, размещенные на разных сайтах, позволяют сделать это даже без переустановки. Возможность легко обойти региональные ограничения послужила толчком к тому, что начиная с 1 января 2000 года всем накопителям DVD-ROM пришлось использовать блок RPC-II, работающий непосредственно на аппаратном уровне.

При использовании RPC-II (или RPC-2) региональная блокировка находится в самом накопителе, а не в программах воспроизведения дисков или декодирования MPEG-2. В целом региональный код может устанавливаться в накопителях RPC-II до пяти раз, т.е. после начальной установки его можно изменять еще четыре раза. Для этого применяется программное обеспечение видеопроигрывателя или специальная утилита изменения регионального кода. После четырех изменений (следовательно, после пятой установки) происходит блокировка накопителя и сохраняется код последнего определенного региона.

Региональные коды, используемые дисками Blu-ray

В дисках Blu-Ray применяется иная схема регионального деления, включающая три региона:

- **регион A** — Северная, Центральная и Южная Америка, Корея, Япония и Юго-Восточная Азия;
- **регион B** — Европа, Ближний Восток, Африка, Австралия и Новая Зеландия;
- **регион C** — Россия, Индия, Китай и весь остальной мир.

Диски Blu-Ray, не содержащие региональный код, могут воспроизводиться в плеерах с любым кодом.

Система шифрования видеоданных

Основная защита DVD-Video обеспечивается системой шифрования видеоданных (Content Scrambling System — CSS), которая была выпущена после того, как Американская киноассоциация приняла решение о выпуске кинофильмов в формате DVD. Именно это, как уже отмечалось, явилось основной причиной задержки выпуска DVD.

Система CSS, разработанная компанией Matsushita (Panasonic), используется для цифрового шифрования аудио- и видеоданных на DVD-Video. Для дешифрования необходима пара 40-разрядных (5-байтовых) ключей (числовых кодов). Один из ключей является уникальным

кодом диска, а другой необходим для набора заголовков (VTS-файл). Ключи диска и заголовка находятся в зашифрованном виде на нулевой дорожке диска. Код CSS и запись ключа формируются во время изготовления стеклянного мастер-диска и являются частью технологического процесса.

Для того чтобы увидеть процесс шифрования в действии, выполните следующее: вставьте DVD в накопитель DVD-ROM своего компьютера, скопируйте файлы на жесткий диск, а затем попытайтесь их прочесть. Файлам видеодиска обычно присваиваются имена типа `VTS_`*`xx`*`_`*`yy`*`.VOB` (видеообъект), где *xx* — номер заголовка; *yy* — номер раздела. Обычно файлы одного кинофильма имеют один и тот же номер заголовка, причем весь фильм разбивается на несколько фрагментов объемом 1 Гбайт и менее, которые имеют различные номера разделов. Эти фрагменты, представляющие собой файлы с расширением `.VOB`, содержат потоки шифрованных аудио- и видеоданных, которые чередуются друг с другом. Файлы с расширением `.IFO` содержат информацию, используемую DVD-проигрывателем для декодирования аудио- и видеоданных из файлов `.VOB`. Скопируйте файлы `.VOB` и `.IFO` на жесткий диск и попробуйте непосредственно воспроизвести один из файлов `.VOB` или хотя бы щелкнуть на нем мышью. В результате на экран будет выведено зашифрованное видеоизображение или сообщение о попытке воспроизведения файлов, защищенных от копирования.

Если вы счастливый обладатель лицензионного CSS-проигрывателя (на аппаратном или программном уровне) и можете воспроизводить файлы непосредственно с DVD, то наличия системы кодирования файлов вы даже не заметите. Все DVD-проигрыватели, вне зависимости от того, являются ли они специализированными автономными устройствами или частью системного программного обеспечения, имеют собственный уникальный CSS-ключ. Каждый DVD, в свою очередь, имеет четыреста 5-байтовых ключей, записанных в шифрованном виде на его нулевой дорожке (программы обычно не имеют доступа к этой области диска). С помощью этого уникального кода программа декодирования восстанавливает и расшифровывает ключ диска, который, в свою очередь, используется для восстановления и декодирования ключей заголовка. CSS, в сущности, представляет собой трехуровневую систему шифрования, которая на первый взгляд казалась весьма надежной, но практика доказала обратное.

В октябре 1999 года 16-летний норвежский программист смог извлечь первый ключ одного из коммерческих проигрывателей, что позволило ему довольно легко расшифровать ключи диска и заголовка. Затем была написана широко известная в настоящее время программа *DeCSS*, позволяющая взламывать CSS-защиту любого DVD и сохранять на жестком диске расшифрованные файлы `.VOB`, которые могут быть воспроизведены любой программой, декодирующей MPEG-2. Не стоит и говорить о том, что эта утилита (и подобные ей) вызвала не только озабоченность многих кинокомпаний, но и немало юридических баталий по поводу ее бесконтрольного распространения по Всемирной сети. (Если хотите ознакомиться с ходом судебных разбирательств, попробуйте задать слово “DeCSS” в качестве критерия поисковой системы в Интернете.)

Однако прогресс не остановить, и в марте 2001 года двое студентов Массачусетсского технологического института (MIT) опубликовали невероятно короткую (всего лишь семь строк) и простую программу, которая позволяет расшифровывать CSS быстрее, чем при воспроизведении кинофильма. Этот код был продемонстрирован на двухдневном семинаре, посвященном проблемам защиты авторских прав, и послужил иллюстрацией ненадежности системы защиты CSS.

ProtectDisc

Последняя система защиты от копирования называется RrotectDisc. Ее реализация в DVD-Video изменяет стандартную структуру диска, что предотвращает возможность копирования. К сожалению, диски, созданные с использованием системы ProtectDisc, нельзя просмотреть с помощью компьютерных программ, таких как Проигрыватель Windows Media и WinDVD.

Несмотря на все заверения о надежности этого метода защиты, он был вскоре взломан. Законопослушным пользователям можно только посочувствовать: если не воспользоваться схемой "взлома" защиты ProtectDisc, то просмотреть фильм на компьютере будет невозможно.

Спецификации и типы накопителей CD/DVD

Основные характеристики накопителей CD-ROM/DVD, которые приводятся в документации к ним, — это скорость передачи и время доступа к данным, наличие внутренних буферов и их емкость, а также тип используемого интерфейса.

Скорость передачи данных

Этот параметр определяет объем данных, который может считывать накопитель с компакт-диска на компьютер за одну секунду. Этот параметр характеризует способность устройства считывать с диска большие и непрерывные участки данных.

Существуют два способа измерения скорости передачи. Один из них, обычно применяемый к накопителям CD/DVD, представляет собой относительную скорость "**x**", которая определена как множитель стандартной основной скорости. Например, в соответствии с исходным стандартом скорость передачи накопителя CD-ROM равна 153,6 Кбайт/с. Накопители, скорость которых в два раза больше, указываются как накопители 2x, в сорок раз — как 40x и т.п. Исходная скорость передачи данных накопителей DVD равна 1,385 Кбайт/с. В соответствии с этим накопители, скорость которых в двадцать раз выше, определяются как 20x. Следует заметить, что почти все современные накопители имеют *постоянную угловую скорость* (CAV), поэтому их скорость, определенная множителем "**x**", является максимальной скоростью, которая достигается при считывании данных с внешней части (с конца) диска. Скорость считывания данных, расположенных на внутренней части диска (в начале), примерно вдвое меньше. Следовательно, средняя скорость передачи данных находится где-то между максимальной и минимальной скоростями.

Поскольку современные приводы оптических дисков способны работать с множеством типов носителей, следует учесть параметры чтения и записи для всех них. Устройства, выполняющие запись на CD-R и CD-RW, обычно имеют данные характеристики в пределах от 4x до 48x (CAV).

Быстродействие накопителей на компакт-дисках

При поиске определенного сектора данных или музыкальной дорожки на диске накопитель находит адрес данных в таблице содержимого, которая записана на нулевой дорожке компакт-диска, после чего лазерный луч перемещается к нужному витку спирали и ожидает необходимой последовательности битов.

Компакт-диски первоначально разрабатывались для записи звуковых файлов, поэтому скорость считывания данных накопителем должна быть постоянной. Для обеспечения постоянной скорости считывания данные на CD-ROM записываются с помощью метода, получившего название *запись с постоянной линейной скоростью* (Constant Linear Velocity — CLV). Это означает, что дорожка (а значит, и данные) по отношению к считывающему устройству всегда перемещается с одной и той же скоростью, равной 1,3 м/с (метров в секунду). Дорожка представляет собой спираль, витки которой по мере приближения к центру диска располагаются более компактно. Поэтому для обеспечения постоянной линейной скорости необходимо сделать так, чтобы скорость вращения диска изменялась по определенному закону. Другими словами, при считывании данных с внутренней дорожки диск должен вращаться быстрее, а при считывании информации с внешней дорожки — медленнее. Скорость вращения диска в накопителе 1x (линейная скорость накопителя 1x равна 1,3 м/с) изменяется от 540 об/мин при считывании данных, расположенных в начале дорожки (на внутренней части диска), до 212 об/мин при чтении дорожки на внешней части диска.

Одним из способов повышения эффективности CD-ROM стало увеличение скорости дисководов, т.е. повышение частоты вращения. Дисководы, скорость вращения которых стала вдвое или вчетверо выше первоначальной, получили название *накопители 2x* и *4x*. Последним устройством, созданным по этой технологии, стал дисковод 12x, скорость вращения диска в котором изменялась в пределах от 2568 до 5959 об/мин, что позволяло поддерживать постоянную скорость передачи данных. При дальнейшем увеличении скорости вращения производители столкнулись с определенными проблемами, связанными с созданием двигателя, позволяющего быстро изменять скорость при считывании данных с различных частей диска. Именно поэтому большинство дисководов со скоростью выше 12x имеют постоянную скорость вращения (при этом линейная скорость не является постоянной). Так как угловая скорость (скорость вращения) остается постоянной, этот метод получил название *запись с постоянной угловой скоростью* (Constant Angular Velocity — CAV).

Дисководы CAV, как правило, работают тише, чем приводы CLV. Это связано с тем, что двигателю не приходится постоянно увеличивать и уменьшать частоту вращения. Дисководы (в основном перезаписывающие), сочетающие технологии CLV и CAV, получили название *Partial-CAV* или *P-CAV* (частично постоянная угловая скорость). Например, большинство перезаписываемых дисководов при записи диска работают в режиме CLV, а при считывании данных — в режиме CAV. В табл. 11.23 приведена сравнительная характеристика технологий CLV и CAV.

Таблица 11.23. Сравнительная характеристика технологий CLV и CAV

Параметр	CLV	CAV
Скорость вращения диска	Различная, в зависимости от положения данных на диске (быстрее — на внутренних дорожках, медленнее — на внешних)	Постоянная
Скорость передачи данных	Постоянная	Различная, в зависимости от положения данных на диске (быстрее — на внутренних дорожках, медленнее — на внешних)
Уровень шума	Высокий	Низкий

Скорости дисководов CD-ROM могут быть самыми разными — от 1x до 52x и выше. В не перезаписываемых накопителях, скорость которых не более 12x, как правило, используется технология CLV; большинство накопителей со скоростью 16x и выше являются устройствами CAV. При использовании накопителей CAV скорость перемещения данных по отношению к считывающему устройству изменяется в зависимости от физического расположения данных на компакт-диске (например, внутренняя или внешняя часть дорожки). Это также означает, что накопители CAV считывают данные, находящиеся на внешней части диска, быстрее данных, расположенных ближе к центру. Этим воспользовались производители, введя пользователей в заблуждение при первом появлении накопителей нового типа. Например, накопитель 12x CLV считывает данные со скоростью 1,84 Мбайт/с, причем эта скорость не зависит от расположения данных. Накопитель 16x CAV, в свою очередь, считывает данные, расположенные на внешней части диска, со скоростью 16x (2,46 Мбайт/с). Следует заметить, что скорость считывания данных с внутренней части диска гораздо ниже и достигает лишь 6,9x (1,06 Мбайт/с). Таким образом, средняя скорость чтения данных накопителя 16x составляет 11,5x, или примерно 1,76 Мбайт/с. При этом среднее значение скорости даже несколько преувеличено, так как диски начинают читаться с внутренней части (т.е. более медленной), поле чего переходят к внешней. Полученное значение относится к считыванию полного объема диска, а фактическая средняя скорость чтения данных значительно ниже.

Все это означает, что дисководы 12x CLV могут быть гораздо быстрее, чем накопители 16x и даже 20x! Не забывайте, что объявленная скорость накопителей CAV является не более чем максимальной скоростью передачи данных, которая достигается при считывании данных, расположенных на внешней части диска.

Таблица 11.24. Скорости накопителей CD-ROM и скорости передачи данных

Объявленная скорость CD-ROM (макс. CAV)	Время считывания 74-минутного CD (CLV)	Время считывания 80-минутного CD (CLV)	Скорость передачи данных, байт/с (макс. CAV)	Фактическая скорость CD-ROM (мин. CAV)	Минимальная скорость передачи данных, байт/с (CAV)
1x	74,0	80,0	153600	0,4x	61440
2x	37,0	40,0	307200	0,9x	138240
4x	18,5	20,0	614400	1,7x	261120
6x	12,3	13,3	921600	2,6x	399360
8x	9,3	10,0	1228800	3,4x	522240
10x	7,4	8,0	1536000	4,3x	660480
12x	6,2	6,7	1843200	5,2x	798720
16x	4,6	5,0	2457600	6,9x	1059840
20x	3,7	4,0	3072000	8,6x	1320960
24x	3,1	3,3	3686400	10,3x	1582080
32x	2,3	2,5	4915200	13,8x	2119680
40x	1,9	2,0	6144000	17,2x	2641920
48x	1,5	1,7	7372800	20,7x	3179520
50x	1,5	1,6	7680000	21,6x	3317760
52x	1,4	1,5	7987200	22,4x	3440640
56x	1,3	1,4	8601600	24,1x	3701760

Столбец 1. Объявленная скорость накопителя, которая представляет собой постоянную скорость дисководов CLV (большинство устройств, имеющих скорость 12x и ниже) или максимальную скорость накопителей CAV.

Столбцы 2 и 3. Время, затрачиваемое накопителем CLV на считывание всех данных определенного диска. Для накопителей CAV эти значение будут больше, так как средняя скорость считывания данных ниже объявленной. В столбце 4 приведена скорость передачи данных, которая при использовании накопителей CAV достигает максимального значения только при чтении конечных данных диска.

Столбцы 4–6. Фактическая минимальная скорость накопителей CAV, минимальная скорость передачи, достигаемая при считывании данных, расположенных в начале диска, а также оптимизированная средняя скорость (приведенные значения справедливы только при чтении полностью записанного диска; при других условиях средняя скорость значительно ниже). Значения минимальной скорости передачи данных выражены в байтах в секунду (байт/с); остальные параметры приведены в формате "x".

В табл. 11.24 приведены основные параметры накопителей CD-ROM, в том числе скорости передачи и другие интересные данные. То же самое относится и к приводам DVD (как к перезаписывающим, так и к не перезаписывающим) при их использовании с CD.

Вибрации, возникающие при чтении дисков, могут привести к снижению скоростей быстродействующих накопителей до уровня, обеспечивающего их минимально допустимую надежность. Часто причиной разбалансировки CD-ROM становится маленькая бумажная этикетка с серийным номером, наклеенная на поверхность компакт-диска. Поэтому во многие высокоскоростные накопители CD и DVD встраиваются механизмы автобалансировки или амортизации, позволяющие решать подобные проблемы. Единственный недостаток таких механизмов состоит в том, что при возникновении вибрации они замедляют вращение диска, снижая тем самым скорость передачи данных.

Большинство современных CD и DVD используют зональную CLV или частичную CAV. Это позволяет повысить среднюю производительность при сохранении управления скоростью вращения.

Примечание

В конце 1990-х годов компания Zen Research разработала технологию, получившую название *TrueX*, которая позволяла за счет использования нескольких лазерных лучей достигать постоянно высокой скорости передачи данных при низких скоростях вращения диска. К сожалению, накопители TrueX, изготовлением которых занимались Kenwood и другие компании, не имели обещанных рабочих характеристик и отличались низкой надежностью. В середине 2002 года компания Zen Research прекратила свое существование, поэтому накопители TrueX больше не выпускаются.

Средняя скорость CD-ROM (CAV)	Средняя скорость передачи данных, байт/с (CAV)	Максимальная линейная скорость, м/с	Максимальная линейная скорость, миль/ч	Скорость, об/мин (макс. CAV, мин. CLV)	Скорость вращения, об/мин (макс. CLV)
0,7x	107520	1,3	2,9	214	497
1,5x	222720	2,6	5,8	428	993
2,9x	437760	5,2	11,6	856	1986
4,3x	660480	7,8	17,4	1284	2979
5,7x	875520	10,4	23,3	1712	3973
7,2x	1098240	13,0	29,1	2140	4966
8,6x	1320960	15,6	34,9	2568	5959
11,5x	1758720	20,8	46,5	3425	7945
14,3x	2196480	26,0	58,2	4281	9931
17,2x	2634240	31,2	69,8	5137	11918
22,9x	3517440	41,6	93,1	6849	15890
28,6x	4392960	52,0	116,3	8561	19863
34,4x	5276160	62,4	139,6	10274	23835
35,8x	5498880	65,0	145,4	10702	24828
37,2x	5731920	67,6	151,2	11130	25821
40,1x	6151680	72,8	162,8	11986	27808

Столбцы 7 и 8. Максимальные линейные скорости, достигаемые накопителем, выраженные в метрах в секунду (м/с) и милях в час (миль/ч). Эти скорости поддерживаются накопителями CLV на всем пространстве диска; накопители CAV достигают указанных скоростей только на внешней части диска.

Столбцы 9–12. Скорости вращения накопителя. В столбце 11 приведены скорости вращения диска при считывании первоначальных данных. Эти значения применимы к накопителям обоих типов (CLV и CAV). Для накопителей CAV приведенные значения постоянны вне зависимости от места расположения считываемых данных. В последнем столбце представлена максимальная частота вращения накопителей CLV. Поскольку большинство дисководов, имеющих скорость 12x и выше, являются устройствами CAV, значения, приведенные для накопителей со скоростью 16x и выше, являются в основном теоретическими.

Быстродействие накопителей DVD

Подобно компакт-дискам, DVD вращаются против часовой стрелки (если смотреть со стороны считывающего лазера) и обычно записываются с постоянной скоростью передачи данных (CLV). Это означает, что дорожка (а значит, и данные) по отношению к считывающему устройству всегда перемещается с одной и той же скоростью, равной 3,49 м/с (или 3,84 м/с на двусторонних дисках). Дорожка представляет собой спираль, витки которой располагаются более компактно по мере приближения к центру диска. Поэтому для обеспечения постоянной линейной скорости дорожки скорость вращения диска должна изменяться по определенному закону. Другими словами, при считывании данных с внутренней дорожки диск должен вращаться быстрее, а при считывании информации с внешней — медленнее. Скорость вращения диска в накопителе 1x (линейная скорость накопителя 1x равна 3,49 м/с) изменяется со 1515 об/мин при считывании данных, расположенных в начале дорожки (на внутренней части диска), до 570 об/мин при чтении конца дорожки (на внешней части диска).

Односкоростные (1x) накопители DVD-ROM обеспечивают скорость передачи данных, равную 1,385 Мбайт/с, что эквивалентно скорости 9x CD-ROM (скорость передачи данных дисковода 1x CD-ROM составляет 153,6 Кбайт/с, или 0,1536 Мбайт/с). Хотя это не означает, что накопитель 1x DVD-ROM может читать компакт-диски в девять раз быстрее: скорость вращения накопителей DVD лишь в три раза больше скорости вращения подобных накопителей CD-ROM. Таким образом, накопитель 1x DVD имеет примерно ту же скорость вращения, что и накопитель 2,7x CD-ROM. В технических характеристиках DVD-ROM обычно указываются два параметра, один из которых определяет скорость чтения DVD, а другой — скорость чтения компакт-дисков. Например, если накопитель DVD-ROM имеет параметр 16x/40x, то он определяет скорость чтения DVD и компакт-дисков соответственно.

Одним из способов повышения эффективности стало увеличение скорости дисководов, что выразилось в повышении частоты вращения. Дисковод, скорость вращения которого стала вдвое выше первоначальной, получил название *накопитель 2x*; дисковод, скорость вращения которого была увеличена в четыре раза, был назван *накопитель 4x* и т.д. При дальнейшем увеличении скорости вращения производители столкнулись с определенными проблемами, связанными с созданием двигателя, позволяющего очень быстро изменять скорость работы при считывании данных с различных частей диска. Это стало причиной того, что большинство быстрых накопителей DVD имеют постоянную скорость вращения (при этом линейная скорость не является постоянной). Так как угловая скорость (скорость вращения) остается постоянной, этот метод, как уже упоминалось, получил название *запись с постоянной угловой скоростью* (CAV).

Накопители, имеющие более высокую скорость, больше подходят для считывания данных, чем для воспроизведения видеофрагментов. Высокая скорость накопителя позволяет при считывании диска сократить время перехода с одного слоя на другой, при этом совершенно не влияя на качество видеоизображения.

Практически все существующие DVD-ROM, имеющие скорость 20x и более, являются накопителями CAV, поэтому объявленная скорость передачи достигается только при считывании данных, расположенных на внешней части диска. В табл. 11.25 приведены скорости передачи данных накопителей DVD-ROM, достигаемые при считывании DVD, а также их соотношение со скоростью дисководов CD-ROM.

Таблица 11.25. Скорости накопителей DVD-ROM и скорости передачи данных

Объявленная скорость DVD-ROM (макс. CAV)	Время считывания однослойного DVD (CLV), минуты	Время считывания двухслойного DVD (CLV), минуты	Скорость передачи данных, байт/с (макс. CAV)	Фактическая скорость DVD-ROM (мин. CAV)	Минимальная скорость передачи данных, байт/с (CAV)
1x	56,5	51,4	1384615	0,4x	553846
2x	28,3	25,7	2769231	0,9x	1107692
4x	14,1	12,8	5538462	1,7x	2353846
6x	9,4	8,6	8307692	2,5x	3461538
8x	7,1	6,4	11076923	3,3x	4569231
10x	5,7	5,1	13846154	4,1x	5676923
12x	4,7	4,3	16615385	5,0x	6923077
16x	3,5	3,2	22153846	6,6x	9138462
20x	2,8	2,6	27692308	8,3x	11492308
24x	2,4	2,1	33230769	9,9x	13707692
32x	1,8	1,6	44307692	13,2x	18276923
40x	1,4	1,3	55384615	16,6x	22984615
48x	1,2	1,1	66461538	19,9x	27553846
50x	1,1	1,0	69230769	20,7x	28661538

Столбец 1. Объявленная скорость накопителя, которая представляет собой постоянную скорость дисководов CLV или максимальную скорость накопителей CAV (большинство накопителей DVD-ROM являются устройствами CAV).

Столбцы 2 и 3. Время, затрачиваемое накопителем CLV на считывание всех данных указанного диска. Для накопителей CAV эти значение будут больше, так как средняя скорость считывания данных ниже, чем объявленная. В столбце 4 приведена скорость передачи данных, которая при использовании накопителей CAV достигает максимального значения только во время чтения конечных данных диска.

Столбцы 4–8. Фактическая минимальная скорость накопителей CAV, минимальная скорость передачи, достигаемая при считывании данных, расположенных в начале диска, а также оптимизированная средняя скорость (приведенные значения справедливы только при чтении полностью записанного диска; при других условиях средняя скорость значительно ниже). Значения минимальной скорости передачи данных выражены в байтах в секунду (байт/с), остальные параметры приведены в формате "x".

Время доступа

Время доступа к данным для накопителей CD-ROM/DVD определяется так же, как и для жестких дисков. Оно равняется задержке между получением команды и моментом считывания первого бита данных. Время доступа измеряется в миллисекундах, и его стандартное паспортное значение для накопителей 24x приблизительно равно 95 мс. При этом имеется в виду среднее время доступа, поскольку реальное время зависит от расположения данных на диске. Очевидно, что при работе на внутренних дорожках диска время доступа будет меньше, чем при считывании информации с внешних дорожек. Поэтому в паспортах на накопители приводится среднее время доступа, определяемое как среднее значение при выполнении нескольких случайных считываний данных с диска.

Буфер/кэш-память

Во многих накопителях CD/DVD имеются встроенные буфера, или кэш-память. Эти *буфера* представляют собой устанавливаемые на плате накопителя микросхемы памяти для записи считанных данных, что позволяет передавать в компьютер за одно обращение большие массивы данных. Обычно емкость буфера DVD составляет 256 Кбайт, а CD — 128 Кбайт, хотя выпускаются модели как с большими, так и с меньшими объемами (чем больше — тем лучше!). Емкость буфера накопителей перезаписываемых CD/DVD достигает 2–8 Мбайт и более, что позволяет избежать проблем с "недобором" данных и обеспечить более плавное выполнение записи. Как правило, в более быстродействующих устройствах емкость буферов больше.

Средняя скорость DVD-ROM (CAV)	Средняя скорость передачи данных, байт/с (CAV)	Максимальная линейная скорость, м/с	Максимальная линейная скорость, миль/ч	Скорость вращения однослойного DVD, об/мин (макс. CAV, мин. CLV)	Скорость вращения однослойного DVD, об/мин (макс. CLV)	Скорость передачи при считывании накопителем CD-ROM
0,7x	969231	3,5	7,8	570	1515	2.7x
1,4x	1938462	7,0	15,6	1139	3030	5.4x
2,9x	3946154	14,0	31,2	2279	6059	11x
4,3x	5884615	20,9	46,8	3418	9089	16x
5,7x	7823077	2,9	62,5	4558	12119	21x
7,1x	9761538	34,9	78,1	5697	15149	27x
8,5x	11769231	41,9	93,7	6836	18178	32x
11,5x	15646154	55,8	124,9	9115	24238	43x
14,2x	19592308	69,8	156,1	11394	30297	54x
17,0x	23469231	83,8	187,4	13673	36357	64x
226x	31292308	111,7	249,8	18230	48476	86x
28,3x	39184615	139,6	312,3	22788	60595	107x
34,0x	47007692	167,5	374,7	27345	72714	129x
35,4x	48946154	174,6	390,3	28485	75743	134x

Столбцы 9 и 10. Максимальные линейные скорости, достигаемые накопителем, выраженные в метрах в секунду (м/с) и милях в час (миль/ч). Эти скорости поддерживаются накопителями CLV на всем пространстве диска; накопители CAV достигают указанных скоростей только на внешней части диска.

Столбцы 11 и 12. Скорости вращения накопителя. В столбце 11 приведены значения скорости вращения диска при считывании данных, расположенных в его начале. Эти значения применимы к накопителям обоих типов (CLV и CAV). Для накопителей CAV приведенные значения постоянны независимо от места расположения считываемых данных. В столбце 12 показана максимальная частота вращения накопителей CLV-типа. Поскольку большинство высокоскоростных дисководов являются устройствами CAV, значения, приведенные в этом столбце, в основном теоретические.

Столбец 13. В этом столбце отражено быстродействие накопителей DVD по отношению к дисководам CD-ROM. Приведенные значения относятся, в первую очередь, не к скорости передачи данных, а к скорости вращения. Другими словами, накопитель 12x DVD читает компакт-диски с такой же скоростью, что и дисковод 32x CD-ROM. Скорости чтения компакт-дисков для большинства накопителей DVD взяты из спецификаций. Производительность некоторых накопителей благодаря использованию конструкции PCAV (Partial CAV) может превышать значения, указанные в таблице.

Прямой доступ к памяти

В настоящее время практически во всех компьютерах устанавливается контроллер, использующий режимы прямого доступа к памяти DMA или Ultra-DMA, позволяющие повысить быстродействие и снизить нагрузку на процессор.

Практически все современные накопители с интерфейсом PATA поддерживают передачу данных непосредственно в память. Чтобы определить, имеется ли в системе поддержка прямого доступа к памяти, откройте диспетчер устройств.

Щелкните на значке + около элемента Контроллеры IDE ATA/ATAPI. В некоторых старых системах эти слова могут быть дополнены словом "шина". Если присутствует элемент Bus Master IDE (управление шиной), вероятнее всего, поддержку DMA можно включить.

Затем дважды щелкните на элементе соответствующего канала IDE (на котором установлено устройство), включите во вкладке Дополнительные параметры режим передачи DMA и щелкните на кнопке OK. (В зависимости от версии Windows включать режим DMA нужно в свойствах не канала IDE, а самого устройства.)

Примечание

Если включение этого параметра привело к "зависанию" компьютера, перезагрузите его в режиме защиты от сбоев (Safe Mode) и сбросьте флажок DMA (Ultra-DMA).

Кроме того, если накопитель имеет параллельный интерфейс ATA, который поддерживает любые режимы Ultra-DMA (называемые также Ultra-ATA), необходимо заменить все кабели ATA 80-жильными. Не забывайте также, что в соответствии со стандартом ATA длина используемого кабеля не должна превышать 18 дюймов. Применение 80-жильных кабелей предотвращает искажение сигнала и появление шумов, характерных при использовании стандартного 40-жильного кабеля в режиме Ultra-DMA. Если 80-жильный кабель не обнаруживается системой, то накопители и системные платы могут работать только в режимах Ultra-DMA, быстродействие которых не превышает 33 Мбайт/с. Следует заметить, что данное правило не распространяется на современные накопители Serial ATA (SATA).

В зависимости от версии Windows и даты выпуска набора микросхем системной логики достаточно установить современный драйвер набора микросхем, и Windows включит поддержку режима DMA. Все наборы микросхем, произведенные с 1995 года, поддерживают управление шиной. Кроме того, большинство наборов микросхем, выпущенных с 1997 года, поддерживают режим UltraDMA со скоростью до 133 Мбайт/с. Необходимо убедиться в том, что режим DMA активизирован; это позволит, в частности, существенно повысить производительность накопителей DVD.

Интерфейс

Под *интерфейсом* накопителя понимается его физическое соединение с шиной расширения. Поскольку интерфейс — это канал, с помощью которого данные передаются от накопителя к компьютеру, его значение чрезвычайно велико. Для подключения накопителя CD/DVD к компьютеру используются следующие типы интерфейсов.

- **SATA (Serial ATA).** Это тот самый интерфейс, который в современных компьютерах используется для подключения жесткого диска. В большинстве систем предполагается поддержка хотя бы одного канала ATA/ATAPI и шести и более каналов SATA. По этой причине многие производители перезаписывающих устройств DVD предлагают их SATA-версии. Ожидается, что в течение нескольких лет интерфейс и устройства SATA полностью вытеснят ATA/ATAPI с рынка.

  Если сравнить аналогичные приводы пишущих DVD с интерфейсами ATA/ATAPI и SATA, последние не выигрывают в быстродействии, однако установить их значительно проще, поскольку не нужно переставлять перемычки ведущего/ведомого устройства.

- **PATA (Parallel AT Attachment).** Интерфейс PATA использовался в старых компьютерах для подключения жестких дисков. Иногда этот интерфейс называют ATA (AT Attachment) или IDE (Integrated Drive Electronics).
- **Порт USB.** Интерфейс USB уже давно доказал свою гибкость и сегодня используется для подключения самых разнообразных устройств, от клавиатуры до внешних дисков и приводов CD/DVD.
- **FireWire (IEEE-1394).** На рынке существуют также внешние дисководы CD/DVD с интерфейсом FireWire (он же — IEEE 1394 или iLink) вместо интерфейса USB (или в дополнение к нему).

Некоторые старые накопители также выпускались с интерфейсом SCSI/ASPI (Small Computer System Interface/Advanced SCSI Programming Interface) и даже с параллельным интерфейсом принтера (LPT), однако сейчас подобные устройства практически не встречаются.

Механизм загрузки

Существуют три принципиально разных механизма загрузки компакт-дисков: контейнеры, выдвижные лотки и механизмы автозагрузки.

В большинстве обычных накопителей CD/DVD (независимо от типа интерфейса) для установки диска используются *выдвижные лотки*. Поскольку диски не нужно укладывать в отдельные контейнеры, механизм загрузки получается более дешевым. Правда, каждый раз при установке новый диск необходимо брать в руки, что повышает риск испачкать его или поцарапать.

Некоторые устройства с лотками не могут быть установлены вертикально — диск просто выпадает из предназначенного для него углубления. Перед покупкой привода посмотрите, содержит ли лоток небольшие выступы, фиксирующие положение диска; если содержит, можете смело переворачивать системный блок.

Основным преимуществом выдвижных лотков, которое выделяет их из числа других механизмов, является их низкая стоимость, что немаловажно. Большинство приводов, выпускаемых в настоящее время, оснащено выдвижными лотками.

Когда-то этот механизм загрузки дисков использовался в большинстве высококачественных накопителей на компакт-дисках, а также в дисководах CD-R и DVD-RAM. Диск устанавливается в специальный, плотно закрывающийся *контейнер* с подвижной металлической заслонкой. У него есть крышка, которую откидывают исключительно для того, чтобы поместить диск в контейнер или вынуть его; все остальное время крышка остается закрытой. При установке контейнера в накопитель металлическая заслонка специальным механизмом сдвигается в сторону, открывая лазерному лучу доступ к поверхности компакт-диска.

Недостаток контейнеров — их высокая стоимость. К накопителю прилагается только один контейнер, и я не раз встречал пользователей, которые никак не могли понять, что одного контейнера им явно недостаточно. После 1994 года популярность накопителей с контейнерами быстро пошла на спад.

В некоторых накопителях используется “щелевой” механизм подачи диска, подобный тому, который применяется в автомобильных проигрывателях. Это очень удобно — вы чуть-чуть вставляете диск в “щель”, а механизм загрузки автоматически втягивает его внутрь накопителя. Некоторые накопители позволяют загрузить таким образом несколько дисков, среди которых можно выбрать необходимый.

Основной недостаток данного механизма загрузки состоит в том, что если диск застрянет, то извлечь его будет довольно сложно. Кроме того, в нем нельзя использовать диски нестандартных формфакторов и форм (в том числе диски диаметром 80 мм и типа DualDisc).

Другие особенности накопителей на компакт-дисках

Безусловно, достоинства устройств в первую очередь определяются их техническими характеристиками, но существуют и другие немаловажные факторы. Помимо качества конструкции и надежности, при выборе накопителя необходимо учитывать и другие его свойства.

Главные враги устройств на компакт-дисках — пыль и грязь. Их попадание в оптическое устройство или в механизм приводит к ошибкам считывания данных, в лучшем случае — к снижению быстродействия. В одних накопителях линзы и прочие ответственные узлы располагаются в отдельных герметизированных отсеках, в других для предотвращения попадания пыли внутрь накопителя используются своеобразные "шлюзы" из двух заслонок (внешней и внутренней). Все эти меры позволяют продлить срок службы устройства.

Существуют также модели герметичных накопителей, в которых воздушный поток не проходит через камеру, где расположены линза и лазер. Такие модели наиболее оптимальны для работы в производственных и прочих запыленных помещениях. В обычных условиях (т.е. дома или в офисе) дополнительные затраты себя не оправдывают.

Для определения степени пылезащищенности устройства лучше обратиться в раздел вопросов и ответов сайта производителя, так как подобные вопросы не всегда освещаются в документации.

Если линзы лазерного устройства загрязнены, считывание данных замедляется, поскольку очень много времени уходит на повторные операции поиска и чтения (в худшем случае данные могут вообще не считываться). В подобной ситуации следует использовать специальные чистящие диски. Некоторые современные высококачественные модели накопителей имеют встроенное устройство очистки линз. Оно оказывается весьма полезным, когда компьютер работает в сложных внешних условиях или когда пользователь не может содержать свое рабочее место в чистоте. Можно очистить линзы вручную, но не забывайте, что это весьма деликатная операция, требующая частичной разборки накопителя. Кроме того, если приложить слишком большое усилие, можно повредить хрупкий механизм. Опасность слишком велика, поэтому лучше не заниматься разборкой накопителя и очисткой лазерной линзы самостоятельно.

Примечание

При использовании чистящего диска обязательно поищите в инструкции рекомендации производителя относительно этой операции. Некоторые изготовители вообще не рекомендуют использовать чистящие диски, поскольку ворс способен поцарапать линзы.

Программное обеспечение для записи

Еще одна сложность, связанная с оптическими дисками, состоит в том, что для записи на них данных требуется специальное программное обеспечение. Подобные программы учитывают все различия в форме, в которой данные хранятся на оптических и жестких дисках. Windows XP была первой версией Windows, которая поддерживала запись данных на носители CD-R/RW (Windows 7/Vista также поддерживает запись данных и на носители DVD+R/RW и DVD-R/RW). Предыдущие версии Windows требовали использования специального программного обеспечения для пакетной записи или записи данных методом перетаскивания на оптические носители (часто подобные программы поставляются вместе с накопителями).

К сожалению, встроенные в Windows средства записи достаточно медлительны и малофункциональны. Скорее всего, вы предпочтете использовать отдельну программу для записи данных на оптические диски. Среди наиболее популярных — бесплатная программа ImgBurn, а также коммерческие приложения Nero и Roxio Media Creator.

Обеспечение надежности записи компакт-дисков

На возможность создания рабочего CD-R влияют пять важных факторов: тип интерфейса, размер буфера устройства, местонахождение и состояние данных, подлежащих записи, скорость записи, а также то, выполняет ли компьютер во время записи какие-либо другие задачи. Буфер данных накопителя используется для хранения информации, полученной от источника, что снижает вероятность потери данных при возникновении паузы в чтении данных.

Новые модели накопителей поддерживают технологию защиты от опустошения буфера, поэтому объем буфера уже не имеет большого значения. Некоторые программы создания CD и DVD могут предложить параметр отключения защиты от опустошения буфера. Рекомендуется никогда не отключать эту функцию, за исключением случаев, когда старое устройство ее не поддерживает.

Совет

Если возникли проблемы с надежностью записи данных на CD-R при использовании максимальной скорости данных, попробуйте использовать меньшую скорость. Конечно, время записи увеличится вдвое, однако при этом будет создан действительно качественный диск.

Опустошение буфера

Независимо от того, в каком режиме (Disk At Once или Track At Once) происходит прожиг диска, данные записываются на спиральную дорожку носителя CD-R/RW, образуя определенный рисунок на ее поверхности. Накопитель, в отличие от жесткого диска, не может определить, в каком месте начинается и заканчивается запись, поэтому процесс записи данных продолжается до конца диска или дорожки. В противном случае может произойти повреждение записи (и диска, если это CD-R). Это означает, что программное обеспечение, используемое для записи компакт-дисков, а также аппаратные компоненты должны обеспечить непрерывный поток данных, идущий к накопителю во время записи диска. Для этого записывающее программное обеспечение использует буфер, который создается на жестком диске для временного хранения данных, посылаемых в накопитель.

Производители приводов CD-RW встраивают в них довольно большой буфер (до 8 Мбайт), а программы обычно предупреждают пользователей об опасности работы с другими программами во время записи диска. Однако, несмотря на все это, опустошение буфера случается довольно часто.

Защита от опустошения буфера

Компания Sanyo первой разработала технологию BURN-Proof, которая позволила раз и навсегда покончить с недогрузкой буфера. Несмотря на то что название этой технологии ассоциируется у многих пользователей с защитой от "выжигания" (т.е. записи) диска (из-за слова "burn"), на самом деле она расшифровывается как *защита от опустошения буфера* (Buffer UnderRuN Proof). Практические испытания доказали ее высокую эффективность и надежность. Другими производителями были разработаны аналогичные технологии, к числу которых относятся JustLink от Ricoh, Superlink от Mediatek и др. Уже несколько лет все выпускаемые устройства CD-RW, DVD-ROM/CD-RW и перезаписывающие DVD оснащаются каким-либо механизмом защиты от опустошения буфера. Технология защиты от опустошения буфера реализована с помощью специального набора микросхем, посредством которого осуществляется текущий контроль буфера накопителя. При возникновении опасности недогрузки буфера операция записи приостанавливается до тех пор, пока данные не заполнят буфер. После наполнения буфера накопитель определяет место, где была прервана запись, и возобновляет ее непосредственно с той же позиции.

В соответствии с требованиями спецификации Orange Book промежуток между данными, записанными на компакт-диске, не должен превышать 100 мс (миллисекунд). При использовании технологии защиты от недогрузки промежуток между возобновленными записями не превышает 40–45 мс, что соответствует указанным требованиям. Эти промежутки легко компенсируются кодом коррекции ошибок, встраиваемым в запись, поэтому потери данных не происходит.

Следует заметить, что данная технология должна поддерживаться не только накопителем, но и используемым программным обеспечением. К счастью, все наиболее распространенные современные программы записи компакт-дисков поддерживают эту технологию.

Загрузка с гибкого диска с поддержкой накопителя CD/DVD

Несмотря на то что современные системы распространяются на загрузочных CD и DVD (среди прочих — Windows XP и Vista), загрузка с дискеты может понадобиться при необходимости восстановления системы из образа, созданного специальной утилитой, или для установки более старой операционной системы, такой как Windows 9x или Me. Если установка Windows 9x/Me выполняется в среде виртуальной машины, создаваемой такими программами, как Virtual PC и VMware, этот виртуальный компьютер придется загрузить с дискеты и установить драйверы CD-ROM, прежде чем появится возможность установить саму операционную систему.

Для того чтобы накопитель CD-ROM или DVD мог функционировать в качестве загрузочного устройства, понадобится несколько драйверов.

- **Драйвер хост-адаптера ATAPI.** Этот драйвер прилагается к системной плате; кроме того, можно использовать драйверы ATAPI или SCSI, представленные на загрузочных дисках Windows 98 и более поздних версий.
- **MSCDEX.** Расширения Microsoft CD Extensions, которые включены в DOS 6.0 и более поздние версии. Эти расширения также встроены в Windows 95 в качестве драйвера CDFS VxD.

Чтобы загрузить компьютер с дискеты, последняя должна содержать не только системные файлы операционной системы, но и все перечисленные драйверы; в противном случае накопитель CD-ROM будет недоступен.

Драйверы ATAPI и SCSI могут быть на загрузочном диске Windows 98 или более поздней версии. Вместо того чтобы создавать отредактированные файлы `CONFIG.SYS` и `AUTOEXEC.BAT`, лучше загрузите операционную систему с загрузочной дискеты Windows 98/Me, благодаря чему будут загружены все необходимые драйверы, автоматически определяющие накопители CD/DVD и обеспечивающие к ним доступ. Для создания загрузочного диска Windows 98/Me можно воспользоваться любым компьютером, на котором установлена операционная система Windows 98/Me. При отсутствии доступа к Windows 98/Me создайте такой загрузочный диск, обратившись на сайт `www.bootdisk.com`.

После загрузки с дискеты Windows 98/Me на экране отобразится меню, в котором запрашивается загрузка с поддержкой CD-ROM (DVD) или без нее. Если выбрать утвердительный ответ, то по завершении загрузки с дискеты пользователь сможет считать данные с любого диска в накопителе CD-ROM или DVD.

Использование накопителей CD-ROM или DVD-ROM, соответствующих спецификации ATAPI, не требует проведения каких-либо дополнительных операций. Все драйверы, поддерживающие накопители этого типа, в том числе драйверы ATAPI и CDFS VxD, встроены в Windows 9*x* и операционные системы более поздних версий.

Загрузочные компакт-диски и DVD — El Torito

Если системная BIOS датирована 1988 или более поздним годом, то существует вероятность, что она поддерживает стандарт *El Torito*. Это означает, что BIOS поддерживает загрузку с загрузочных компакт-дисков или DVD. Термин “El Torito”, взятый из спецификации “Phoenix/IBM Bootable CD-ROM Format Specification”, в действительности является названием ресторана, расположенного рядом с офисом Phoenix Software. В ресторане “El Torito” обычно обедали инженеры, которые занимались разработкой этого стандарта. Для пользователей ПК стандарт El Torito означает, в первую очередь, возможность загрузки с компакт-дисков и с DVD, что открывает ряд новых возможностей, к которым относятся создание загрузочных “аварийных” CD-ROM/DVD, загрузка с диска, содержащего новейшую версию операционной системы, при инсталляции последней в новых системах, создание загрузочных диагностических/тестовых компакт-дисков и многое другое.

Для создания загрузочного компакт-диска потребуется специальное программное обеспечение для записи CD/DVD. В некоторых случаях необходима также загрузочная дискета, содержащая драйверы, которые обеспечивают поддержку накопителя CD-ROM в режиме DOS (так называемые драйверы реального режима). Эти драйверы можно найти на загрузочной дискете Windows 98/Me, о создании которой речь шла в предыдущем разделе. Загрузочная дискета Windows 98/Me обеспечивает полноценную поддержку накопителей CD-ROM в DOS. При отсутствии операционной системы, которая позволила бы создать загрузочную дискету, обратитесь на сайт `www.bootdisk.com`.

Для создания загрузочного компакт-диска или DVD необходимо выполнить все инструкции, прилагаемые к программе для записи CD-ROM/DVD. Благодаря таким программам, как Easy Media Creator от компании Roxio и Nero от Nero AG, процесс записи диска превращается в сравнительно простую процедуру.

LightScribe и LabelFlash

Существуют две популярные системы непосредственной маркировки оптических дисков. Система непосредственной маркировки компакт-дисков CD (и впоследствии DVD) *LightScribe* была разработана компанией Hewlett-Packard в 2005 году для того, чтобы избежать необходимости печатать этикетки или использовать для этого специальные струйные принтеры.

Верхняя поверхность диска LightScribe покрыта специальным составом, меняющим цвет при взаимодействии с лазерным лучом. Таким образом, появилась возможность использования лазера для выжигания на этой поверхности текста и графики. После записи диска пользователь переворачивает его "вверх ногами" и снова вставляет в привод, после чего запускает специальную программу для перенесения созданного им изображения на верхнюю поверхность диска. Во избежание повреждения поверхности диски LightScribe должны храниться в специальных светонепроницаемых коробках.

Альтернативная технология с названием LabelFlash была предложена в октябре 2005 года компаниями Yamaha и Fujifilm. LabelFlash основана на технологии DiscT@2 (что расшифровывается как "татуировка диска"), изначально создававшейся компанией Yamaha для нанесения текста и графики на неиспользуемую часть рабочей стороны CD-R. Однако с помощью LabelFlash можно наносить рисунок и на верхнюю часть диска, подобно LightScribe. Верхняя часть носителей LabelFlash сконструирована так, чтобы быть более стойкой к повреждениям и сделать возможным создание более качественных изображений, чем LightScribe. Дело в том, что записывающая поверхность диска LabelFlash находится на глубине 0,6 мм под поверхностью диска — на том же расстоянии, что и от противоположной его стороны.

Основной недостаток любой из этих систем состоит в том, что для создания надписи на одном диске может потребоваться до получаса времени, а то и больше. Еще один нестаток состоит в том, что для использования технологии LightScribe или LabelFlash необходимы специальные накопители, диски, а также программное обеспечение. Обновленный список продуктов с поддержкой соответствующей технологии можно найти на сайте LightScribe (`www.lightscribe.com`) или LabelFlash (`http://labelflash.jp`) соответственно.

Устранение проблем, связанных с оптическими накопителями

Ошибки при чтении CD/DVD

Если при чтении CD/DVD возникают ошибки, попробуйте сделать следующее:

- посмотрите, нет ли царапин на поверхности диска;
- очистите привод от грязи и пыли, при необходимости — с помощью чистящего диска;
- убедитесь, что устройство отображается как рабочее в свойствах системы;
- попробуйте прочитать заведомо рабочий диск;
- перезагрузите компьютер (это лекарство от всех болезней);

- удалите устройство в диспетчере устройств системы Windows и позвольте системе снова его обнаружить и переустановить драйверы.

Ошибки при чтении CD-R, CD-RW в накопителе CD-ROM или DVD-ROM

Для решения этой проблемы выполните следующие действия.

- Проверьте совместимость устройства и компакт-дисков. Некоторые очень старые приводы CD-ROM 1x не способны читать носители CD-R. Замените такой привод более новой, быстродействующей и дешевой моделью.
- Многие ранние приводы DVD не способны читать носители CD-R и CD-RW; ознакомьтесь с документацией.
- Устройства CD-ROM должны быть MultiRead-совместимыми, чтобы читать носители CD-RW с их пониженной отражающей способностью. Замените устройство.
- Если не могут быть прочитаны лишь некоторые CD-R, посмотрите на сочетание цветов поверхности носителя. Дело в том, что носители с одними комбинациями работают лучше других. Купите носитель другой торговой марки.
- Носители CD-R, записанные пакетным методом (программой DirectCD или другими средствами), могут не читаться под управлением операционных систем MS-DOS и Windows 3.1 ввиду ограничений последних.
- Запишите носитель на более медленной скорости. Впадины и площадки, записанные на высоких скоростях, иногда не могут быть прочитаны старыми устройствами.
- Если записанный пакетным способом CD-R не может быть прочитан на приводе CD-ROM, извлеките диск, вставьте его в устройство, на котором выполнялась запись, и закройте диск с помощью создавшей его программы, установив соответствующий флажок.
- Загрузите и установите на целевом компьютере программу чтения UDF, совместимую с программным обеспечением, используемым для записи CD-RW. Если не знаете, как записывался этот носитель, обратите внимание на универсальную программу чтения/восстановления носителей FixUDF!, разработанную компанией Software Architects. Эта программа также является одним из компонентов пакета WriteCD-RW!Pro. Кроме того, существует программа WriteDVD!Pro, включающая в себя аналогичную утилиту FixDVD! для чтения и восстановления DVD.

Ошибки при чтении перезаписываемых DVD с помощью проигрывателя или накопителя DVD-ROM

Если при чтении перезаписываемых DVD в накопителе DVD-ROM или DVD-проигрывателе возникают ошибки, попробуйте выполнить описанные ниже действия.

- Вставьте носитель DVD-RW в исходный накопитель и завершите запись. При использовании накопителей первого поколения (DVD-R 2x/DVD-RW 1x) дописывать какие-либо данные не следует, так как для этого придется удалить с диска все ранее записанные данные. Запись данных с помощью накопителей второго поколения (DVD-R 4x/DVD-RW 2x) может оставаться незавершенной. За более подробной информацией обратитесь к руководству по использованию программного обеспечения для записи DVD-RW или к справочному файлу.
- Вставьте носитель DVD+RW в исходный накопитель и измените параметры совместимости для эмуляции DVD-ROM. Подробности см. в разделе “Режим совместимости DVD+RW”.
- Если диск двухслойный, запишите только один слой и повторите чтение. Некоторые приводы DVD-ROM не способны читать двухслойные диски.

- Убедитесь, что носитель содержит более 521 Мбайт данных. Некоторые накопители не могут читать диски, содержащие меньший объем данных.

Ошибки при записи DVD

Если накопитель может использоваться с носителями CD-R, CD-RW или перезаписываемыми DVD, но не позволяет записывать DVD, попробуйте выполнить следующие действия.

- Проверьте тип носителя: например, носители +R и -R могут быть взаимозаменяемыми только в том случае, если привод является двухрежимным накопителем DVD±R/RW.
- Убедитесь, что в используемом программном обеспечении выбран параметр записи DVD; в некоторых программах записи CD-ROM/DVD по умолчанию указаны параметры настройки CD-R.
- Выберите подходящий целевой накопитель; если в системе имеются перезаписывающие накопители обоих типов (DVD и CD), то для записи дисков лучше использовать DVD.
- Воспользуйтесь другим диском.
- Обратитесь к разработчику программы записи дисков, чтобы получить ее новую версию.

Ошибки при записи носителей CD-RW и DVD-RW 1x

Если не удается записать данные на CD-RW или DVD-RW 1x, попробуйте выполнить следующее.

- Проверьте, отформатирован ли носитель; чтобы подготовить носитель к записи, воспользуйтесь инструментом форматирования, входящим в программное обеспечение с поддержкой UDF.
- Если носитель отформатирован, убедитесь в том, что для его форматирования была использована такая же или совместимая программа UDF. Разные программы пакетной записи могут поддерживать различные стандарты UDF; рекомендуется использовать точно такую же программу пакетной записи или накопители, поддерживающие стандарт Mount Rainier.
- Убедитесь в том, что система идентифицировала носитель как CD-RW или DVD-RW; для выполнения повторной идентификации носителя извлеките его из накопителя, а затем вставьте обратно.
- Обратитесь к разработчику программы пакетной записи данных для получения ее новой версии.
- Для форматирования диска могла быть использована не программа пакетной записи с поддержкой UDF, а упрощенная программа записи, входящая в Windows XP (использующая CDFS вместо UDF). Сохраните все необходимые файлы, которые находятся на диске, записанном в Windows XP, а затем отформатируйте диск еще раз в подходящей программе.
- Обратитесь к изготовителю дисковода за обновленной версией прошивки. Более подробно эта операция описана ниже.

Накопитель CD-ROM/DVD с интерфейсом ATAPI работает медленно

Для устранения этой проблемы выполните следующее.

- Проверьте размер кэша во вкладке Быстродействие панели Свойства системы. Выберите значение квадратичной скорости (наибольший размер кэша).
- Проверьте, настроено ли устройство в качестве ведомого; по возможности установите его на отдельный канал IDE.

- Проверьте режимы PIO и UDMA в параметрах системной BIOS; по возможности используйте автоматическое определение параметров.
- Установите необходимые драйверы для устройств, поддерживающих режим управления шиной, и активизируйте прямой доступ к памяти (если устройство поддерживает этот режим).
- Проверьте, не подключен ли накопитель CD-ROM к интерфейсу IDE звуковой платы. Если подключен, переключите его в разъем материнской платы и отключите контроллер ATA звукового адаптера (если это возможно).
- Откройте в Windows панель свойств системы и проверьте, не установлен ли режим совместимости с MS-DOS для устройства CD-ROM. Если все устройства ATA работают в этом режиме, обратитесь за решением на сайт `www.microsoft.com` и выполните запрос по фразе "MS-DOS Compatibility Mode". Если в этом режиме работает только устройство CD-ROM, посмотрите, не устанавливаются ли драйверы CD-ROM в файлах CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT. При необходимости удалите из этих файлов соответствующие строки (а лучше закомментируйте их с помощью ключевого слова `REM`). После этого перезагрузите систему и проверьте, продолжает ли работать устройство и находится ли оно в 32-разрядном режиме. Некоторые старые приводы требуют установки драйвера в файле CONFIG.SYS.

Невозможно использовать устройство CD или DVD либо выполнять запись на носитель в Windows

В Windows XP встроена функция записи на компакт-диски, но только для устройств, перечисленных в списке поддерживаемых устройств Windows Hardware Compatibility List:

`http://www.microsoft.com/whdc/hcl/default.mspx`

Обновите Windows XP для того, чтобы включить поддержку новых устройств. В статье 320174 базы знаний Microsoft обсуждается вопрос обновления средств записи на компакт-диски. Можете поискать на сайте Microsoft и другие решения.

При использовании сторонних программ записи на оптические CD и DVD лучше отключить встроенные функции записи Windows XP или Vista. Эта функция включается и отключается с помощью Проводника Windows. Откройте вкладку Запись окна свойств устройства и снимите или установите флажок Разрешить запись на этом устройстве (в зависимости от своих намерений).

При наличии каких-либо проблем с записью на носители CD/DVD в Windows обратитесь за советом к статье 314060 базы знаний Microsoft.

Совет

Если не можете выполнить запись на оптический диск в Windows Vista и при этом к порту USB подключена флеш-карта, извлеките его и повторите запись.

Ошибки при чтении CD-RW с помощью накопителя CD-ROM

Если не удается прочесть CD-RW с помощью накопителя CD-ROM, выполните следующие действия.

- Проверьте по спецификациям изготовителя, отвечает ли дисковод CD-ROM требованиям стандарта MultiRead, так как не все накопители поддерживают этот стандарт.
- Если накопитель является MultiRead-совместимым, проверьте CD-RW на другом приводе CD-ROM, поддерживающем функцию MultiRead.
- Вставьте носитель CD-RW в исходный накопитель и выполните его диагностику, используя соответствующие утилиты, входящие в программу пакетной записи.

- Вставьте носитель CD-RW в исходный накопитель, щелкните правой кнопкой мыши на пиктограмме привода в Проводнике Windows и выберите команду Извлечь (Eject); благодаря этому работа с диском будет завершена должным образом.
- Чтобы перенести в компьютер данные, которые находятся на нечитаемом перезаписываемом диске, перепишите их на CD-R или DVD-R.

Проблемы с чтением CD-R с помощью накопителя DVD

Если ваш накопитель DVD не может прочитать CD-R, убедитесь в том, что накопитель совместим со спецификацией MultiRead2, поскольку несовместимые накопители DVD не поддерживают чтение данных с CD-R. Новые модели накопителей DVD, как правило, никаких проблем с чтением данных с носителей CD-R не имеют.

Проблемы с загрузочным диском

Если при создании загрузочного диска возникли проблемы, попробуйте выполнить следующее.

- Проверьте содержимое загрузочной дискеты и ее целостность. Для доступа к содержимому оптических дисков загрузочный диск должен содержать файлы `AUTOEXEC.BAT` и `CONFIG.SYS` со ссылками на драйверы.
- Используйте только формат ISO 9660; несмотря на то, что формат Joliet поддерживает длинные имена файлов, он не поддерживает загрузочные функции.
- Проверьте в настройках BIOS порядок загрузки вашей системы; привод оптических дисков должен быть первым.
- Устройства SCSI должны поддерживать загрузку на уровне собственной и системной BIOS.

Уход за оптическими носителями

Некоторые пользователи считают, что диски и приводы CD-ROM так же устойчивы к повреждениям, как магнитные накопители. На самом деле компакт-диск гораздо менее надежен, чем жесткий диск. Этот недостаток присущ всем переносным накопителям, и CD-ROM/DVD-ROM не является исключением.

Чаще всего проблемы, связанные с дисками и приводами CD-ROM, бывают вызваны царапинами и загрязнением. Небольшие царапины и отпечатки пальцев на нижней стороне компакт-диска, возможно, не принесут серьезного вреда, поскольку лазер фокусируется на точке внутри диска, но грязь и глубокие царапины могут вызвать проблемы (диск может просто не читаться).

Для очистки диска от пыли и других загрязнений необходимо использовать очень мягкую ткань, чтобы не поцарапать его. Лучше всего протирать компакт-диск от центра к краям, так как царапины, перпендикулярные дорожкам, наносят меньше вреда. Большинство средств для мытья окон идеально подходят для удаления грязи и отпечатков пальцев с диска и не повреждают пластик. Даже глубокие царапины чаще всего можно отполировать. Рекомендую использовать очистители для пластика, которые продаются в магазинах автозапчастей и предназначены для очистки наборов пластиковых инструментов и линз задних фар. Этот тип очистителей, или полировщиков, имеет очень мягкий абразив и хорошо полирует пластиковую поверхность. Обычные *очистители* рассчитаны на устранение более глубоких царапин, а *полировщики* применяются после очистителя и могут устранить только совсем неглубокие царапины. Поэтому обычные очистители и полировщики не подходят для очистки компакт-дисков.

Большинство пользователей достаточно осторожно относятся к нижней части диска, поскольку лазер считывает данные именно оттуда. Но не забывайте о том, что верхняя часть более уязвима! Это связано с тем, что она покрыта слоем лака, толщина которого достигает всего 6-7 мкм (0,24–0,28 тысячных дюйма). Шариковая ручка, например, может продавить лако-

вое покрытие и повредить нижележащий отражающий слой, что приведет к повреждению диска. Не забывайте также о том, что некоторые маркеры содержат растворитель, который может проесть лаковый слой. Поэтому используйте только фломастеры, имеющие специальные чернила, или маркеры Sharpie и Staedtler Lumocolor, которые предназначены для выполнения записей на компакт-дисках. В любом случае не забывайте о том, что царапины или вдавливания на верхней части диска более опасны, чем на нижней.

Ошибки чтения также могут возникать, если засорилась линза накопителя CD-ROM. Можно попробовать очистить накопитель потоком воздуха или использовать специальное средство для очистки, которое продается в специализированных магазинах.

Если возникают проблемы при считывании данных с носителя на старом устройстве, а программные обновления для него уже не выпускаются, подумайте о модернизации привода. В наше время, когда высокоскоростные приводы CD/DVD с возможностью записи по стоимости не превышают полусотни долларов, не имеет смысла тратить время на поиск решения проблем совместимости со старым устройством. В любом случае замена устройства новым обойдется дешевле, чем ремонт.

Если проблемы возникают только при работе с дисками конкретного типа или производителя, возможно, выбор торговой марки был не очень удачным. Посмотрите в документации или на сайте изготовителя привода, какие типы и марки дисков он рекомендует.

Когда проблемы возникают только при воспроизведении данных с конкретного диска, их причиной, вероятно, является не накопитель, а некачественный диск. Чтобы узнать, насколько справедливо это предположение, замените диск и посмотрите, возникнут ли какие-нибудь проблемы в этом случае.

Обновление прошивки перезаписывающих накопителей CD/DVD

Как уже отмечалось, обновление системной BIOS позволяет решить проблемы, связанные с несовместимостью памяти и процессора, отсутствием портов USB и общей нестабильностью системы. Обновление прошивки оптических накопителей также дает возможность избежать неприятностей, связанных с совместимостью носителей, скоростью записи, воспроизведением цифровых аудиоданных с поцарапанных дисков, и даже позволяет предотвратить фатальные последствия неправильного подбора носителей и накопителей.

Определение потребности в обновлении прошивки

Обновление прошивки может потребоваться в том случае, если вы столкнулись с одной из таких проблем:

- накопитель не поддерживает диски определенного типа или обрабатывает их значительно медленнее, чем диски других типов или торговых марок;
- программное обеспечение для записи дисков не идентифицирует накопитель как перезаписывающее устройство;
- появилась необходимость в использовании носителей, имеющих более высокую скорость по сравнению с теми, для использования которых этот накопитель был предназначен.

Обновление прошивки может вывести накопитель из строя, поэтому не следует устанавливать обновленные версии без особой необходимости. Тем не менее, как следует из ранее приведенных примеров, рано или поздно это придется сделать.

Поскольку в настоящее время каждый накопитель CD/DVD с возможностью перезаписи дисков имеет особые характеристики, программы записи компакт-дисков или DVD, которые предлагаются в розничной продаже, должны иметь обновления, соответствующие конкретным моделям. Обращайтесь за обновленными версиями к разработчикам программного обеспечения или пользуйтесь программами, которые прилагаются к накопителю.

Определение модели накопителя и версии установленной прошивки

Для того чтобы узнать, существует ли потребность в обновлении прошивки, прежде всего необходимо определить модель накопителя и версию обновления. Это особенно важно в тех ситуациях, когда накопитель, представляющий собой OEM-устройство, был изготовлен одной компанией, а подготовлен к продаже другой.

В диспетчере устройств выполните следующие действия.

1. Щелкните правой кнопкой мыши на пиктограмме Мой компьютер (Компьютер) и выберите в контекстном меню пункт Свойства (Properties).
2. Перейдите к вкладке Оборудование и щелкните на кнопке Диспетчер устройств.
3. Щелкните на значке +, который находится рядом с пиктограммой DVD и CD-ROM дисководы в списке категорий устройств.
4. Чтобы отобразить перечень свойств, дважды щелкните на пиктограмме соответствующего накопителя.
5. В старых версиях Windows щелкните на вкладке Настройки — в ней будет указана версия прошивки.
6. В Windows XP и более новой версии перейдите к вкладке Сведения и выберите в раскрывающемся списке пункт Коды оборудования. В открывшемся списке будет перечислено несколько идентификаторов, справа от которых через символы подчеркивания будет указана версия прошивки. К примеру, версия прошивки моего привода Lite-On SHW-160P6S DVD отображается как `____PS08__`. Это значит, что текущая версия — PS08.

После получения информации обратитесь на сайт компании — изготовителя перезаписывающего устройства и узнайте, какие версии обновления прошивки существуют в настоящее время и какие преимущества можно получить после инсталляции последней версии.

Обновление прошивки

В общем случае обновление прошивки происходит примерно так, как описано в данном разделе, но лучше все-таки воспользоваться инструкциями, которые прилагаются к накопителю.

1. Если обновление прошивки представлено в виде заархивированного файла, созданного, например, с помощью архиватора ZIP, потребуется соответствующая программа или утилита, встроенная в некоторые версии Windows, с помощью которой можно разархивировать файл и поместить его содержимое в определенный каталог. Некоторые производители помещают обновления в архив RAR. Такие архивы можно открыть с помощью множества утилит для Windows, в частности WinRAR.
2. Для того чтобы получить подробные инструкции, прочитайте файл `Readme`, который обычно прилагается к программному обеспечению. Если обновление представлено в виде файла с расширением `.EXE`, то файл `Readme`, вероятно, будет доступен после выполнения следующего пункта.
3. Чтобы начать процесс обновления, дважды щелкните на файле с расширением `.EXE`. Постарайтесь обеспечить систему во время обновления прошивки (2-3 минуты) стабильным энергоснабжением.
4. Выполнив все необходимые действия, перезагрузите систему.
5. После перезагрузки система может перенастроить накопитель и присвоить ему следующее буквенное обозначение. Если ранее накопитель имел какое-нибудь нестандартное обозначение (например, в моей организации на одном из компьютеров накопителю CD-RW было дано обозначение `Q:`, а накопителю DVD+RW — `R:`), дайте ему другое обозначение, используя для этого Диспетчер устройств или консоль Управление компьютером системы Windows.

Проблемы, возникающие при обновлении прошивки

Если при обновлении прошивки перезаписывающего накопителя возникают какие-либо проблемы, воспользуйтесь файлом `Readme` или обратитесь за помощью на сайт изготовителя накопителя. Если после инсталляции прошивки накопитель вышел из строя, это связано, по всей видимости, с конфликтом программ, управляющих работой устройства. К их числу относятся программы пакетной записи (InCD, DirectCD) и функция записи компакт-дисков, встроенная в Windows XP. Для того чтобы отключить резидентное программное обеспечение, перезагрузите компьютер в безопасном режиме и попробуйте еще раз установить обновленную версию прошивки. По завершении этой операции не забудьте перезагрузить компьютер.

ГЛАВА

12

Видеоадаптеры и мониторы

Технологии отображения информации

Монитор является жизненно важным посредником в обмене информацией между человеком и компьютером, таким же, как клавиатура и мышь. Однако появился он позже других устройств. До появления первых мониторов с электронно-лучевыми трубками стандартным интерфейсом служил телетайп — громоздкая и очень шумная машина, печатающая на рулоне бумаги вводимую и выводимую информацию. В первых персональных компьютерах для отображения выводимой информации часто использовались светодиодные экраны.

Первые компьютерные мониторы были крайне примитивны; текст отображался только в одном цвете (как правило, в зеленом), однако в те годы это было важнейшим технологическим прорывом, поскольку пользователи получили возможность вводить и выводить данные в режиме реального времени. Затем появились цветные мониторы, увеличился размер экрана и жидкокристаллические панели перекочевали из портативных компьютеров на рабочие столы пользователей. Последние тенденции — крупноформатные плазменные дисплеи и LCD/DLP-проекторы — полностью отражают все возрастающую конвергенцию компьютерных технологий и сферы развлечения.

В наши дни компьютерные мониторы достигли высшей ступени развития, что не избавляет пользователя от необходимости разбираться в аппаратном обеспечении. Медленный видеоадаптер может затормозить работу даже самого быстрого компьютера. А неправильное сочетание монитора и видеоадаптера не только не позволит полноценно выполнять поставленные задачи, но и может привести к ухудшению зрения.

Система отображения компьютера состоит из двух главных компонентов.

- **Монитор (дисплей)** обычно представляет собой жидкокристаллический экран или переднюю панель электронно-лучевой трубки, но может быть и широкоформатным телевизором, плазменной панелью и проектором, использующими технологии LCD и DLP.
- **Видеоадаптер (графический адаптер или видеокарта)** в большинстве систем представляет собой карту расширения, вставляемую в один из разъемов материнской платы.

В некоторых системах он интегрирован в саму системную плату или в ее набор микросхем системной логики, однако и такие компьютеры можно дополнить обособленным и более производительным видеоадаптером AGP, PCI или PCI Express.

В этой главе рассматриваются видеоадаптеры, используемые в PC-совместимых компьютерах, и мониторы, которые могут к ним подключаться.

Примечание

Термин *видео* не обязательно означает именно изображение, движущееся на экране, подобном телевизионному. Все адаптеры, передающие сигналы монитору или другому устройству, называются видеоадаптерами (или графическими адаптерами) независимо от их назначения: они могут использоваться как в приложениях с движущимися изображениями наподобие мультимедийных программ, так и для видеоконференций. Поэтому видеокарты более уместно было бы называть *графическими адаптерами*.

Видеоадаптеры

Видеоадаптер обеспечивает интерфейс между компьютером и монитором, передавая сигналы, которые превращаются в изображение, которое мы видим на экране. На протяжении всей истории ПК было разработано несколько удачных стандартов, каждый последующий из которых обеспечивал более высокие разрешение и глубину цвета. Наиболее значимые стандарты видеоадаптеров перечислены ниже:

- MDA (Monochrome Display Adapter);
- HGC (Hercules Graphics Card);
- CGA (Color Graphics Adapter);
- EGA (Enhanced Graphics Adapter);
- VGA (Video Graphics Array);
- SVGA (Super VGA);
- XGA (eXtended Graphics Array);
- UGA (Ultra Video Graphics Array).

Большинство этих стандартов было изначально разработано компанией IBM и затем лицензировано другими производителями. В настоящее время IBM уступила пальму первенства в производстве высококачественных мониторов другим компаниям, а большая часть приведенных стандартов безнадежно устарела. Единственным исключением является VGA; этой аббревиатурой обозначают базовые возможности монитора, используемые практически любым видеоадаптером.

Современные VGA-адаптеры способны отображать интерфейс программ, написанных для CGA, EGA и других устаревших стандартов. Это позволяет использовать старые программы (такие, как игры и образовательные программы) даже на современном ПК. Однако следует иметь в виду, что некоторые программы запустить не удается, так как они обращаются к регистрам, которые не поддерживаются современными видеоадаптерами.

Типы видеоадаптеров

Для любого монитора необходим источник сигнала. Сигналы поступают в монитор от видеоадаптера, установленного в компьютере.

Существуют три способа подключения к системному блоку ЭЛТ- или жидкокристаллических мониторов.

- **Дискретные видеоадаптеры.** В данном случае предполагается использование отдельных плат расширения. При этом обеспечивается наивысшее быстродействие, большой объем памяти, а также поддержка наибольшего количества функций.

- **Графический процессор, интегрированный на системной плате.** Быстродействие чаще всего оказывается ниже, чем при использовании плат расширения, преимущественно по причине использования устаревших решений. Хотя подобные решения часто поддерживались системными платами LPX, в современных системах они практически не используются. Даже ноутбуки средней и высшей ценовых категорий оснащены дискретными графическими адаптерами.
- **Набор микросхем с интегрированным графическим ядром.** Это наиболее доступные по цене решения, однако их быстродействие очень низко, особенно при запуске трехмерных игр и других приложений, интенсивно использующих графику. При этом также обеспечиваются меньшие значения разрешения и частот обновления, чем при использовании плат расширения. Наиболее часто интегрированные наборы микросхем реализованы в бюджетных моделях ноутбуков, а также в некоторых их моделях среднего ценового диапазона.

Термин *видеоадаптер* применим как к интегрированным, так и к обособленным решениям. Термины *графический адаптер* и *видеоадаптер* полностью взаимозаменяемы, поскольку все видеокарты, начиная с разработанного компанией IBM монохромного адаптера MDA, поддерживают отображение и графики, и текста.

Системные платы с интегрированным графическим ядром

На протяжении целого ряда лет встроенная графическая система была одним из характерных элементов недорогих компьютеров. Вплоть до недавнего времени большинство стандартных компонентов графической системы переносились непосредственно на системную плату. Во многих недорогих системах, в частности созданных на основе системных плат формфактора LPX, стандартные видеосхемы типа VGA были включены в системную плату. Рабочие характеристики и возможности встроенной видеосистемы лишь немногим отличаются от свойственных платам расширений, использующих те же или подобные наборы микросхем. Кроме того, в большинстве случаев встроенную видеосистему можно с успехом заменить видеоадаптером.

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к интегрированию акселераторов трехмерной графики в наборы микросхем системной логики материнских плат. Таким образом, набор микросхем вобрал в себя функции большинства компонентов обособленных графических адаптеров, используя при этом часть основной памяти в качестве видеопамяти. Такую архитектуру использования памяти часто называют *унифицированной архитектурой памяти* (UMA). Несмотря на то что этот метод используется и некоторыми микросхемами видеоадаптеров, наибольшее распространение он получил среди наборов микросхем, интегрированных в материнскую плату.

Компания Silicon Integrated Systems (SiS) первой представила наборы микросхем с интегрированной графикой в 1996 и 1997 годах; это были наборы микросхем SiS5510 и SiS5596 для портативных и настольных систем соотвественно. В 1997 году компанией Cyrix Semiconductor (ныне — VIA Technologies) был разработан набор из двух микросхем, получивший название MediaGX. Он объединил в себе функции процессора, контроллера памяти, обработки звука и графики, что позволило значительно уменьшить стоимость выпускаемых компьютеров (правда, их производительность была гораздо ниже, чем систем класса Pentium с аналогичными тактовыми частотами). Компании National Semiconductor и впоследствии AMD разработали усовершенствованную версию MediaGX, получившую название Geoge GX.

Компания Intel стала следующим разработчиком интегрированных наборов микросхем, который созданием набора серии 810 (кодовое название — “Whitney”) возвестил о начале широкомасштабной промышленной поддержки этой конструкции. К числу наборов микросхем Intel, имеющих интегрированное графическое ядро, относятся все семейство Intel 810, а также отдельные модели Intel 815 и 815E для Pentium III и Celeron.

С тех пор компания Intel представила целый ряд наборов с интегрированной графикой для мобильных и настольных систем, в результате чего именно эта компания стала крупнейшим поставщиком графических решений. Это может казаться странным, поскольку, когда речь заходит о графике, большинство вспоминают прежде всего такие компании, как NVIDIA и ATI. Несмотря на доминирующее положение компаний NVIDIA и ATI на рынке производительных дискретных видеоадаптеров, рынок наборов микросхем с интегрированной графикой для недорогих настольных ПК, а также мобильных систем оказывается намного больше рынка дискретной графики. Информация о рыночной доле различных производителей графических адаптеров согласно данным исследовательской компании JPR (Jon Peddie Research) представлена в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Рыночная доля различных производителей графических адаптеров

Производитель	4-й квартал 2008 г., проценты	3-й квартал 2008 г., проценты	4-й квартал 2007 г., проценты
Intel	47,8	49,4	43,5
NVIDIA	30,7	27,8	33,6
AMD	19,3	20,6	18,3
SiS	1,1	1,2	2,0
VIA/S3	1,0	0,9	2,5
Matrox	0,1	0,1	0,1
Total	100,0	100,0	100,0

В табл. 12.2 представлены сведения о наборах микросхем с интегрированной графикой Intel, доступных в разное время.

Таблица 12.2. Интегрированная графика в наборах микросхем Intel

Наборы микросхем	Тип графического адаптера	Характеристики
810, 815	3D with Direct AGP	Базовые функции 2D, а также ускорение 3D
845	Extreme Graphics	Поддержка альфа-смешивания, тумана, анизотропной фильтрации, аппаратной компенсации движения, а также ряда дополнительных функций
865	Extreme Graphics 2	Улучшенная версия Extreme Graphics; улучшены алгоритмы управления памятью, зонная визуализация, а также ускоренная попиксельная визуализация и визуализация текстур
910, 915	GMA 900	Улучшенная версия Extreme Graphics 2; добавлена поддержка большинства функций DirectX 9 (не поддерживаются вертексные шейдеры), опциональная поддержка двухмониторных конфигураций (необходима плата ADD2), а также поддержка широкоформатных ЖК-дисплеев
945	GMA 950	Ускоренная версия GMA 900 с поддержкой DirectX 9.0c (поддержка Windows Aero), Shader Model 2.0, а также расширений Open GL 1.4
946, Q963, Q965	GMA 3000	Базируется на GMA 950. Добавлены модули исполнения, отвечающие за вертексное и пиксельное затенение в 3D-графике, а также расширенные функции воспроизведения видео
G31, G33, Q33, Q35	GMA 3100	Базируется на GMA 3000, однако отличается уменьшенными рабочими частотами с целью уменьшения энергопотребления, что отрицательно сказалось на производительности
G965	GMA X3000	Модернизированная версия GMA 3000. Поддержка DirectX 9.0c, Shader Model 3.0, аппаратной T&L (Transform & Lighting), OpenGL 1.5, аппаратного декодирования VC-1, а также функции воспроизведения Clear Video Technology
GL960, GM965	GMA X3100	Улучшенная версия GMA X3000 для мобильных систем с добавленной поддержкой DirectX 10 и Shader Model 4.0
G35	GMA X3500	Улучшенная версия GMA X3000 для настольных систем с добавленной поддержкой DirectX 10 и Shader Model 4.0, а также OpenGL 2.0
G41, G43, Q43, Q45	GMA X4500	Высокопроизводительная версия GMA X3500 с добавленной поддержкой DisplayPort
G45, GM45 GMA	X4500HD	Версия GMA X4500 с аппаратной поддержкой декодирования VC-1 и AVC, что позволяет просматривать видео высокой четкости 1080p (фильмы на дисках Blu-ray)

GMA — Graphics Media Accelerator.

Помимо Intel, к основным производителям наборов микросхем с интегрированной графикой относятся компании AMD/ATI, NVIDIA, SiS и VIA/S3. Поскольку этими компаниями за последние годы было выпущено огромное количество различных наборов микросхем с интегрированной графикой, за детальной информацией рекомендую обратиться на сайты производителей.

Современные наборы микросхем с интегрированной графикой поддерживают цифровые стандарты вывода (такие как DVI, HDMI и DisplayPort) для подключения ЖК-панелей и компонентов домашних кинотеатров. Все современные порты вывода видео будут представлены на рис. 12.2.

Хотя серьезный поклонник трехмерных игр вряд ли когда-либо будет доволен уровнем производительности, обеспечиваемым интегрированной графикой, домашние пользователи, сотрудники офисов, а также любители игр, не требовательных к производительности видео, будут более чем довольны. Если вы решили приобрести системную плату с интегрированной графикой, рекомендую отдать предпочтение плате с разъемом PCI Express x16. Это позволит в дальнейшем без проблем модернизировать систему, приобретя дискретный видеоадаптер, если в этом возникнет необходимость.

Компоненты видеоадаптера

Для работы видеоадаптера необходимы следующие основные компоненты:

- видео-BIOS;
- графический процессор, иногда называемый графическим акселератором;
- видеопамять;
- цифроаналоговый преобразователь DAC. (Ранее используемый в качестве отдельной микросхемы, DAC зачастую встраивается в графический процессор новых наборов микросхем. Необходимость в подобном преобразователе в полностью цифровых системах (цифровая видеокарта плюс цифровой монитор) отпадает, однако, пока живы аналоговый интерфейс VGA и аналоговые мониторы, DAC еще некоторое время будет использоваться.)
- разъем;
- видеодрайвер.

Один из самых производительных видеоадаптеров показан на рис. 12.1. Большинство его компонентов скрыто под кожухом системы охлаждения графического процессора (GPU), включающей в себя вентилятор и теплоотвод.

Практически все видеоадаптеры, представленные сегодня на рынке, используют наборы микросхем, обеспечивающие ускоренную обработку трехмерной графики. В следующих разделах мы рассмотрим эти компоненты и функции более подробно.

BIOS видеоадаптера

Видеоадаптеры имеют свою BIOS, которая подобна системной BIOS, но полностью независима от нее. (Другие устройства в компьютере, такие как адаптеры SCSI, также могут иметь собственную систему BIOS.) Если вы включите монитор первым и сразу же посмотрите на экран, то увидите опознавательный знак BIOS видеоадаптера в самом начале запуска системы.

Хранится BIOS видеоадаптера, подобно системной BIOS, в микросхеме ПЗУ; она содержит основные команды, которые предоставляют интерфейс между оборудованием видеоадаптера и программным обеспечением. Программа, которая обращается к функциям BIOS видеоадаптера, может быть автономным приложением, операционной системой или системной BIOS. Обращение к функциям BIOS позволяет вывести информацию о мониторе во время выполнения процедуры POST и начать загрузку системы до загрузки с диска любых других программных драйверов.

В некоторых случаях модернизировать BIOS видеоадаптера, как и системную BIOS, можно двумя способами. Если BIOS записана в микросхеме EEPROM, то ее содержимое можно

обновить с помощью специальной программы, поставляемой изготовителем адаптера. В противном случае микросхему можно заменить новой, также поставляемой изготовителем. BIOS, которую можно модифицировать с помощью программного обеспечения, иногда называется Flash BIOS. Обновление BIOS видеоадаптера (*прошивка*) может потребоваться в том случае, если старый адаптер используется в новой операционной системе или если изготовитель обнаружил существенный дефект в первоначальном коде программы. Но не впадайте в соблазн модернизировать BIOS видеоадаптера только потому, что появилась новая, пересмотренная версия.

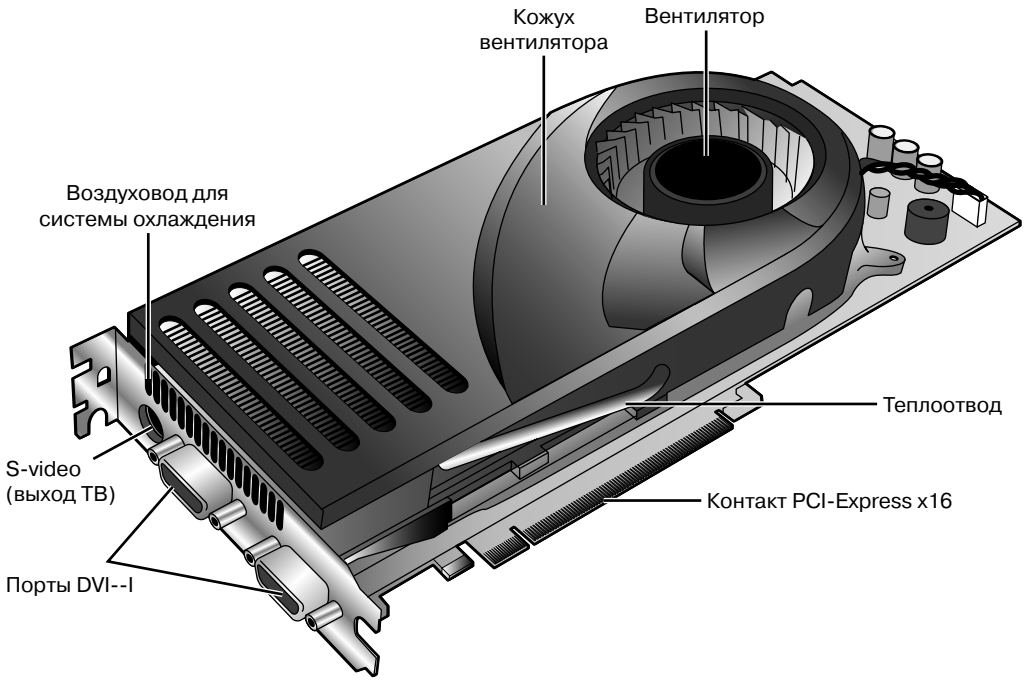


Рис. 12.1. Типичный высокопроизводительный видеоадаптер, оптимизированный для компьютерных игр и работы с двумя мониторами

Графический процессор

Графический процессор, или набор микросхем, является "сердцем" любой видеокарты и характеризует быстродействие адаптера и его функциональные возможности. Два видеоадаптера различных производителей с одинаковыми процессорами зачастую демонстрируют схожую производительность и функции обработки графических данных. Кроме того, программные драйверы, с помощью которых операционные системы и приложения управляют видеоадаптером, как правило, разрабатываются именно с учетом параметров конкретного набора микросхем.

Зачастую драйвер, предназначенный для видеоадаптера с определенным набором микросхем, можно использовать с другим адаптером, в котором есть тот же набор микросхем. Безусловно, разница в быстродействии видеоадаптеров с одинаковыми графическими процессорами зависит от типа и объема установленной видеопамяти.

Выбор графического и системного наборов микросхем

Перед покупкой системы или видеоадаптера необходимо определить, какой графический процессор видеоадаптера или тип интегрированного набора микросхем системы будет использоваться. Это позволит сделать следующее:

- сравнить видеоадаптеры или системы различных производителей;
- ознакомиться с технической спецификацией;
- просмотреть различные обзоры и тестовые испытания;
- мотивировать свой выбор;
- ознакомиться с производителями видеоадаптеров или наборов микросхем, схемами клиентской поддержки и предоставляемыми драйверами.

Поскольку быстродействие видеоадаптера и состав необходимых функций играют важнейшую роль для конечного пользователя, перед покупкой конкретного продукта узнайте о нем как можно больше, просмотрите обзоры и журнальные статьи, посетите сайт производителя. Использование некорректно написанных драйверов или драйверов с ошибками может привести к возникновению определенных проблем, поэтому следите за появлением их обновленных версий, которые следует устанавливать по мере необходимости. При использовании графических плат очень важное значение может иметь послепродажное сервисное обслуживание. Для того чтобы узнать, предоставляет ли производитель необходимую поддержку, посетите его сайт и посмотрите, имеются ли на нем обновленные версии драйверов.

Несмотря на то что компании NVIDIA и AMD/ATI являются крупнейшими производителями графических процессоров, как правило, готовых видеоадаптеров они не производят. Вместо этого они создают так называемые эталонные (референсные) дизайны видеоадаптеров на основе своих графических процессоров, которые используются сторонними компаниями для производства готовых решений. Поскольку каждый производитель имеет право вносить определенные изменения в дизайн адаптера и его дополнительные функции, это приводит к появлению на рынке адаптеров с различным оснащением и уровнем производительности. Порой все отличия сводятся к разной комплектации играми, кабелями и другими аксессуарами.

Видеопамять

Большинство видеоадаптеров для хранения изображений при их обработке обходятся собственной видеопамятью; хотя некоторые видеокарты AGP используют системную оперативную память для хранения трехмерных текстур, эта функция редко находит применение. В основном современные графические адаптеры оснащены собственной видеопамятью объемом от 256 Мбайт и подключены к системе через порт AGP или интерфейс PCI Express x16. Во многих малобюджетных системах встроенные графические системы используют оперативную память компьютера посредством унифицированной архитектуры UMA. В любом случае с помощью как собственной, так и заимствованной видеопамяти выполняются одни и те же операции.

От объема видеопамяти зависят максимальная разрешающая способность экрана и глубина цвета, поддерживаемая адаптером. На рынке в настоящее время предлагаются модели с различными объемами видеопамяти: 128, 256 512 Мбайт или даже 1 Гбайт. Хотя больший объем видеопамяти не сказывается на скорости обработки графических данных, при использовании расширенной шины данных (128–256 бит) или системной оперативной памяти для кэширования часто отображаемых объектов скорость видеоадаптера может существенно увеличиться. Кроме того, объем видеопамяти позволяет видеоадаптеру отображать больше цветов и поддерживать более высокое разрешение, а также хранить и обрабатывать трехмерные текстуры в видеопамяти адаптера, а не в ОЗУ системы.

В качестве видеопамяти могут использоваться микросхемы различных типов (табл. 12.3).

Таблица 12.3. Типы видеопамяти

Тип памяти	Определение
FPM DRAM (Fast Page-Mode RAM)	Fast Page-Mode RAM
VRAM	Video RAM
WRAM	Window RAM

Окончание табл. 12.3

Тип памяти	Определение
EDO DRAM	Extended Data Out DRAM
SDRAM	Synchronous DRAM
MDRAM	Multibank DRAM
SGRAM	Synchronous Graphics DRAM
DDR SGRAM	Double-Data Rate SGRAM
GDDR2 SGRAM	Graphicd DDR version 2 SGRAM
GDDR3 SGRAM	Graphicd DDR version 3 SGRAM
GDDR4 SGRAM	Graphicd DDR version 4 SGRAM
GDDR5 SGRAM	Graphicd DDR version 5 SGRAM

Некоторые из перечисленных в таблице типы памяти, включая FPM DRAM, EDO DRAM и SDRAM, также использовались и в качестве основной памяти ПК. Остальные же типы памяти разработаны исключительно для использования в графических подсистемах.

Память VRAM и WRAM

VRAM и WRAM — двухпортовые типы памяти, которые позволяют считывать данные через один порт, а записывать через другой. Это позволяет увеличить производительность, уменьшая время доступа видеопамяти по сравнению с FPM DRAM и EDO DRAM.

Память SGRAM

Память *SGRAM* (Synchronous Graphics RAM) предназначалась для высококачественных моделей видеоадаптеров. Как и SDRAM, она может работать на частоте шины (до 200 МГц). Однако в SGRAM добавлена дополнительная схема для блочной записи данных, что увеличивает скорость прорисовки изображения или трехмерных операций с Z-буфером.

Память DDR SGRAM

Память *Double Data Rate SGRAM* (также называемая DDR SGRAM) — позволяет передавать данные со скоростью, в два раза превышающей быстродействие традиционной памяти SGRAM, так как данные передаются по переднему и заднему фронтам импульса.

Память GDDR2 SGRAM

Существовало несколько вариантов памяти, называемой GDDR2. Первый вариант базировался на стандартной памяти DDR SDRAM со стандартным напряжением питания 2,5 В с небольшими усовершенствованиями, а второй — на памяти DDR2 SDRAM с напряжением питания 1,8 В, что обеспечило бо́льшую производительность и меньшую температуру.

GDDR3 SGRAM

Память стандарта GDDR3 SGRAM основана на памяти DDR2, однако имеет два существенных отличия.

- GDDR3 разделяет циклы чтения и записи, используя несимметричный однонаправленный импульс, в то время как стандарт DDR2 предполагает использование дифференциальных двунаправленных импульсов. Благодаря этому значительно увеличивается скорость передачи данных.
- GDDR3 использует механизм *псевдооткрытого дрена*, при котором вместо напряжения используется ток. Благодаря этому обеспечивается совместимость с GDDR-3 графических процессоров, предназначенных для использования с памятью DDR или DDR-II. В результате множество современных видеокарт оборудованы памятью DDR2 или GDDR3. Для определения типа памяти, используемой в конкретной плате, ознакомьтесь со спецификациями поставщика.

GDDR4 SGRAM

Память GDDR4 SGRAM используется в нескольких новых видеоадаптерах. По сравнению с GDDR3 она обладает следующими преимуществами:

- большая пропускная способность (для обеспечения того же быстродействия, что и GDDR3, ей необходима вдвое меньшая частота);
- большая плотность памяти, что позволяет достигать большего объема в одной микросхеме.

Память GDDR5 SGRAM

Память стандарта GDDR5 SGRAM базируется на предыдущих стандартах GDDR с несколькими модификациями, позволяющими увеличить производительность. Основные отличия от памяти предыдущих стандартов описаны ниже.

- Оптимизация передачи сигналов с использованием инверсии битов данных/адреса, коррекции напряжения питания, а также других характеристик.
- Адаптивные временные задержки интерфейса с использованием побитового или побайтового масштабирования передачи данных.
- Компенсация ошибок, в том числе детектирование ошибок чтения/записи в реальном времени, а также быстрая пересылка данных.

Память GDDR5 также поддерживает исключительные функции управления питанием, такие как включение питания только при необходимости. Это позволяет увеличить частоту с одновременным снижением температуры. Современные решения на базе GDDR5 обеспечивают пропускную способность 7 Гбит/с на каждую микросхему, что позволяет обеспечить общую пропускную способность до 28 Гбайт/с.

Быстродействие видеопамяти

Быстродействие видеопамяти обычно измеряется в мегагерцах, но производители часто оснащают памятью с разным быстродействием видеоадаптеры на базе одного и того же графического процессора. Более быстрая память и производительное ядро обеспечивают повышенное быстродействие, хотя обходится такой видеоадаптер значительно дороже. Если в основном вы запускаете офисные и бизнес-приложения, можно отдать предпочтение видеоадаптеру, оснащенному более медленными графическим ядром и памятью, и сэкономить деньги.

Если не углубляться в технические детали работы того или иного графического ядра, то сложно разобраться в преимуществах и недостатках памяти. Поскольку ни один из современных видеоадпатеров не поддерживает увеличение объема видеопамяти, настоятельно рекомендую изучить результаты тестирования различных видеоадаптеров, после чего приобрести видеоадаптер, функциональность, быстродействие и цена которого вас устраивают.

Вычисление необходимого объема видеопамяти

Объем памяти, необходимый для создания режима с заданным разрешением и количеством цветов, вычисляется следующим образом. Для кодирования каждого пикселя изображения необходим определенный объем памяти, а общее количество пикселей определяется заданным разрешением. Например, при разрешении 1024×768 на экране отображается 786432 пикселя.

Если бы это разрешение поддерживало только два цвета, то для отображения каждого пикселя понадобился бы всего один бит памяти, при этом бит со значением 0 определял бы черную точку, а со значением 1 — белую. Отведя на каждый пиксель 24 бита памяти, можно отобразить более 16,7 млн. цветов, так как число возможных комбинаций для 24-разрядного двоичного числа составляет 16777216 (т.е. 2^{24}). Перемножив количество пикселей, используемых при заданном разрешении экрана, на число битов, требующихся для отображения каждого пикселя, получим объем памяти, необходимый для формирования и хранения изображений в этом формате. Ниже приведен пример подобных вычислений.

```
1024 × 768 = 786432 пикселя × 32 бит/пиксель
= 25165824 бит =
= 3145728 байт
= 3 Мбайт
```

Итак, для отображения картинки с глубиной цвета 24 бита и разрешением 1024×768 пикселей потребуется 3 Мбайт видеопамяти на видеоадаптере. Поскольку объем модулей памяти "физически" кратен степеням двойки, т.е. можно установить 256 либо 512 Кбайт, 1, 2 либо 4 Мбайт и так далее, для поддержки такого режима необходимо хотя бы 4 Мбайт.

Чтобы иметь еще более высокое разрешение и большее количество оттенков на плате SVGA, объем памяти должен существенно превышать 256 Кбайт, установленных на плате стандартного адаптера VGA. Используя те же методы вычисления, даже для отображения видео высокого разрешения 1920x1080 (HDTV) с использованием 32-разрядной глубины света современному видеоадаптеру потребуется всего 7,91 Мбайт памяти; значит, для просмотра видео высокой четкости достаточно видеоадаптера с объемом памяти 8 Мбайт. Поскольку современные видеоадаптеры оснащаются видеопамятью объемом 128 Мбайт и больше, для отображения двумерных изображений большего объема видеопамяти не потребуется.

Видеоадаптерам, поддерживающим функции трехмерной графики, при заданных глубине цвета и разрешении потребуется больший объем видеопамяти, поскольку данные видеоадаптеры используют еще три буфера: передний, задний буфер и Z-буфер. Объем видеопамяти, который требуется для выполнения той или иной операции, зависит от настроек глубины цвета и Z-буфера. При тройной буферизации трехмерным текстурам выделяется больший объем видеопамяти, чем при двойной, однако при этом может снижаться быстродействие некоторых игр. Режим буферизации, как правило, задается в диалоговом окне свойств видеоадаптера.

Хотя современные интегрированные графические решения поддерживают функции обработки трехмерной графики, по целому ряду причин их быстродействие оказывается достаточно низким. Это обусловлено менее производительными графическими процессорами, а также более узкой шиной данных, используемой для доступа к памяти. Так как интегрированная графика делит оперативную память с центральный процессором, они вынуждены использовать одну и ту же шину данных. В одноканальных системах это ограничивает ширину шины 64 разрядами. В двухканальных системах существует 128-канальная шина данных, однако современные графические процессоры требуют ширину 512 и более битов. Чем шире шина данных, тем быстрее могут передаваться графические данные.

По этой причине уровень быстродействия в современных компьютерных играх при использовании интегрированного графического ядра вас не устроит (более того, многие игры не удастся даже запустить). Чтобы иметь возможность запускать подобные игры, придется приобрести современный видеоадаптер среднего или высокого уровня на базе графического процессора от компании ATI или NVIDIA, оснащенный памятью объемом 256 Мбайт и больше. Если хотите получить максимальный уровень быстродействия и это позволяет ваш бюджет, приобретите два адаптера с интерфейсом PCI Express, поддерживающих работу в паре.

Примечание

Если система оснащена интегрированным графическим ядром и при этом в ней установлено меньше 256 Мбайт ОЗУ, можете увеличить объем памяти, доступной графическому ядру, увеличив общий объем памяти в системе. Многие современные наборы микросхем с интегрированным графическим ядром компании Intel автоматически обнаруживают увеличение объема системной памяти и вносят коррективы в объем памяти, доступный графическому ядру.

Разрядность шины видеосистемы

Рассматривая память в системе отображения, следует также остановиться на формате обращения к памяти со стороны схем обработки изображения. В современном видеоадаптере все схемы, необходимые для формирования и обработки изображения, реализованы в спе-

циализированной микросхеме — графическом процессоре, установленном на этой же плате. Графический процессор и память обмениваются данными по локальной шине. Большинство современных адаптеров высокого класса имеют 256- или 512-разрядную шину. Если сравнивать две видеокарты с одинаковыми объемами памяти и графическим процессором, предпочтение следует отдавать той, которая имеет более широкую локальную шину данных, так как это сильно сказывается на производительности.

Цифроаналоговый преобразователь

Цифроаналоговый преобразователь видеоадаптера (обычно называемый RAMDAC) преобразует генерируемые компьютером цифровые изображения в аналоговые сигналы, которые может отображать монитор. Быстродействие цифроаналогового преобразователя измеряется в мегагерцах; чем быстрее выполняется преобразование, тем выше вертикальная частота регенерации. В современных высокоэффективных видеоадаптерах быстродействие может достигать 500 МГц. В большинстве современных видеоадаптеров функции преобразователя поддерживаются непосредственно графическим процессором, однако у некоторых адаптеров с поддержкой нескольких мониторов есть отдельная микросхема RAMDAC, которая позволяет второму монитору работать с разрешением, отличным от установленного разрешения основного монитора. В системах с интегрированной графикой RAMDAC обычно встраивается в северный мост или микросхему GMCH набора микросхем системной логики.

При увеличении быстродействия цифроаналогового преобразователя повышается частота вертикальной регенерации, что позволяет достичь более высокого разрешения экрана при оптимальных частотах обновления (72–85 Гц и выше). Как правило, видеоадаптеры с быстродействием от 300 МГц и выше поддерживают разрешения до 1920×1200 при частотах обновления более 75 Гц (т.е. без мерцания). Разумеется, следует убедиться в том, что необходимое разрешение поддерживается как монитором, так и используемым видеоадаптером.

Интерфейсы видеоадаптеров

Видеоадаптеры устанавливаются в ПК для отображения изображения, а значит, они должны быть оснащены двумя основными интерфейсами. Первым является системный интерфейс, используемый для подключения видеоадаптера к ПК, а вторым — дисплейный интерфейс, предназначенный для подключения монитора. Используя стандартизированные версии интерфейсов, получаем совместимые друг с другом видеоадаптеры и мониторы. Наиболее популярные системные и дисплейные интерфейсы рассмотрены в следующих разделах.

Системный интерфейс (шина)

Из настоящей главы вы уже узнали, что разные видеоадаптеры разрабатывались для совместного использования с различными системными шинами. Первые стандартные шины, такие как IBM MCA, ISA, EISA и VL-Bus, использовались совместно с адаптерами стандартов VGA и др. В связи с низким быстродействием подобных решений сейчас они практически не применяются. Современные видеоадаптеры выпускаются для шин PCI, AGP и PCI Express.

В современных и будущих системах будет доминировать шина PCI Express x16, которая очень быстро вытесняет шину AGP 8x. Некоторые системы поддерживают установку видеоадаптеров обоих типов, что позволяет выполнять модернизацию системы постепенно: сначала приобрести системную плату, а уже затем — видеоадаптер PCI Express x16. Видеоадаптеры PCI сейчас продаются разве что как средства модернизации систем, в которых отсутствует порт AGP или PCI Express.

Видеоадаптеры AGP

В 1997 году компания Intel представила выделенную шину *AGP* (Accelerated Graphics Port — ускоренный графический порт) для установки видеоадаптера; эта шина обеспечивает полосу пропускания, которая в шестнадцать раз превышает таковую в шине PCI. Долгие годы

шина AGP была основной шиной для установки видеоадаптеров и только относительно недавно стала сдавать позиции, так как ее начала вытеснять более универсальная шина PCI Express x16.

На самом деле шина AGP представляет собой расширение шины PCI, однако она была предназначена исключительно для видеоадаптеров, которых обеспечивала более скоростным доступом к основной памяти. Это позволяло адаптерам обрабатывать трехмерные элементы видео, такие как текстуры, взаимодействуя напрямую с системной памятью, а не дополнительно копировать данные в память адаптера. Такой подход экономил время и избавлял от необходимости увеличения объема видеопамяти для лучшей поддержки функций работы с трехмерной графикой. Несмотря на то что была разработана спецификация AGP 3.0, предусматривающая два порта AGP, она так и не была реализована на практике. Все системы, оснащенные шиной AGP, имели только один разъем.

Примечание

Самые первые платы AGP имели сравнительно малый объем встроенной памяти. Их современные реализации отличаются не только большим объемом встроенной памяти, но и использованием апертуры основной памяти (выделенного адресного пространства, расположенного выше области, используемой физической памятью) для увеличения скорости передачи данных в собственную память видеоплаты или из нее. Интегрированные наборы микросхем со встроенным AGP используют системную память для выполнения любых операций, в том числе для создания текстурных карт.

Хотя шина AGP была представлена практически в то же время, что и Windows NT 4.0 и Windows 95, данные версии Windows не поддерживали такую функцию стандарта AGP, как *DIME* (Direct Memory Execute). Средство DIME использует оперативную память вместо памяти видеоадаптера для решения некоторых задач и тем самым сокращает объем передаваемой информации от адаптера и к адаптеру. Эта функция используется во всех системах, начиная с Windows 98. В то же время, вследствие большого объема памяти, имеющегося в современных графических платах AGP, эта функция реализуется довольно редко.

В настоящее время существуют четыре разновидности шины AGP — 1x, 2x, 4x и 8x (табл. 12.4). Современные видеокарты AGP поддерживают стандарт 8x, хотя могут вставляться и в разъемы AGP 4x и даже 2x.

Таблица 12.4. Характеристики стандартов шины AGP

Стандарт AGP	Спецификация AGP	Частота генератора, МГц	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Напряжение питания разъема, В
1x	1.0	66	266	3,3
2x	1.0	133	533	3,3; 1,5[1]
4x	2.0	266	1066	1,5
8x	3.0	533	2132	1,5[2]

1. Зависит от особенностей конкретного видеоадаптера.

2. Для внутренних сигналов напряжение составляет 0,8 В.

Стандарт AGP 3.0 был анонсирован в 2000 году, однако системные платы с его поддержкой впервые появились на рынке в середине 2002 года. Практически все современные системные платы с поддержкой AGP поддерживают стандарт AGP 8x; однако в связи с использованием графических процессоров разной архитектуры, работающих на разных частотах и с разным быстродействием, объемом памяти и шириной шины, одни адаптеры для шины AGP 8x могут работать гораздо быстрее, чем другие.

Несмотря на то что ряд системных плат оснащен разъемом AGP 4x или AGP 8x, в который можно установить AGP-видеоадаптеры с напряжением питания как 3,3, так и 1,5 В, некоторые системные платы такой возможности не предоставляют. Если установить видеоадаптер стандарта AGP 2x (3,3 В) в разъем системной платы, поддерживающей только стандарт AGP 4x (1,5 В), плата будет повреждена.

Предупреждение

Обязательно проверьте совместимость, прежде чем устанавливать старый видеоадаптер (стандарта AGP 1x/2x) в современный компьютер. Даже при физической совместимости несоответствие между внутренним напряжением питания видеоадаптера и напряжением питания разъема AGP может привести к повреждению системной платы. Соответствующие сведения можно найти в руководстве пользователя, прилагаемом к системной плате.

Некоторые видеоадаптеры AGP допускают использование напряжения питания 3,3 или 1,5 В, что задается с помощью специальной перемычки на плате. Как правило, такие платы предназначены для установки в разъемы AGP 2x или AGP 4x (см. главу 4). Прежде чем устанавливать подобные видеоадаптеры в разъемы AGP, поддерживающие только напряжение питания 1,5 В, обязательно установите перемычку в соответствующее положение.

Видеоадаптеры PCI Express

Шина PCI Express, пришедшая на смену шинам AGP и PCI, впервые была представлена в середине 2004 года. Несмотря на свое название, она использует высокоскоростной двунаправленный последовательный метод передачи данных, а каналы PCI Express (также называемые линиями) можно объединять для увеличения скорости передачи данных (каждая линия в каждом направлении обеспечивает скорость передачи данных 250 Мбайт/с). В отличие от PCI разъемы PCI Express могут различаться скоростью передачи данных. Например, видеоадаптеры PCI Express используют 16 линий (на это указывает индекс x16), что обеспечивает скорость передачи данных 4 Гбайт/с в каждом направлении; адаптеры PCI Express других типов используют меньшее количество линий (табл. 12.5).

Таблица 12.5. Полоса пропускания видеоадаптеров PCI Express

Архитектура PCIe	Полоса пропускания на линию, Мбит/с	Полоса пропускания для канала x16
PCIe 1.x	250	4
PCIe 2.x	500	8
PCIe 3.x	1000	16

Большинство реализаций PCI Express включает один разъем x16 для установки видеоадаптера, два или больше разъема x1 для других плат расширения, а также наследуемые разъемы PCI. Системы, поддерживающие технологии NVIDIA SLI или ATI CrossFire, позволяющие объединить вычислительные мощности двух видеоадаптеров, оснащены тремя или четырьмя разъемами PCI Express, поддерживающими режим x8 или x16.

Дисплейный интерфейс

Дисплейный интерфейс используется для подключения к видеоадаптеру мониторов и других устройств отображения. На протяжении истории ПК сменилось несколько вариантов дисплейных интерфейсов. Одни из них были аналоговыми, другие — цифровыми.

Первые видеостандарты ПК, применяемые с 1981 года до конца 1980-х, базировались на малофункциональных (с современной точки зрения) архитектурах цифровых интерфейсов. Сюда относятся такие интерфейсы, как MDA (Monochrome Display Adapter), CGA (Color Graphics Adapter) и EGA (Enhanced Graphics Adapter). Стандарты CGA и EGA, в частности, генерировали различные цвета, отправляя цифровые сигналы по трем проводам, что позволяло отображать до восьми оттенков (2^3). Еще один сигнал позволял удвоить количество оттенков от восьми до шестнадцати, отображая каждый из оттенков с одним из двух уровней интерфейсов. Данный тип цифровых дисплеев использовался на ранних этапах истории ПК; он был простым в реализации и обеспечивал стандартизированное отображение оттенков на разных дисплеях. Основной недостаток первых цифровых стандартов — ограниченное количество отображаемых оттенков.

В отличие от первых цифровых видеостандартов стандарт *VGA* (Video Graphics Array) является аналоговым. Стандарт VGA был представлен в 1987 году; так начался переход от цифровых стандартов к аналоговым, который длился больше двадцати лет. И только потом на-

чался обратный переход от аналога к цифре. Зачем же потребовалась такая сложная схема — сначала переход от цифровых стандартов к аналоговым, а затем от аналоговых к цифровым? Ответ достаточно прост. Дело в том, что на определенном этапе было гораздо проще создавать аналоговые ЭЛТ-мониторы, отображающие большое количество оттенков с высоким разрешением. Современные технологии позволяют создавать ЖК-мониторы, которые вытеснили с рынка ЭЛТ-мониторы, тем самым ознаменовав обратный переход к цифровым интерфейсам.

Видеоинтерфейсы (и разъемы), которые встречаются в ПК, выпускаемых с 1980-х до настоящего времени, перечислены ниже:

- VGA (Video Graphics Array);
- DVI (Digital Visual Interface);
- HDMI (High-Definition Multimedia Interface);
- DisplayPort.

VGA — аналоговый стандарт, в то время как другие являются цифровыми. Разъемы этих интерфейсов представлены на рис. 12.2.

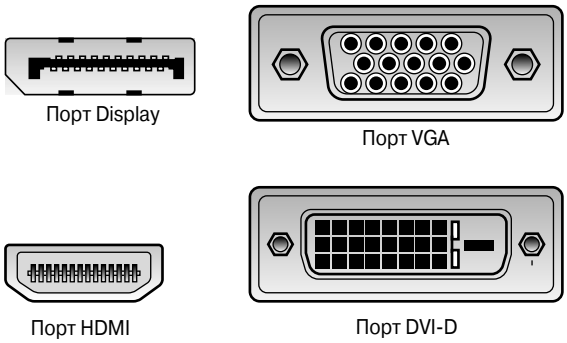


Рис. 12.2. Разъемы видеоинтерфейсов, которые встречаются в ПК, выпускаемых с 1980-х годов до настоящего времени

Подробно все эти интерфейсы описаны в следующих разделах.

Адаптер VGA

В апреле 1987 года, одновременно с выпуском компьютеров семейства PS/2, компания IBM ввела в действие спецификацию VGA (Video Graphics Array), которая вскоре стала общепризнанным стандартом систем отображения компьютеров. С тех пор было представлено несколько технологий мониторов и видеоадаптеров, однако 15-контактный аналоговый разъем VGA стал самым популярным видеоинтерфейсом в истории и до сих пор используется в современных видеоадаптерах и мониторах.

Как уже отмечалось, VGA — стандарт аналоговый, а значит, для каждой цветовой пушки ЭЛТ используется отдельный сигнал. Каждый сигнал может передаваться с одним из 64 уровней интенсивности (по крайней мере, согласно исходному стандарту). Это соответствует 262144 возможным оттенкам (64^3), из которых одновременно может отображаться до 256 оттенков. Для отображения реалистичной компьютерной графики глубина цвета порой оказывается более важной, чем разрешение, поскольку чем больше оттенков видит человеческий глаз, тем более реалистичным кажется ему изображение.

Стандарт VGA был разработан таким образом, чтобы была возможна адресация через интерфейс VGA BIOS — программный интерфейс, который заставлял программы взаимодействовать с драйвером на основе BIOS, а не непосредственно с устройством. Такой подход позволяет программам вызывать стандартный набор команд и функций, работающих на различном оборудовании при условии наличия совместимого интерфейса VGA BIOS. У первых

видеоадаптеров VGA BIOS содержался в ПЗУ объемом 16 или 32 Кбайт непосредственно на плате. Современные видеоадаптеры также содержат BIOS объемом 16 32 Кбайт. Как правило, драйверы, содержащиеся в ПЗУ, используются только при загрузке, запуске DOS-приложений, а также при Windows в безопасном режиме.

Все современные видеоадаптеры оснащены 15-контактным аналоговым разъемом VGA и/или же аналогово-цифровым разъемом DVI, который соответствует стандарту VGA. Схема разъема VGA представлена на рис. 12.3, а назначение контактов описано в табл. 12.6.

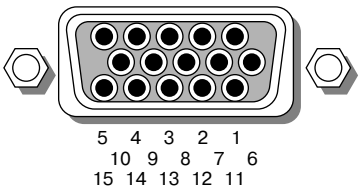


Рис. 12.3. Разъем VGA используется при работе с адаптерами стандартов VGA, SVGA и других стандартов на базе VGA

Таблица 12.6. Назначение контактов стандартного разъема VGA

Контакт	Сигнал	Направление передачи
1	Красный	Выход
2	Зеленый	Выход
3	Синий	Выход
4	Монитор ID 2	Вход
5	Логический нуль (самотестирование монитора)	---
6	Общий для красного аналогового	---
7	Общий для зеленого аналогового	---
8	Общий для синего аналогового	---
9	Ключ (контакт пропущен)	---
10	Общий для синхронизации	---
11	Монитор ID 0	Вход
12	Монитор ID 1	Вход
13	Синхронизация строк	Выход
14	Синхронизация кадров	Выход
15	Монитор ID 3	Вход

В разъеме VGA, который подключается к видеоадаптеру, зачастую отсутствуют 9-й контакт, 5-й контакт, используемый для тестирования, и 15-й контакт, применяемый еще реже. Для идентификации типа монитора, подключенного к системе, некоторые производители используют различные комбинации контактов.

Помимо разъема и электрического интерфейса, исходный стандарт VGA также определял количество текстовых и графических режимов для различных значений разрешения и глубины цвета. Первые режимы VGA допускали максимальное разрешение 640×480 пикселей с 4-разрядной глубиной цвета (16 оттенков). Такие значения были определены 256 Кбайт памяти первых видеоадаптеров.

В начале 1990-х годов IBM представила модификацию VGA — стандарты XGA и XGA-2, однако большинство индустриальных стандартов было разработано производителями видеоадаптеров и ассоциацией VESA (Video Electronic Standard Association).

Когда в 1987 году был представлен первый стандарт VGA, он поддерживал очень низкое разрешение и глубину цвета по сравнению с современными стандартами. С тех пор этот стандарт развивался, поддерживая все более высокие значения разрешения и глубины цвета. Даже самые доступные и простые современные видеоадаптеры поддерживают режимы, которые выходят за пределы исходного стандарта VGA.

Стандарты SVGA и XGA

Первый VGA-адаптер IBM был быстро скопирован другими производителями видеоадаптеров. Чтобы отличать их продукты от разработки IBM, многие производители реализовали дополнительные режимы и функции и назвали свои разработки видеоадаптерами “Super” VGA, или просто SVGA.

К 1989 году конкурирующим производителям видеоадаптеров и мониторов пришлось сотрудничать с целью стандартизации возможностей SVGA, что позволило бы обеспечить совместимость видеоадаптеров, мониторов и программного обеспечения, предназначенного для VGA.

В феврале 1989 года была создана международная неприбыльная организация Video Electronics Standards Association (VESA), основной задачей которой являлось создание общепризнанных стандартов интерфейсов для ПУ и других компьютерных применений. VESA разрабатывала и популяризировала открытые стандарты для мониторов и видеоадаптеров, чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость устройств от разных производителей. Управляет организацией VESA совет директоров, представляющих больше ста компаний со всего мира. Это компании, занимающиеся производством компьютерного оборудования, программного обеспечения, мониторов и других компонентов, а также кабелей, телефонов, компании-поставщики услуг и т.д. Фактически VESA взяла на себя роль разработчика видеоинтерфейсов для ПК независимо от IBM.

В августе 1989 года VESA представила свой первый стандарт интерфейса BIOS, поддерживающий разрешение 800×600 пикселей с глубиной цвета 4 разряда (16 оттенков); стандарт получил название *Super VGA (SVGA) mode 6Ah*. Этот стандарт определял максимально допустимые разрешение и глубину цвета, возможные при наличии всего 256 Кбайт памяти, которыми были оснащены первые VGA-адаптеры. Это позволило компаниям независимо разрабатывать видеоустройства со стандартным программным интерфейсом, поддерживающие более высокие разрешения и совместимые с выпускаемыми раньше VGA-устройствами. Вскоре после этого организация VESA расширила стандарт SVGA, добавив новые режимы и разрешения, а затем продолжила работу над последующими стандартами видео для ПК.

Примечание

Хотя с технической точки зрения стандарт SVGA определяет набор стандартов VESA, включающий режимы от 800×600 и выше, обычно, когда мы говорим о режиме SVGA, то подразумеваем только режим 800×600 пикселей. Другим режимам с более высокими разрешениям были даны иные названия (XGA, SXGA и т.д.), но технически они являются лишь частью спецификаций VESA SVGA.

Компания IBM увеличила объем ОЗУ, а также доступные разрешения и глубину цвета, представив в 1990 году новый стандарт *XGA* (eXtended Graphics Array). Фактически XGA — улучшенная версия VGA, поддерживающая видеопамять объемом 1 Мбайт, более высокие разрешения и глубину цвета, а также ряд дополнительных аппаратных функций. Стандарт XGA также был оптимизирован для Windows и других графических интерфейсов пользователя. Наиболее значимым отличием стандарта XGA от VGA было добавление поддержки двух новых графических режимов:

- 1024×768 пикселей, 256 оттенков;
- 640×480 пикселей, 256 оттенков.

Заметным недостатком оригинального стандарта XGA от компании IBM было отсутствие определенного организацией VESA стандарта SVGA 800×600 с 16 оттенками, представленного годом раньше. Это было чрезвычайно важно, поскольку далеко не все мониторы могли справиться с разрешением 1024×768 пикселей, хотя без проблем поддерживали режим 800×600. При использовании видеоадаптера IBM пользователям приходилось переходить сразу от разрешения 640×480 к разрешению 1024×768, что приводило порой к необходимости покупки дорогостоящего монитора. В результате в 1992 году IBM выпустила обновленную спецификацию XGA-2. Стандарт XGA-2 увеличил производительность, а также глубину цвета. Кроме того, были добавлены следующие режимы SVGA:

- 640×480 пикселей, цветовые режимы 256 и 65536 оттенков;
- 800×600 пикселей, цветовые режимы 256 и 65536 оттенков;
- 1024×768 пикселей, цветовые режимы 16 и 256 оттенков.

С тех пор VESA и другие организации определили целый ряд новых стандартов видеоинтерфейсов. Компания IBM вошла в состав VESA и других организаций, которые занимаются принятием стандартов.

Цифровые дисплейные интерфейсы

Аналоговый интерфейс VGA оптимально подходит для совместного использования с ЭЛТ-мониторами, однако оказывается не самым лучшим выбором в случае ЖК-дисплеев, плазменных, а также других типов плоскопанельных дисплеев, которые являются цифровыми по своей природе. В ПК данные передаются исключительно в цифровом виде, однако для передачи через интерфейс VGA они преобразуются в аналоговую форму. При подключении к интерфейсу VGA цифрового интерфейса данные сначала преобразуются в аналоговую форму, а затем обратно в цифровую. В результате мы имеем дело с двойным преобразованием, что вызывает различные дефекты отображения, размытый текст, смещение оттенков и другие проблемы.

Использование цифрового интерфейса избавляет от необходимости двойного преобразования, что позволяет видеоданным оставаться в цифровой форме на всем пути от компьютера к монитору. Таким образом, произошел прогнозируемый обратный переход к цифровым интерфейсам, преимущественно из-за широкого распространения цифровых дисплеев, таких как ЖК-мониторы.

Портативным компьютерам удалось избежать данной проблемы благодаря использованию внутреннего цифрового соединения *FPD-Link* (Flat Panel Display-Link), разработанного компанией National Semiconductor в 1995 году. К сожалению, данный стандарт не подходил для внешних подключений, требующих использования длинных кабелей или очень высоких разрешений. Все это привело к необходимости разработки индустриальных стандартов подключения внешних цифровых дисплеев.

В результате был разработан целый ряд цифровых интерфейсов для подключения к ПК различных цифровых устройств отображения:

- Plug and Display (P&D);
- Digital Flat Panel (DFP);
- Digital Visual Interface (DVI);
- High Definition Multimedia Interface (HDMI);
- DisplayPort.

Стандарты Plug and Display (P&D) и Digital Flat Panel (DFP) были представлены организацией VESA в июне 1997 года и феврале 1999 года соответственно. Оба стандарта базируются на протоколе PanelLink TMDS (Transition Minimized Differential Signaling), разработанном компанией Silicon Image. К сожалению, оба интерфейса поддерживали относительно низкое разрешение (максимум 1280×1024) и были реализованы лишь в нескольких моделях видеоадаптеров и мониторов. В результате им не удалось занять значительную долю рынка, и они были вытеснены DVI (Digital Visual Interface), первым действительно популярным цифровым дисплейным интерфейсом.

DVI

Интерфейс DVI (Digital Visual Interface) был представлен 2 апреля 1999 года рабочей группой DDWG (Digital Display Working Group). Группа DDWG была сформирована в 1998 году компаниями Intel, Silicon Image, Compaq, Fujitsu, Hewlett-Packard, IBM и NEC с целью разработки универсального стандарта цифрового интерфейса между компьютерной системой и дисплеем. В отличие от предшествующих стандартов P&D и DFP, стандарт DVI получил широкое распространение; уже в августе 1999 года, через четыре месяца после представления стандарта, на Форуме Intel для разработчиков IDF (Intel Developer Forum) было представлено 150 устройств с интерфейсом DVI. После этого DVI стал самым популярным среди цифровых видеоинтерфейсов. Стандарт DVI также допускает использование одного коннектора для цифровых и аналоговых подключений VGA.

DVI использует схему кодирования сигналов *TMDS* (Transition Minimized Differential Signaling — дифференциальная передача сигналов с минимизацией перепадов уровней), разработанную компанией Silicon Image (`www.siliconimage.com`), также известную под торговой маркой PanelLink. TMDS получает от видеоконтроллера 24-разрядные цифровые данные в параллельной форме и последовательно передает их ресиверу. Одноканальное подключение TMDS использует четыре независимые пары данных, по одной на каждый основной цвет (красный, зеленый и синий), а также одну линию для передачи управляющих данных. Каждая линия представляет собой витую пару, в которой применяется дифференциальная схема передачи данных с очень низким колебанием амплитуды, равным 0,5 В, что обеспечивает надежную передачу данных с большой скоростью. Также применяется низкоскоростная линия VESA Display Data Channel (DDC) для передачи идентификационных и конфигурационных данных, например, о поддерживаемых разрешениях и значениях глубины цвета, между графическим контроллером и монитором.

Технология TMDS поддерживает кабели длиной до 10 м, хотя определенные ограничения могут быть связаны с качеством кабелей. Некоторые компании выпускают продукты, позволяющие усиливать сигналы, а значит, появляется возможность использования кабелей увеличенной длины. Блок-схема одноканального подключения TMDS представлена на рис. 12.4.

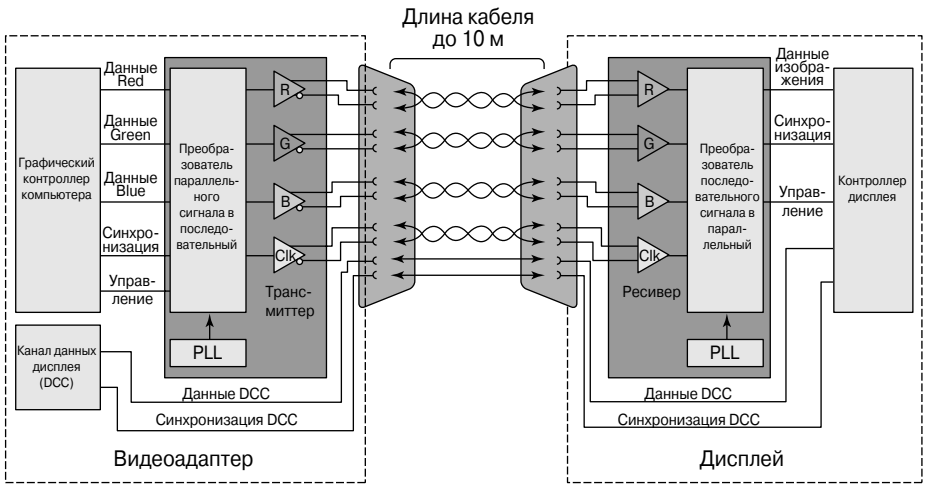


Рис. 12.4. Блок-схема одноканального подключения TMDS

При использовании TMDS каждый цветовой канал (красный/зеленый/синий) передает 8 битов информации (закодированных как 10-битовый символ) последовательным образом с частотой 165 МГц. Это обеспечивает пропускную способность 1,65 Гбит/с на канал. Три цветовых канала на одно подключение обеспечивают общую пропускную способность 4,95 Гбит/с, что при использовании кодировки 8b/10b приводит к "полезной" пропускной способности 3,96 Гбит/с. Это позволяет одноканальному подключению DVI легко обеспечить поддержку высоких разрешений, таких как WUXGA (1920×1200) или 1080p HDTV (1920×1080 с прогрессивной разверткой).

Если необходима большая пропускная способность, стандарт DVI поддерживает второе соединение TMDS с помощью того же кабеля и коннектора. Это обеспечивает еще три сигнальные пары TMDS (по одной на каждый цвет); для передачи управляющих сигналов используется та же сигнальная пара, что и первым соединением. Это так называемое соединение *dual-link DVI*, которое обеспечивает пропускную способность 9,9 Гбит/с ("полезная" пропускная способность 7,92 Гбит/с); это обеспечивает поддержку разрешений для WQUXGA

(3840×2400). Как правило, подобные разрешения обеспечивают только дисплеи с диагональю от 30 дюймов, поддерживающие соединения dual-link DVI. Существуют и дисплеи с еще большим разрешением, которые подключаются к двум портам dual-link DVI.

Технология TMDS поддерживает стандарт Display Data Channel (DDC), низкоскоростной двунаправленный стандарт взаимодействия ПК и мониторов, разработанный организацией VESA. Стандарт DDC определяет параметры физического соединения и метод передачи данных, в то время как взаимодействия и протокол данных определены стандартом VESA EDID (Extended Display Identification Data). Стандарты DDC и EDID позволяют графическому контроллеру автоматически самоконфигурироваться для согласования с параметрами дисплея.

Стандарт DVI предполагает использование коннекторов Molex MicroCross нескольких вариантов. Стандарт DVI разрабатывался для поддержки цифровых устройств; однако для обеспечения обратной совместимости также реализована поддержка и аналоговых устройств. Коннектор DVI-D (цифровой) поддерживает только цифровые устройства, в то время как коннектор DVI-I (интегрированный) поддерживает цифровые и аналоговые устройства благодаря использованию дополнительных контактов. Разъем DVI-I показан на рис. 12.5, а схема выводов представлена в табл. 12.7.

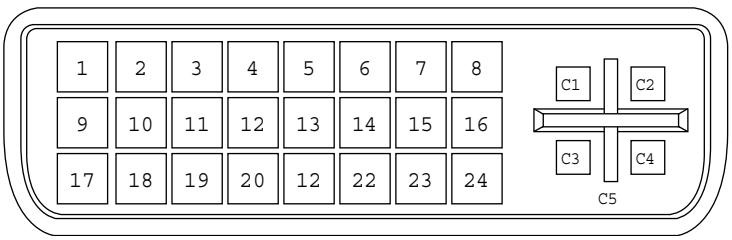


Рис. 12.5. Разъем DVI-I

Таблица 12.7. Схема выводов разъема DVI-I

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	TMDS Data2-	13	TMDS Data3+
2	TMDS Data2+	14	Питание +5 В
3	TMDS Data2/4 Shield	15	Земля
4	TMDS Data4-	16	Hot Plug Detect
5	TMDS Data4+	17	TMDS Data0-
6	DDC Clock	18	TMDS Data0+
7	DDC Data	19	TMDS Data0/5 Shield
8	Синхронизация аналоговой развертки по вертикали	20	TMDS Data5-
9	TMDS Data1-	21	TMDS Data5+
10	TMDS Data1+	22	TMDS Clock Shield
11	TMDS Data1/3 Shield	23	TMDS Clock+
12	TMDS Data3-	24	TMDS Clock-
—	—	—	—
C1	Аналоговый красный	C3	Аналоговый синий
C2	Аналоговый зеленый	C4	Синхронизация аналоговой развертки по горизонтали
—	—	C5	Аналоговая земля

TMDS — Transition Minimized Differential Signaling.

Примечание: в коннекторе DVI-D отсутствуют аналоговые контакты C1–C4.

Коннектор DVI-D аналогичен коннектору DVI-I, за исключением того, что он не поддерживает аналоговые подключения. При использовании коннектора MicroCross цифровые мониторы можно подключать к разъемам с цифровыми выводами, а аналоговые — с аналоговыми.

Подобный подход делает невозможными подключения аналогового устройства к цифровому коннектору, и наоборот. Коннектор DVI-D представлен на рис. 12.6. Схема выводов аналогична, за исключением отсутствия аналоговых разъемов. Коннектор DVI-D широко используется в репликаторах портов, а также док-станциях с поддержкой DVI для ноутбуков.

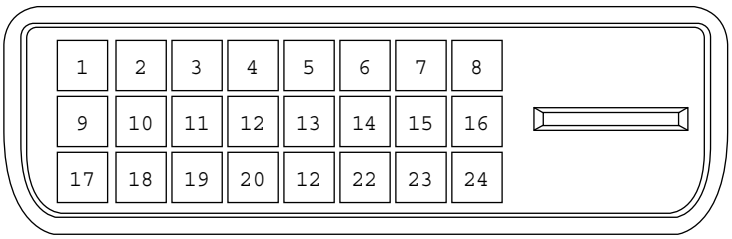


Рис. 12.6. Разъем DVI-D

Разъем DVI-I, представленный на рис. 12.5, может быть преобразован в порт VGA для подключения ЭЛТ-мониторов или аналоговых ЖК-мониторов с помощью простого переходника. Очень часто современные видеоадаптеры оснащаются только портами DVI, поэтому в подобных случаях использование адаптеров оказывается единственным возможным вариантом.

К сожалению, рабочая группа DDWG (Digital Display Working Group), создавшая стандарт DVI, была расформирована, поэтому единственной официальной спецификацией осталась спецификация DVI 1.0. Это означает, что дальнейшее развитие стандарта DVI невозможно. И, несмотря на всю популярность стандарта DVI, индустрия ПК постепенно переходит к использованию интерфейса DisplayPort.

Интерфейс HDMI

Мультимедийный интерфейс высокой четкости (High Definition Multimedia Interface — HDMI) был разработан компаниями Hitachi, Panasonic, Philips, Silicon Image, Sony, Thompson и Toshiba для объединенного переноса звукового и видеосигналов по одному кабелю между разными аппаратными устройствами, такими как телевизоры, проигрыватели DVD, игровые приставки, цифровые усилители и домашние кинотеатры. Версия 1.0 этого стандарта была представлена в декабре 2002 года, а последняя версия 1.3а — в ноябре 2006 года.

Фактически HDMI — это развитие стандарта DVI и использует те же схемы TMDS (Transition Minimized Differential Signaling), что и DVI. Однако в отличие от DVI каждый цветовой канал также передает сжатые аудиоданные. Стандарт HDMI версии 1.2a и более ранних поддерживает максимальную частоту передачи данных 165 МГц, передавая 10 битов данных за цикл или, другими словами, обеспечивает пропускную способность 1,65 Гбит/с. Как результат, пропускная способность трех каналов составляет 4,95 Гбит/с. Поскольку данные передаются с кодировкой 8b/10b, только 8 бит из 10 передаваемых являются реальными данными, "полезная" пропускная способность составляет 3,96 Гбит/с. Это позволяет одноканальному подключению HDMI версии 1.2a или более ранней без проблем обеспечить разрешения до WUXGA (1920×1200) или HDTV 1080p (1920×1080 с прогрессивной разверткой), а также передачу аудиоданных.

Стандарт HDMI версии 1.3 увеличил максимальную частоту передачи данных до 340 МГц, что привело к увеличению полной пропускной способности до 10,2 Гбит/с, а "полезной" — до 8,16 Гбит/с. Это позволило одноканальному подключению HDMI по пропускной способности превзойти двухканальныое подключение DVI, обеспечивая разрешение доWQUXGA (3840×2400), а также передачу аудиоданных.

Текущая версия интерфейса HDMI способна передавать 8-канальный 24-разрядный (192 кГц) цифровой аудиосигнал форматов Dolby Digital, DTS, Dolby TrueHD и DTS-HD Master Audio. Так как для аудио- и видеосигналов используется всего один кабель, интерфейс HDMI способен разгрузить кабельную паутину, связывающую различные системы в домашнем

кинотеатре. Тем владельцам домашних кинотеатров, которые подписаны на кабельные или спутниковые службы телевидения высокой четкости (HDTV), интерфейс HDMI подойдет лучше всего, поскольку он обеспечивает высокую защищенность цифрового содержимого потока (HDCP), которую используют данные службы для исключения пиратских подключений. Во избежание ухудшения качества защищенного содержимого все устройства, включая проигрыватели DVD, аудиосистемы, ресиверы и мониторы, должны поддерживать HDCP.

В дополнение к передаче высококачественного аудио и видео между устройствами интерфейс HDMI поддерживает дополнительные сигналы. Он использует канал данных монитора (DDC) для идентификации таких возможностей дисплея, как разрешение, глубина цветности и поддержка звука. Канал DDC гарантирует оптимальное качество воспроизведения на различных типах устройств. Также HDMI поддерживает дополнительную функцию электронного управления (CEC), которая обеспечивает управление с помощью одной кнопки всеми CEC-совместимыми устройствами (например, запуск с помощью одной кнопки воспроизведения или записи).

В табл. 12.8 приведены сравнительные характеристики основных функций в различных версиях HDMI.

Таблица 12.8. Версии HDMI

Версия	Дата появления	Максимальная пропускная способность, Гбит/с	Поддержка видео	Поддержка аудио	Примечание
1.0	Декабрь 2002 г.	4,9	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет	8-канальный 24-разрядный (192 кГц)	
1.1	Май 2004 г.	4,9	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD	
1.2	Август 2005 г.	4,9	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD, Super Audio CD	Новый разъем типа A для ПК; "родные" разводки цвета RGB и YCbCr CE
1.2a	Декабрь 2005 г.	4,9	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD, Super Audio CD	Добавлена спецификация для функций CEC
1.3	Июнь 2006 г.	10,2	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет, дополнительная поддержка для 30-, 36- и 48-разрядного цвета	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD, Super Audio CD, поддержка Dolby TrueHD и DT-HD Master Audio, синхронизация auto-lip	Новый компактный разъем для видеокамер и прочих малых устройств
1.3a	Ноябрь 2006 г.	10,2	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет, дополнительная поддержка для 30-, 36- и 48-разрядного цвета	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD, Super Audio CD, поддержка Dolby TrueHD и DT-HD Master Audio	Различные изменения в CEC и других спецификациях, новый тест совместимости
1.3b	Март 2007 г.	10,2	1080 точек 60 Гц, UXGA, 24-разрядный цвет, дополнительная поддержка для 30-, 36- и 48-разрядного цвета	8-канальный 24-разрядный (192 кГц), звук DVD, Super Audio CD, поддержка Dolby TrueHD и DT-HD Master Audio	Измененный тест совместимости

Интерфейс HDMI обратно совместим с DVI-I и DVI-D, которые в настоящее время имеют все видеокарты среднего и высокого классов, что позволяет ПК выступать в роли источника HDTV. Это особенно ценно для пользователей программы Media Center, входящей в поставку отдельных редакций Windows XP и Vista, а также других мультимедийных программ. Однако, если видеокарта не поддерживает HDCP, нельзя воспроизводить поток телевидения высокой четкости (HDTV) на компьютере (а если можно, то разрешение сильно понизится). Несмотря на то что в характеристиках некоторых видеоадаптеров, выпущенных с начала 2006 года, заявлена поддержка HDCP, изменения в данном стандарте могут не позволить этим адаптерам работать корректно. Чтобы проверить совместимость своей видеокарты или набора микросхем с текущим стандартом HDCP, лучше связаться с производителем.

Текущая версия кабелей HDMI имеет два типа: A и C. Кабель типа A имеет 19-контактный разъем. Разъем типа C представляет собой уменьшенную версию разъема типа A и предназначен для использования с видеокамерами и прочими портативными устройствами. В стандарте HDMI версии 1.0 был определен и 29-контактный разъем типа B, однако он так и не нашел свой путь в производство.

На рис. 12.7 показан типичный кабель HDMI типа A и местоположение в его разъеме первого контакта. Цоколевка контактов этого разъема представлена в табл. 12.9.

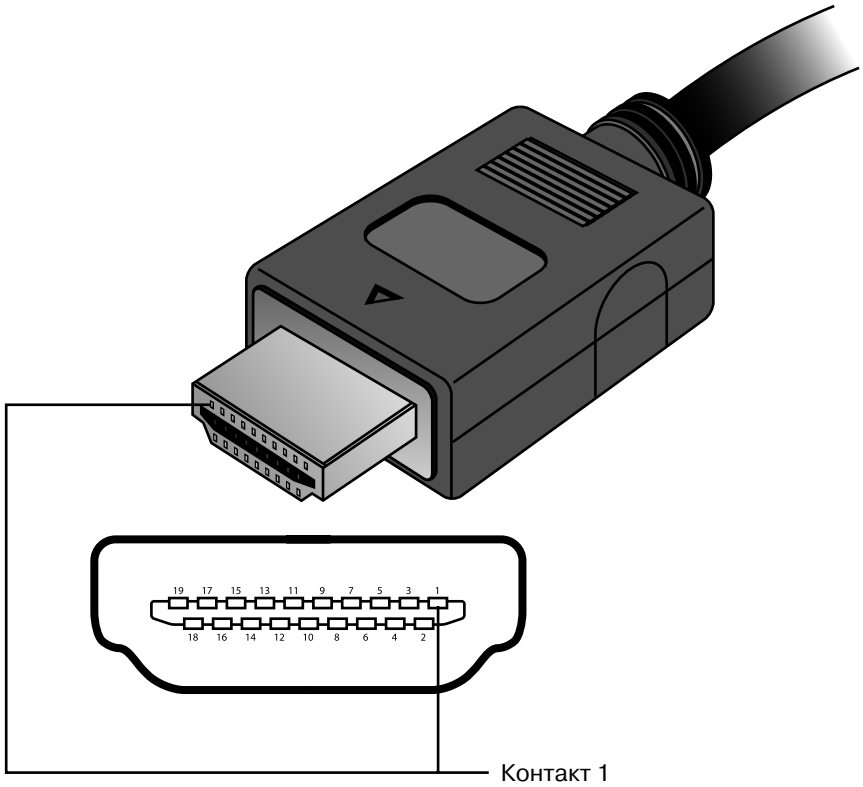


Рис. 12.7. Штекер кабеля HDMI типа A использует двухрядный 19-контактный интерфейс

Таблица 12.9. Раскладка контактов в разъеме HDMI типов A и C

Номер контакта	Описание	Номер контакта	Описание
1	TMDS Данные 2+	11	TMDS-синхронизация, общий
2	TMDS Данные 2 общий	12	–TMDS-часы
3	TMDS Данные 2–	13	CEC
4	TMDS Данные 1+	14	Зарезервирован
5	TMDS Данные 1 Общий	15	SCL
6	TMDS Данные 1–	16	SDA
7	TMDS Данные 0+	17	Общий DDC/CEC
8	TMDS Данные 0 Общий	18	+5 В
9	TMDS Данные 0–	19	Определение “горячего” подключения
10	TDMS синхронизация +	---	---

На рис. 12.8 показан типичный кабель адаптера HDMI-DVI.

Примечание

Переходник, показанный на рис. 12.8, не предназначен для работы с графическими адаптерами и драйверами, которые не поддерживают временной режим и разрешение HDTV. Перед использованием этого кабеля, возможно, понадобится обновить драйвер адаптера. Несмотря на то что многие автономные устройства также оснащены портами DVI, данный переходник предназначен для подключения к устройству DVI только компьютера.

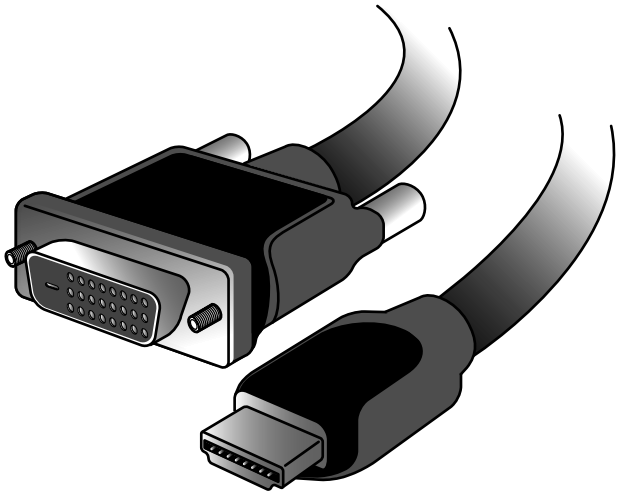


Рис. 12.8. Кабель адаптера HDMI-DVI

С 2006 года некоторые производители начали выпуск адаптеров PCI Express, содержащих порты HDMI. Одни из них были предназначены для двустороннего взаимодействия с видеокамерами HDV, в то время как другие, используя наборы микросхем ATI и NVIDIA, обеспечивали только выход HDMI.

Более подробно об интерфейсе HDMI можно узнать на сайте HDMI Founders по адресу `www.hdmi.org`.

Интерфейс DisplayPort

DisplayPort — новейший стандарт дисплейного интерфейса. Он разработан как замена интерфейсов VGA, DVI и HDMI в ПК, а также как еще один интерфейс для потребительской электроники наравне с HDMI. Изначально интерфейс DisplayPort был разработан компанией Dell в 2003 году, а в 2005 году был передан в VESA для утверждения в качестве стандарта, что и произошло в мае 2006 года.

DisplayPort разработан как замена цифровых и аналоговых интерфейсов предыдущего поколения, включая DVI, HDMI и даже VGA. Кроме того, данный интерфейс не предполагает лицензионных отчислений, как это имеет место в случае HDMI, или платы за реализацию, как в случае с DVI. Кроме того, DisplayPort разработан как внутренний или внешний интерфейс, что означает возможность его применения вместо интерфейса FPD-Link (Flat Panel Display-Link), используемого в большинстве портативных ПК. Иными словами, DisplayPort разработан как совершенный дисплейный интерфейс для ПК, используемый в настоящее время, а также в будущем.

Цифровые дисплейные интерфейсы предыдущего поколения, такие как DVI и HDMI, использовали схему передачи данных TMDS (Transition Minimized Differential Signaling), требующую дополнительных логических компонентов со стороны источника сигнала и дисплея, как правило, лицензированных компанией Silicon Image. Вместо этого стандарт DisplayPort использует пакетный интерфейс (подобно сетевым интерфейсам), который может быть легко

реализован без применения дополнительных логических элементов, как в случае DVI или HDMI. DisplayPort можно сравнить с производительной сетью Ethernet, предназначенной для передачи видео; сетеподобная архитектура позволяет передавать несколько видеопотоков через одно соединение, а значит, к одному порту можно подключить несколько мониторов.

Из-за отсутствия лицензионных отчислений порт DisplayPort получил широкое распространение. Фактически все новые наборы микросхем и графические процессоры от Intel, NVIDIA и AMT/ATI, выпускаемые с 2008 года, имеют встроенную поддержку DisplayPort. В 2008 году основные производители, такие как Dell, HP/Compaq, Lenovo и Apple, представили продукты с поддержкой DisplayPort и заявили, что считают DisplayPort наследником портов DVI и HDMI для подключения цифровых устройств.

С технической стороны DisplayPort — производительный последовательный интерфейс с четырьмя основными линиями данных (дифференциальные сигнальные пары) для передачи мультиплексированных видео- и аудиоданных, каждая из которых поддерживает пропускную способность 1,62, 2,7 или 5,4 Гбит/с (DisplayPort версии 1.2 или более новой). При использовании всех четырех линий это соответствует пропускной способности 6,48, 10,8 или 21,6 Гбит/с. С учетом применения кодирования 8b/10b, при котором только 8 из 10 битов являются реальными данными, результирующая эффективная пропускная способность составляет 5,184, 8,64 или 17,28 Гбит/с соответственно.

Передача звука является опциональной; при этом поддерживаются до восьми каналов с 16- или 24-разрядными данными PCM и частотой дискретизации 48, 96 или 192 кГц; максимальная пропускная способность для передачи несжатого звука — 6144 Мбит/с. Основные характеристики DisplayPort 1.1 приведены ниже.

- Небольшие внешние коннекторы (лишь чуть больше USB) с необязательными фиксаторами. Четыре разъема могут быть размещены на одной планке-заглушке разъема PCIe и легко помещаются на корпусе ноутбука.
- Длина кабеля до 15 метров, что позволяет подключать удаленно расположенные дисплеи или проекторы.
- Сетевая архитектура микропакетов с поддержкой от одной до четырех лет. Соединения могут использовать только необходимое количество линий, чтобы сократить количество используемых проводов.
- Высокая производительность. Истинная полоса пропускания данных 8,64 Гбит/с (четыре линии с пропускной способностью 2,16 Гбит/с каждая) обеспечивает поддержку разрешения WQXGA 2560×1600.
- Поддержка внутренних (встроенных) и внешних подключений ЖК-экранов. Благодаря этому обеспечивается универсальность интерфейса для настольных и портативных систем.
- Опциональная передача аудио на дисплеи со встроенными динамиками.
- Опциональная поддержка HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection) для воспроизведения защищенных записей.
- Совместимость с DVI и HDMI через коннектор DisplayPort. Подключение к DVI или HDMI возможно с помощью простых и недорогих адаптеров.
- Дополнительный канал 1 Мбит/с, обеспечивающий двунаправленное подключение встроенных камер, микрофонов и т.д.
- Коннектор, который может обеспечить непосредственное питание ЖК-мониторов некоторых типов.
- Опциональные фиксаторы на коннекторе, которые обеспечивают надежную фиксацию без применения болтов и других подобных элементов.

Стандарт DisplayPort 1.2 полностью совместим с версией 1.1 и обеспечивает ряд дополнительных возможностей.

- Увеличенная в два раза производительность. Стандарт DisplayPort 1.2 поддерживает полную пропускную способность 21,6 Гбит/с (истинная составляет 17,28 Гбит/с), что более чем в два раза превышает характеристики HDMI 1.3a и практически в три раза — характеристики DVI.
- Несколько потоков данных, что позволяет подключить цепочкой два монитора с разрешением WQXGA 2560×1600 или четыре монитора с разрешением WUXGA 1920×1200 к одному кабелю.
- Увеличенная до 480 Мбит/с пропускная способность дополнительного канала. Это позволяет подключать такие устройства USB 2.0, как камеры, микрофоны и т.д.
- Разъем Mini DisplayPort. Данный разъем приблизительно в два раза меньше, но обеспечивает те же возможности для ноутбуков и других компактных устройств.

Сравнительные характеристики различных версий стандарта DisplayPort представлены в табл. 12.10.

Таблица 12.10. Версии стандарта DisplayPort

Версия	Дата выпуска	Примечание
DisplayPort 1.0	Май 2006 года	Первая версия стандарта
DisplayPort 1.1	Март 2007 года	Представлен класс "гибридных устройств", добавлена поддержка стандарта защиты содержимого HDCP, а также увеличены требования к разъему по мощности питания
DisplayPort 1.1a	Январь 2008 года	Мелкие исправления и дополнения
DisplayPort 1.2	Конец 2009 года	Увеличение пропускной способности в два раза, поддержка нескольких потоков данных, скоростного дополнительного канала, а также коннектора Mini DisplayPort

Коннектор DisplayPort содержит 20 контактов и по размерам лишь чуть больше USB (15,9×12 мм). Контакты соответствуют четырем линиям данных (дифференциальным парам), кроме того, имеются контакты конфигурации и питания. Примеры кабеля и гнезда DisplayPort представлены на рис. 12.9-12.10.

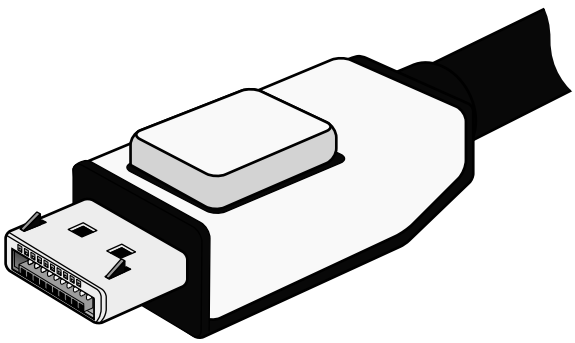


Рис. 12.9. Коннектор кабеля DisplayPort с фиксатором (Belkin)

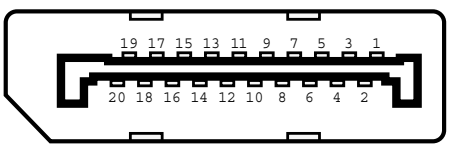


Рис. 12.10. Гнездо DisplayPort и конфигурация его разъемов

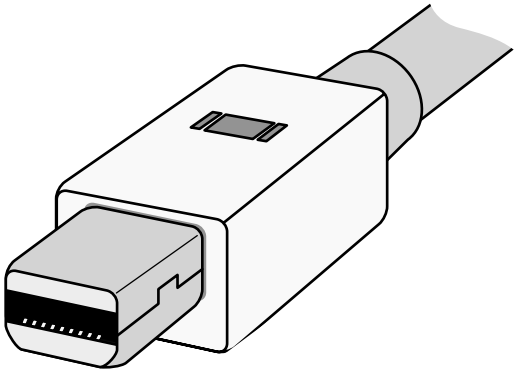


Рис. 12.11. Кабель Mini DisplayPort с коннектором (Apple)

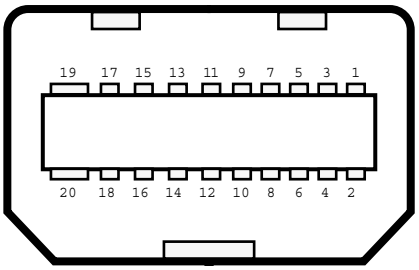


Рис. 12.12. Гнездо Mini DisplayPort и конфигурация его разъемов

Компания Apple представила коннектор Mini DisplayPort в октябре 2008 года; этот коннектор был включен в официальный стандарт DisplayPort версии 1.2 и более поздних версий. Коннектор Mini DisplayPort содержит те же 20 контактов и соответствует всем остальным характеристикам стандартного коннектора DisplayPort, однако практически в два раза меньше (всего 7,4 мм в ширину). Примеры кабеля и гнезда Mini DisplayPort представлены на рис. 12.11 и 12.12. Назначение контактов гнезда DisplayPort описано в табл. 12.11.

Таблица 12.11. Назначение контактов коннектора DisplayPort

Верхний ряд		**Нижний ряд**	
Номер контакта	**Описание**	**Номер контакта**	**Описание**
1	Линия 0+	2	Земля
3	Линия 0-	4	Линия 1+
5	Земля	6	Линия 1-
7	Линия 2+	8	Земля
9	Линия 2-	10	Линия 3+
11	Земля	12	Линия 3-
13	Config1	14	Config2
15	Aux. CH+	16	Земля
17	Aux. CH-	18	Hot Plug Detect
19	Возврат питания	20	Питание +3,3 В

Приведенная схема относится к коннекторам устройств-источников. В коннекторах устройств-приемников линии 0–3 зарезервированы по порядку (таким образом, линии 3 соответствуют контакты 1 и 3, линии 0 — контакты 10 и 12 и т.д.).

Питание +3,3 В при максимальной нагрузке 500 мА.

Организация VESA разработала несколько значков и логотипов, касающихся DisplayPort. Базовый значок DisplayPort используется для маркировки продуктов с поддержкой технологии DisplayPort, в то время как логотип DisplayPort Certification Compliance используется в маркетинговых материалах для описания устройств, прошедших полный набор тестов на совместимость с другими устройствами DisplayPort. Логотип DisplayPort Certification Compliance представлен на рис. 12.13. Организация VESA постоянно обновляет список совместимых устройств, доступный по адресу `www.displayport.org`.

Логотип DisplayPort Multimode добавляет два значка + для указания обратной совместимости устройства со стандартами DVI и HDMI (с помощью недорогих адаптеров). Значок DisplayPort Multimode представлен на рис. 12.14. Недорогой адаптер DisplayPort-DVI представлен на рис. 12.15.



Рис. 12.13. Логотип DisplayPort Certification Compliance (слева)



Рис. 12.14. Значок, указывающий на устройство DisplayPort с поддержкой Multimode (DVI и HDMI) (справа)

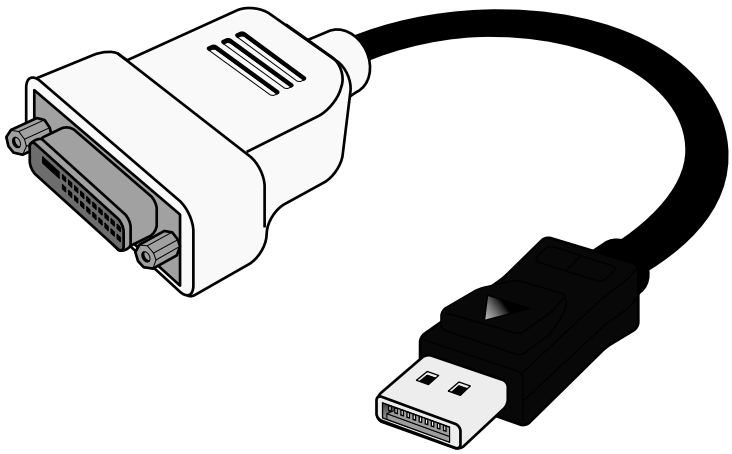


Рис. 12.15. Адаптер DisplayPort-DVI, используемый совместно с коннекторами MultiMode DisplayPort

Когда впервые был представлен интерфейс DisplayPort, многие задавались вопросом: зачем необходим еще один цифровой дисплейный интерфейс при наличии DVI и HDMI? К сожалению, для обоих этих интерфейсов характерны определенные технические ограничения, а также некоторые моменты, связанные с лицензированием, которые препятствуют их действительно широкому распространению. Интерфейс DisplayPort разработан не только для преодоления подобных технических ограничений, но и для решения всех нюансов с лицензированием. Расширенные технические возможности DisplayPort, объединенные с отменой лицензирования и обратной совместимостью с существующими интерфейсами, дают все основания быть уверенными в очень быстром распространении данного интерфейса на рынке ПК.

Стандарты формирования видеосигнала

Первые попытки обработать изображение были предприняты на телевидении. Но телевизионные сигналы существенно отличаются от сигналов в компьютерах. В США стандарты для цветного телевидения были введены в действие в 1953 году Национальным комитетом по телевизионным системам (National Television System Committee — NTSC). Некоторые страны, например Япония, поддерживают этот стандарт, а в Европе были разработаны собственные стандарты: PAL (Phase Alternate Line) и SECAM (SEquential Couleur Avec Memoire). Различия между телевизионными стандартами приведены в табл. 12.12.

С помощью адаптеров VGA/NTSC можно просматривать созданные компьютером изображения на обычном телевизоре и записывать их на видеомагнитофон. Подобные устройства де-

лятся на две категории: с полной “привязкой” (для взаимной синхронизации многих источников видеосигналов или телевизионных устройств и компьютера) и без таковой. Первые обеспечивают высокую стабильность сигналов; они необходимы, например, для качественной записи на ленту, однако при обычной демонстрации можно обойтись более простыми конвертерами.

Таблица 12.12. Стандарты на телевизионные сигналы и видеосигналы в мониторах компьютеров

Стандарт	Год ввода в действие	Страна	Количество строк	Частота кадров, Гц
		Телевизионный		
NTSC	1953 (цветной); 1941 (черно-белый)	США, Япония	525	60
PAL	1941	Европа[1]	625	50
SECAM	1962	Франция	625	25
HDTV[2]		Различные страны	1080i	25
			720p	60
		Компьютерный		
VGA	1987	США	640×480[3]	72

1. Англия, Голландия, Германия.

2. Различные аналоговые и цифровые стандарты HDTV были представлены во многих странах, начиная с Франции в 1948 году (SECAM 755i, теперь уже неподдерживаемая аналоговая версия); японского аналога MUSE 1035i (с 1979 года по настоящее время). В таблице приведены два американских стандарта (оба цифровые); в других странах используются другие аналоговые и цифровые стандарты.

3. Стандарт VGA основан на пикселях (480), а не на линиях развертки; внешняя синхронизация позволяет трансформировать пиксели в линии и синхронизировать компьютер с телевизионным стандартом вещания.

Конвертеры выпускаются либо как встраиваемые платы, либо как отдельные устройства (для портативного компьютера). Такие внешние устройства не заменяют адаптер VGA, а подключаются к нему извне с помощью кабеля. Во встраиваемых конвертерах, помимо входного и выходного портов VGA, устанавливаются стандартные видеоразъемы. На задней панели многих видеоадаптеров высшей и средней ценовой категорий от компаний NVIDIA и ATI расположены TV-выходы. Как правило, конвертеры поддерживают телевизионные стандарты NTSC и PAL. Разрешение, отображаемое на экране телевизора и фиксируемое видеомагнитофоном, обычно не превышает 640×480 пикселей; однако TV-выходы новейших видеоадаптеров позволяют получать разрешающую способность экрана 800×600.

Для подключения ПК к монитору HDTV используйте кабель HDMI, если в системе предусмотрен такой порт. В противном случае можно воспользоваться адаптером DVI-D-HDMI или DVI-I-компонентным. Если для просмотра телевидения высокой четкости требуется поддержка HDCP, то и монитор, и адаптер должны поддерживать эту спецификацию; в противном случае просмотр программ будет либо вообще невозможен, либо возможен, но с пониженным разрешением.

Ускорители трехмерной графики

С конца 1990-х годов ускорители трехмерной графики, некогда бывшие предметом роскоши, использовавшимся лишь заядлыми игроками и аниматорами, стали общепризнанными и популярными устройствами. С появлением операционных систем Windows XP и Vista трехмерные изображения стали доступны и в интерфейсе пользователя, став обязательным элементом современных компьютерных игр. Поскольку даже малобюджетные системы с интегрированной графикой предлагают поддержку трехмерной графики, а видеоадаптеры уже перешагнули в развитии десятое поколение, практически каждый пользователь современного ПК получает возможность насладиться трехмерным освещением, перспективой, красивыми текстурами и эффектами затенения в своих любимых играх.

Примечание

Минимальное требование Windows Vista к графической подсистеме — поддержка API DirectX 7 3D; однако для обеспечения работы "объемного" интерфейса пользователя 3D Aero графическая подсистема должна поддерживать DirectX 9 и выше. Последние игры требуют наличия интерфейса DirectX 10, который не доступен в Windows XP.

Как работает ускоритель трехмерной графики

Для создания анимированной последовательности трехмерных изображений компьютеру необходимо математически интерполировать последовательность кадров между ключевыми позициями. В ключевом кадре определяются специальные точки смещения. У прыгающего мяча, например, есть три ключевые позиции: подскок вверх, падение вниз и соприкосновение с поверхностью. Используя эти позиции в качестве шаблона, компьютер создает промежуточные изображения между разными позициями перемещения мяча, в результате чего движение будет отображаться самым естественным образом.

После создания основной последовательности система окрашивает изображения, улучшая тем самым их внешний вид. Самый примитивный метод заполнения называется *плоскостным затенением*, при котором объект "заполняется" каким-либо однородным цветом. *Затенение Гуро* — это более эффективная технология, позволяющая установить цвет для определенных точек формы. Затем эти точки объединяются, и переход одного цвета в другой становится более плавным.

Более требовательный к вычислительной мощности процессора, но и гораздо более эффективный метод — *наложение текстур*. Трехмерная программа использует шаблоны или текстуры в качестве небольших растровых карт изображения, которые складываются в форму изображения, что похоже на многократное использование одного образца растровой карты для покрытия рабочего стола Windows. Единственное отличие состоит в том, что трехмерная программа имеет возможность изменять внешний вид каждой карты с помощью перспективы и затенения для получения эффекта трехмерности. При добавлении таких эффектов освещения, как туман, направленные тени, отблеск от гладких объектов и других, трехмерная анимация максимально приближается к реальному изображению.

Вплоть до конца 1990-х годов трехмерные программы существенно зависели от обработки данных, благодаря которой абстракции преобразовывались в непосредственное изображение. Все это становилось тяжелой ношей для процессора ПК, которому приходилось не только обрабатывать визуальные данные, но и одновременно выполнять другие приложения и системные службы. В 1996-1997 годах наборы микросхем большинства видеоадаптеров стали использоваться для визуализации трехмерных изображений, существенно уменьшая нагрузку на центральный процессор и тем самым многократно увеличивая быстродействие системы.

Всего существует десять поколений графических ускорителей, которые представлены в табл. 12.13.

Таблица 12.13. Краткая история ускорителей трехмерной графики

Поколение	Дата появления	Технология	Пример
Первое	1996-1997 гг.	3D-ускоритель в виде платы PCI, который подключался через обычную видеоплату, предназначенную для отображения двухмерной графики; API OpenGL и GLIDE	3dfx Voodoo
Второе	1997-1998 гг.	PCI-видеоадаптер, поддерживающий функции как двухмерной, так и трехмерной графики	ATI Rage, NVIDIA RIVA 128
Третье	1999 г.	Видеоадаптер, поддерживающий функции как двухмерной, так и трехмерной графики; стандарт AGP 1x/2x	3dfx Voodoo 3, ATI Rage Pro, NVIDIA TnT2
Четвертое	1999-2000 гг.	API DirectX 7, стандарт AGP 4x	NVIDIA GeForce 256, ATI RADEON
Пятое	2001 г.	API DirectX 8, программируемые вершинные и пиксельные шейдеры	NVIDIA GeForce 3, NVIDIA GeForce 4 Ti

Окончание табл. 12.13

Поколение	Дата появления	Технология	Пример
Шестое	2001-2002 гг.	API DirectX 8.1	ATI RADEON 8500, ATI RADEON 9000
Седьмое	2002-2003 гг.	API DirectX 9, стандарт AGP 8x	ATI RADEON 9700, NVIDIA GeForce FX 5900
Восьмое	2004-2005 гг.	Стандарты AGP 8x и PCI Express	ATI X800, NVIDIA GeForce 6800
Девятое	С 2005 года по настоящее время	Два видеоадаптера PCI Express x8, x16	ATI X1K, NVIDIA GeForce 7800; ATI CrossFire, системные платы на базе набора микросхем NVIDIA nForce SLI и совместимые видеоадаптеры
Десятое	С 2007 г.	DirectX 10, Windows Vista	ATI HD 2xxx, NVIDIA GeForce 8x

Поскольку практически все современные видеоплаты, присутствующие на рынке, поддерживают функции DirectX 9.0 и даже более расширенный набор функций, вам не придется тратить много денег при желании получить трехмерную графику высокого уровня. Выпускается немало видеоплат ценового диапазона 50–150 долларов, основанных на менее производительных версиях современных графических наборов микросхем или на графических наборах микросхем предыдущего поколения. Подобные решения обеспечивают высочайший уровень быстродействия в двухмерных приложениях. Большинство современных 3D-ускорителей также поддерживают работу с двумя мониторами и функцию вывода сигнала на телевизор, что позволяет работать и отдыхать одновременно.

Однако не следует забывать, что чем дороже плата 3D-акселератора, тем более быстродействующий ускоритель и больший объем видеопамяти она предлагает. Если деньги для вас не являются решающим фактором или если вы как заядлый игрок готовы отдать последнее за самое современное решение, можете приобрести графический адаптер примерно за 500 долларов. В то же время на рынке имеется множество производительных моделей от ATI и NVIDIA в ценовом диапазоне 400–500 долларов. Некоторые из этих плат допускают спаривание (NVIDIA SLI и ATI CrossFire), что позволяет объединить мощности двух графических процессоров.

Более дешевые решения, стоимостью 100–300 долларов, часто базируются на функционально усеченных графических процессорах (например, уменьшено количество конвейеров рендеринга или блоков текстурирования). Кроме того, часто занижается частота ядра и памяти, а также уменьшается ширина шины памяти. Подобные платы предназначены для тех пользователей, которые не могут позволить себе приобрести игровую плату высокого уровня.

Прежде чем приобретать плату 3D-ускорителя, необходимо ознакомиться с терминами и концепциями, связанными с формированием трехмерного изображения.

Итак, главной функцией программ создания трехмерной графики является преобразование графических абстрактных объектов в изображения на экране компьютера. Обычно абстрактные объекты включают три составляющие.

- **Вершины.** Задают местоположение объекта в трехмерном пространстве, определяемое координатами X, Y и Z.
- **Примитивы.** Простые геометрические объекты, с помощью которых конструируются более сложные объекты. Их положение задается расположением определяющих точек (обычно вершин). Для конструирования изображений трехмерных объектов при построении примитивов учитывается также эффект перспективы.
- **Текстуры.** Двухмерные изображения, или поверхности, налагаемые на примитивы. Программное обеспечение усиливает эффект трехмерности, изменяя вид текстур в зависимости от положения примитива (т.е. расстояния до примитива и его наклона); этот процесс называют *перспективной коррекцией*. В некоторых приложениях используется другая процедура, называемая *отображением MIP*; в этом случае применяются различные версии одной и той же текстуры, которые содержат разное количество деталей (в зависимости от расстояния до объекта в трехмерном пространстве). При отображении удаляющихся объектов уменьшается насыщенность и яркость цветов текстуры.

Эти абстрактные математические описания должны быть визуализированы, т.е. преобразованы в видимую форму. Процедура визуализации основывается на двух жестко стандартизированных функциях, предназначенных для составления выводимого на экран целостного изображения из отдельных абстракций. Ниже представлены две стандартные функции.

- **Геометризация.** Определение размеров, ориентации и расположения примитивов в пространстве и расчет влияния источников света.
- **Растеризация.** Преобразование примитивов в пиксели на экране с нанесением нужных затенений и текстур.

В современные видеоадаптеры, в которых графический процессор может выполнять функции ускорения трехмерной графики, встраиваются специальные электронные схемы, выполняющие растеризацию гораздо быстрее, чем программное обеспечение. Ниже описаны функции растеризации, осуществляемые большинством предназначенных для этого современных наборов микросхем.

- **Растровое преобразование.** Определение того, какие пиксели экрана покрываются каждым из примитивов.
- **Обработка полутонов.** Цветовое наполнение пикселей с плавными переходами между объектами.
- **Наложение текстур.** Наложение на примитивы двухмерных изображений и поверхностей.
- **Определение видимых поверхностей.** Определение пикселей, покрываемых ближайшими к зрителю объектами.
- **Анимация.** Быстрое и четкое переключение между последовательными кадрами движущегося изображения.
- **Сглаживание.** Плавное изменение цветовых границ для сглаживания контуров формируемых объектов.

Типичные трехмерные технологии

Среди типовых технологий обработки трехмерной графики можно выделить следующие.

- **Вуалирование.** Имитация окутывания туманом фоновых объектов, что позволяет в играх неожиданно появляться близко расположенным объектам (сооружениям, врагам и т.д.).
- **Затенение Гуро.** Интерполирование цветов, позволяющее сферическим объектам выглядеть гладкими.
- **Полупрозрачность.** Одна из первых технологий обработки трехмерной графики, позволяющая имитировать полупрозрачную среду, такую как дым, вода или стекло. Полупрозрачность может использоваться для имитации текстур, однако эта технология менее реалистична, чем рельефное текстурирование.
- **Буфер шаблонов.** Активно используется в играх (особенно в жанре авиасимуляторов), где есть статическая графика, например приборная модель, отображаемая поверх динамически изменяемой картинки (ландшафт, другие самолеты, небо и т.п.). В данном случае область экрана, занимаемая приборной панелью, не участвует в обработке полутонов. Это сокращает время обработки и повышает частоту кадров в анимации.
- **Z-буферизация.** Изначально применялась в системах автоматизированного проектирования. Часть видеопамяти, отведенная для Z-буфера, содержит информацию о глубине сцены. При визуализации эти данные служат для построения законченного изображения: пиксели, которые располагаются ближе, будут визуализированы, в отличие от пикселей, закрытых другими объектами. Этот метод ускоряет обработку и может использоваться совместно с буфером шаблонов для создания объемных теней и прочих сложных трехмерных объектов.

- **Рельефное текстурирование.** Предназначено для воспроизведения шероховатых текстур, таких как водная рябь, камни и другие сложные поверхности. Это делает игровые сцены и ландшафты более реалистичными. Тем не менее функция, называемая смещением карт, позволяет получить еще более точные результаты.
- **Карты смещения.** Эти специальные полутоновые карты долгое время использовались для создания точных карт поверхности земного шара. Библиотека DirectX 9 и DirectX 10 позволяет использовать аппаратные полутоновые карты смещения в качестве источника точной трехмерной визуализации. Графические ускорители, полностью поддерживающие DirectX 9 и 10, на аппаратном уровне поддерживают карты смещения.

Улучшенные технологии наложения текстур

Для визуализации трехмерных сцен с высокой степенью детализации необходимо применять специальные методы наложения текстур, которые устраняют нежелательные эффекты и делают сцены более реалистичными.

- **Билинейная фильтрация.** Улучшение качества изображения небольших текстур, помещенных на большие многоугольники. Эта технология устраняет эффект "блочности" текстур.
- **Множественное отображение.** Улучшение качества отображения объектов путем формирования последовательности текстур одного и того же изображения с уменьшающимся разрешением; является разновидностью сглаживания.
- **Трилинейная фильтрация.** Комбинация билинейной фильтрации и множественного отображения; вычисляет наиболее реалистичные цвета, необходимые для пикселей каждого из многоугольников, путем сравнения двух множественных образов. Этот метод предпочтительнее обособленного использования множественного отображения или билинейной фильтрации.

Примечание

Билинейная и трилинейная фильтрации обеспечивают наилучшие результаты при просмотре поверхностей под прямым углом.

- **Анизотропная фильтрация.** Этот метод, используемый производителями некоторых видеокарт, позволяет более реалистично отображать текст, нанесенный на наклонные поверхности. Данная технология используется при нанесении текстуры на поверхность, изменяющуюся в трех пространственных измерениях (например, текст, нанесенный на стене, вдоль которой проносится автомобиль). Эта операция требует дополнительных затрат времени, поэтому может быть отключена. Для достижения баланса между качеством изображения и реалистичностью можно скорректировать уровень детализации.
- **T-буфер.** С помощью этой технологии уменьшается эффект ступенчатости (искажения в экранном изображении вследствие его масштабирования) в компьютерной графике; например, когда диагональ сформирована в виде лесенки, объект перемещается рывками, неточно визуализированы тени, отражения и внешний вид объекта кажутся смазанными. При использовании этой технологии кадровый буфер заменяется буфером, в котором собирается несколько операций визуализации перед выводом на экран готового изображения. В отличие от других трехмерных технологий для использования T-буфера нет необходимости модифицировать или оптимизировать уже имеющееся программное обеспечение. Основная сфера применения T-буфера — формирование практически "телевизионного" реализма в визуализированной трехмерной анимации. Ложкой дегтя в использовании T-буфера для включения параметра сглаживания является существенное уменьшение скорости работы приложения. Эта технология зародилась в уже не существующей компании 3dfx. Несмотря на некоторые недостатки, поддержка T-буфера внедрена в версию DirectX 8.0 и выше.

- **Интегрированные функции трансформации объектов и распределения освещения (T&L).** При формировании трехмерной анимации объект трансформируется при переходе из одного кадра в другой, после чего освещение изменяется в соответствии с перемещением объекта. T&L — это стандартная функция DirectX начиная с версии 7. Первыми графическими адаптерами, оснащенными блоком T&L, были NVIDIA GeForce 256 и ATI RADEON. Теперь это стандартная функция всех видеоплат.
- **Полноэкранное сглаживание.** Уменьшение неровностей, возникающих при увеличении разрешения, посредством сглаживания цветовых границ для обеспечения плавных цветовых переходов. В первых трехмерных программах сглаживание использовалось только при обработке отдельных объектов; современные графические процессоры, созданные компаниями NVIDIA и ATI, позволяют использовать эту технологию для всего экрана.
- **Сопряжение/сглаживание вершин.** Сглаживание областей сочленений двух полигональных объектов, например рук или ног с телом анимированного персонажа.
- **Интерполяция ключевого кадра.** Оживление перехода от одного выражения лица к другому, что позволяет при отсутствии скелетной анимации сделать мимику более естественной. За подробной информацией обратитесь на сайт компании ATI.
- **Программируемая трансформация вершин и обработка полутонов пикселей.** Эта технология стала стандартной частью DirectX с версии 8.0. Она была введена компанией NVIDIA в функции *nfiniteFX* видеоадаптера GeForce3 и позволяет разработчикам программного обеспечения модифицировать эффекты наподобие сопряжения вершин и обработки полутонов (улучшенный метод преобразования неправильных поверхностей). Это дает возможность избавиться от применения относительно малого количества эффектов с заранее определенными характеристиками. Процессоры, поддерживающие DirectX 8 и 9, используют отдельные вершинные и пиксельные обработки полутонов. В DirectX 10 введена новая архитектура, содержащая унифицированную обработку полутонов, которая может применяться как для вершинной, так и для пиксельной обработки.
- **Вычисления с плавающей запятой.** DirectX 9 и более поздние версии поддерживают данные с плавающей запятой, что позволяет добиться более естественной цветопередачи и точного воспроизведения многоугольников. В DirectX 9 применяется точность 32 разряда для вершинной и 24 разряда для пиксельной обработки полутонов. В версии DirectX 9c точность пиксельной обработки была повышена до 32 разрядов, что позволило в версии DirectX 10 унифицировать обработку полутонов.

Однопроходная или мультипроходная визуализация

В различных видеоадаптерах применяются разные технологии визуализации. В настоящее время практически во всех видеоадаптерах фильтрация и основная визуализация выполняются за один проход, что позволяет увеличить частоту кадров. Видеоадаптеры с функцией однопроходной визуализации и фильтрации обычно являются более быстродействующими при работе с трехмерными программами и позволяют избежать искажений, вызванных ошибками в множественных вычислениях значений с плавающей запятой во время визуализации. Однопроходная визуализация стандартизирована в DirectX 9 и 10.

Аппаратное или программное ускорение

При аппаратной визуализации достигается гораздо лучшее качество изображения и скорость анимации, чем при программной. Используя специальные драйверы, новые видеоадаптеры выполняют все нужные вычисления с неслыханной ранее скоростью. Для работы с приложениями трехмерной графики, а также для современных игр это технологическое решение просто неоценимо. Обратите внимание на то, что интегрированные графические системы обеспечивают низкий уровень производительности, поскольку основная нагрузка по трех-

мерной визуализации возлагается на центральный процессор, а не на графический процессор видеоадаптера.

Чтобы обеспечить такую производительность, большинство видеоадаптеров работают на высоких частотах (иногда превышающих рабочую частоту микросхемы RAMDAC), т.е. "разогнаны", а следовательно, выделяют большое количество тепла. В большинстве современных высококачественных видеоадаптеров для охлаждения модулей видеопамяти используются теплоотвод и вентилятор (см. рис. 12.1), что упрощает "разгон" видеокарты.

Программная оптимизация

Следует подчеркнуть, что расширенные функции трехмерной визуализации видеоадаптера совершенно бесполезны до тех пор, пока разработчики игр и программных приложений не оптимизируют свои продукты для использования всех преимуществ таких функций. Несмотря на наличие двух конкурирующих стандартов трехмерной графики (OpenGL и DirectX), производители видеоадаптеров создают драйверы, позволяющие пользователям наслаждаться игрой, оптимизированной под любой из стандартов. Поскольку некоторые видеоадаптеры лучше подходят для определенных игр, перед покупкой очередной игры стоит ознакомиться с ее обзорами в популярных журналах и на сайтах, посвященных компьютерным играм и видеоадаптерам. Обычно выход новой версии DirectX или OpenGL и их реализацию в программах разделяет несколько месяцев.

Для ряда видеоадаптеров можно увеличить быстродействие, настроив параметры оптимизации OpenGL, Direct 3D, RAMDAC, тактовые частоты и другие параметры. Следует заметить, что упрощенные драйверы видеокарт, содержащиеся в операционных системах Windows, не имеют диалоговых окон настройки этих параметров, так что лучше установить драйверы, входящие в комплект поставки видеокарты или загруженные с сайта производителя графического процессора или адаптера. (Иногда лучше устанавливать драйвер от производителя адаптера, так как он может обеспечивать более полную поддержку всех функций, реализованных в видеокарте.)

Интерфейс прикладного программирования

Благодаря интерфейсу прикладного программирования (API) разработчикам аппаратного и программного обеспечения предоставляются средства создания драйверов и программ, работающих быстрее на большом количестве платформ. Программные драйверы разрабатываются для взаимодействия непосредственно с API, а не с операционной системой и программным обеспечением.

В настоящее время ведущими игровыми интерфейсами API являются OpenGL, разработанный компанией SGI, и Direct3D, разработанный компанией Microsoft как часть DirectX. Все современные видеоадаптеры поддерживают как OpenGL, так и Direct3D. В свое время был распространен еще один игровой API — Glide, который можно считать расширенной версией OpenGL, однако его поддерживали только видеоадаптеры производства компании 3dfx, которая уже давно прекратила свое существование.

OpenGL

Последняя версия данного интерфейса API, OpenGL 4.1, была выпущена 25 июля 2010 года. Она содержит язык поддержки обработки полутонов OpenGL, программируемые вершинные и фрагментарные шейдеры, множественную обработку полутонов, поддержку не квадратных матриц, текстуры sRGB и не кратные степени двойки, точечные спрайты и раздельные шаблоны для лицевой и тыльной сторон графических примитивов.

И хотя OpenGL всегда был популярным интерфейсом в играх, он широко применяется и в производственной сфере, в том числе в картографии. Системы Windows XP и Vista могут поддерживать OpenGL как на программном уровне, так и посредством графических акселераторов. Для обеспечения в конкретном адаптере поддержки OpenGL изготовитель должен

включить в его поставку устанавливаемый клиентский драйвер (ICD). Таким образом, обновление драйвера поможет повысить производительность как Direct3D, так и OpenGL.

Microsoft DirectX 9.0c, 10 и 11

Direct3D — это составная часть разработанного компанией мультимедийного API DirectX. Хотя последние версии DirectX (9.0c и 10) поддерживали поверхности высокого порядка (при этом трехмерные поверхности представлялись кривыми), вершинные и пиксельные шейдеры, реализация данных функций в DirectX разных версий кардинально отличается.

В DirectX 9.0c, как в версиях 8.0, 8.1 и 9.0, при формировании трехмерных объектов используются раздельные вершинные и пиксельные шейдеры. Несмотря на то что в DirectX 9.0c повышена точность обработки данных, поддерживается больше инструкций, текстур и регистров, чем в предшествующих версиях, раздельное использование шейдеров замедляет обработку объемных объектов, когда количество отображаемых пикселей превышает количество шейдеров, и наоборот. Шейдерная модель версии 3.0, используемая в DirectX 9.0c, является всего лишь развитием первой модели, использованной еще в 2001 году в DirectX 8.0. В ней только увеличено количество инструкций и повышена точность.

Версия DirectX 10, созданная специально для Windows Vista, основана на совершенно другом ядре с новой архитектурой шейдеров Shader Model 4. В ней к вершинному и пиксельному шейдерам добавлен геометрический для повышения реалистичности таких динамических событий, как взрыв. Однако наибольшее изменение в данной модели — это возможность оперативного переключения между операциями вершинного, геометрического и пиксельного шейдеров, позволяющего избежать узких мест в обработке любых трехмерных сцен и повысить общую производительность.

Примечание

С заменой отдельных пиксельного и вершинного шейдеров потоком визуализации трехмерных объектов в DirectX 10 производительность графических процессоров, поддерживающих DirectX 10, стала измеряться в количестве процессоров потоков. Каждый процессор потока может обеспечить вершинную, геометрическую и пиксельную обработку полутонов по мере необходимости.

При сравнении двух графических акселераторов, имеющих одни и те же процессор, объем памяти и шину памяти, более производительным оказывается тот, который имеет большее число процессоров потока.

Среди прочих архитектурных изменений в DirectX 10 — оптимизация процесса, уменьшающая нагрузку на центральный процессор. По сравнению с DirectX 9 при обработке различных типов изображений командные циклы в DirectX 10 сокращены примерно на 90%.

Стандарт DirectX 11, изначально разработанный Windows 7, обеспечивает поддержку нескольких новых функций.

- **Тесселяция.** Обеспечивает дополнительные стадии конвейера, тем самым увеличивая количество видимых полигонов при обработке.
- **Многопотоковая визуализация.** Обеспечивает выполнение команд Direct3D с применением нескольких ядер процессора.
- **Шейдеры вычисления.** Обеспечивают дополнительную стадию, независимую от конвейера Direct3D, что позволяет использовать графический процессор для выполнения вычислений общего характера.
- **Динамическое связывание шейдеров.** Обеспечивает улучшенную специализацию шейдеров во время выполнения приложения.

Также существует и версия DirectX 11 для Windows Vista.

Важно отметить, что графические процессоры, поддерживающие DirectX 10/11, полностью совместимы с более ранними версиями этого интерфейса, что позволяет запускать не только новые, но и старые игры. Ссылки для обновления DirectX можно найти по адресу `www.microsoft.com/directx`.

Рендеринг сцен с использованием двух графических процессоров

В табл. 12.15 я упомянул разработку решений на базе двух адаптеров PCI Express как девятое поколение решений ускорения трехмерной графики. Идея объединения двух видеоадаптеров для ускорения визуализации сцены отнюдь не нова. Еще адаптеры 3dfx Voodoo 2 поддерживали режим SLI (Scan Line Interleave — чередование строк кадра); при этом пара плат Voodoo 2 обрабатывала сцену последовательно: один адаптер обрабатывал нечетные строки (первую, третью, пятую и т.д.), а второй — четные (вторую, четвертую, шестую и т.д.). Несмотря на все преимущества данной технологии, использование двух адаптеров Voodoo 2 в режиме SLI оказалось дорогим удовольствием, доступным только обеспеченным поклонникам компьютерных игр.

Некоторые компании также экспериментировали с использованием двух графических процессоров на одной плате с целью увеличения быстродействия, однако подобные решения не снискали особой популярности. Тем не менее идея повышения быстродействия графической подсистемы благодаря использованию двух видеоадаптеров оказалась достаточно жизнеспособной и продолжила свое развитие даже после того, как компания 3dfx прекратила существование.

NVIDIA SLI

Когда компания NVIDIA приобрела все, что осталось от компании 3dfx, она также получила в свое распоряжение торговую марку SLI; в середине 2004 года NVIDIA представила собственную концепцию использования двух видеоадаптеров для визуализации сцены, назвав разработанную ею технологию также SLI. При этом с технической точки зрения версия SLI от компании NVIDIA не имеет практически ничего общего с одноименной технологией, изначально разработанной компанией 3dfx.

Компания NVIDIA расшифровывает термин *SLI* как Scalable Link Interface (масштабируемый связующий интерфейс). Под *масштабированием* понимается балансирование нагрузки, которое определяет, какой объем работ выполняет каждый из адаптеров при рендеринге определенной сцены в зависимости от сложности последней. Для обеспечения работы режима SLI необходимы следующие компоненты.

- Системная плата с шиной PCI Express на базе набора микросхем с поддержкой SLI, содержащая два разъема PCI Express, которые можно использовать в режиме SLI.
- Два видеоадаптера на базе графических процессоров производства компании NVIDIA с поддержкой SLI.

Примечание

Изначально режим SLI предполагал использование совершенно идентичных видеоадаптеров. Однако после выпуска компанией NVIDIA драйверов ForceWare версии 81.85 и более поздних в этом нет необходимости. Как и в случае с CrossFire, аналогичной разработкой от компании ATI, необходимы две платы на базе графических процессоров одного семейства (две платы GeForce 7800, две платы GeForce 6800 или две платы GeForce 6600), однако они могут быть производства разных компаний. Обновленные версии драйверов можно загрузить с сайта компании-производителя или непосредственно с сайта компании NVIDIA (www.nvidia.com). Более полную информацию о технологии SLI и совместимых с ней наборах микросхем и адаптерах можно получить на сайте SLI Zone (`http://sg.slizone.com`).

На рис. 12.16 представлена типичная система SLI. Обратите внимание на мост MIO, соединяющий оба видеоадаптера.

ATI CrossFire

Технология использования нескольких графических адаптеров от компании ATI, которая получила название CrossFire, использует три метода ускорения рендеринга трехмерных сцен: чередование рассчитываемых кадров; построчное, шахматное или иное чередование рассчитываемых пикселей, предполагающее разделение сцены на несколько частей, параметры которых рассчитываются разными адаптерами; разделение экрана на несколько непересекаю-

щихся зон (данный подход можно сравнить с балансировкой нагрузки при использовании режима SLI). Драйвер ATI Catalyst использует чередование рассчитываемых кадров для обеспечения наилучшего быстродействия, однако автоматически переключается на другие режимы, если запущенная игра не поддерживает чередование рассчитываемых кадров.

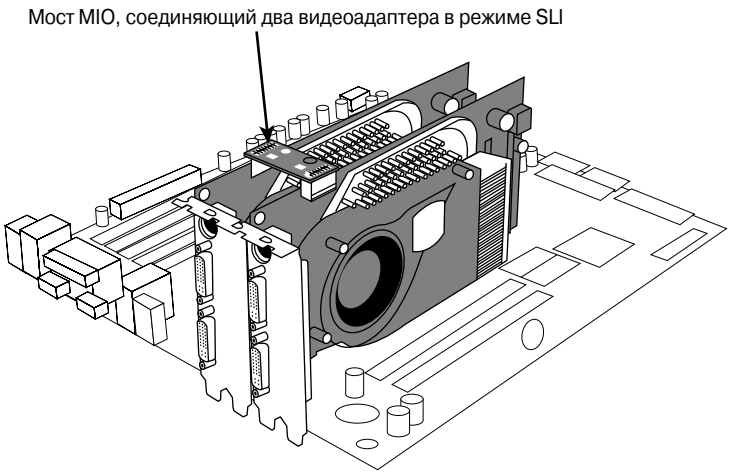


Рис. 12.16. Так выглядит система, поддерживающая технологию NVIDIA SLI

Для обеспечения более высокого качества изображения по сравнению с одиночным видеоадаптером режим CrossFire предлагает целый ряд дополнительных вариантов сглаживания SuperAA, которые позволяют накладывать результаты сглаживания каждым из адаптеров. Точно так же режим CrossFire позволяет улучшить результаты анизотропной фильтрации, накладывая результаты, полученные каждым из адаптеров.

Для обеспечения работы режима CrossFire необходимы следующие компоненты.

- Системная плата с шиной PCI Express на базе набора микросхем с поддержкой CrossFire, содержащая два разъема PCI Express, которые можно использовать в режиме CrossFire.
- Комбинация видеоадаптеров, которые поддерживают работу в режиме ATI CrossFire.

Примечание

Конкретные модели материнских плат, видеокарт, блоков питания, модулей памяти и корпусов, поддерживающих технологию CrossFire, можно найти по адресу `http://ati.amd.com/crossfire`.

Первое поколение карт CrossFire требовало от пользователей покупки специальных карт CrossFire Edition, которые содержали объединительную микросхему Xilink XC3S400, а также уникальный порт DMS-59, предназначенный для объединения плат. Одна из этих карт была спарена со стандартной платой Redeon той же серии с помощью внешнего кабеля, идущего от порта DVI стандартной карты к порту DMS специальной карты. Современные реализации CrossFire предполагают использование объединяющего моста (подобного компоненту SLI MIO).

Поддержку технологии можно отключить, при этом две карты смогут поддерживать два монитора. Также карты CrossFire можно использовать для реализации эффектов в играх, поддерживающих технологию HavokFX (`www.havok.com`).

Более подробно о технологии CrossFire можно узнать на сайте компании AMD (`http://ati.amd.com/crossfire`).

Наборы микросхем для обработки трехмерной графики

В настоящее время практически в каждом видеоадаптере есть набор микросхем от компании ATI (AMD), NVIDIA или Matrox, совместимый с трехмерным графическим акселератором. Поскольку на рынке присутствует уже несколько поколений видеоадаптеров от ведущих производителей, сделать правильный выбор для неискушенного пользователя порой весьма сложно. Информация о данных решениях доступна на сайтах компаний-производителей.

Мониторы

Мониторы, используемые с ПК, выпускаются с разным размером экрана, а также поддерживают различные разрешения. Существуют два основных типа мониторов — мониторы на жидких кристаллах (ЖК), а также мониторы на базе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Телевизоры и проекторы высокого разрешения базируются на технологиях ЖК; кроме того, в них могут использоваться плазменные технологии, а также технологии DLP (digital light processing). Все спецификации, технологии или функции, реализованные в мониторах для ПК, описаны в следующих разделах.

Спецификации мониторов

Существует целый ряд функций и характеристик, по которым мониторы отличаются друг от друга. Некоторые из них могут вызывать замешательство, одни из них являются важнее других. В следующих разделах подробно рассмотрены основные характеристики и спецификации мониторов, на которые следует обращать внимание при выборе устройства.

Размер экрана

Размеры экранов мониторов могут колебаться от 15 до 30 дюймов (или от 38 до 80 см) по диагонали. Мониторы с диагональю экрана меньше 15 дюймов также доступны, однако предназначены для специализированных применений (например, в компактных портативных системах, таких как нетбуки). Выпускаются мониторы и с размером экрана больше 30 дюймов, однако классифицируются они преимущественно как телевизоры или мультимедийные панели. Как правило, чем больше монитор, тем он дороже.

Размер экрана измеряется по диагонали, — так повелось с производства электронно-лучевых трубок, применяемых в первых телевизорах, когда размер по диагонали был равен физическому диаметру трубки. Хотя размер экрана по диагонали определяет его размеры, размер видимой области равен диагональному размеру полезной части экрана (например, занимаемой рабочим столом операционной системы). В случае ЖК-мониторов физические размеры экрана по диагонали равны размерам видимой области. В случае же ЭЛТ-мониторов размер видимой области приблизительно на один дюйм меньше заявленного диагональным размером. Таким образом, при сравнении ЖК- и ЭЛТ-мониторов с одним размером диагонали ЖК-мониторы обеспечивают бо́льшие размеры видимого изображения.

Примечание

Многие люди очень расстраиваются, когда выясняется, что размер экрана у приобретенного ЭЛТ-монитора оказался меньше, чем указано на коробке. Например, видимый размер экрана 17-дюймового монитора составляет всего 16 дюймов. В середине 1990-х годов даже имело место нескольких судебных разбирательств, в ходе которых от производителей мониторов требовали заявлять размеры экрана, соответствующие реальным размерам его видимой части. В случае ЖК-мониторов данная проблема отсутствует, так как заявленные размеры экрана всегда соответствуют размерам его видимой области.

Совет

Мониторы с большим экраном высокого разрешения сохраняют свою ценность намного дольше других компонентов ПК. Ведь более быстрые процессоры или емкие жесткие диски выходят практически сразу после того, как вы приобрели соответствующее устройство, хороший монитор прослужит вам не один год. Если правильно подойти к приобретению монитора, он переживет не одну модернизацию вашей компьютерной системы.

Разрешение

Разрешающая способность, или *разрешение*, монитора — это размер минимальной детали изображения, которую можно различить на экране. Данный параметр характеризуется количеством элементов разложения — *пикселей* — по горизонтали и по вертикали экрана. Чем больше количество пикселей, тем более детальное изображение формируется на экране.

С развитием технологий разрешающая способность, обеспечиваемая видеоадаптерами, растет как на дрожжах. В табл. 12.14 представлены стандартные разрешения, используемые графическими адаптерами и мониторами, и их обозначения.

Таблица 12.14. Стандартные разрешения дисплеев

Стандарт	Линейные пиксели (высота× ширина)	Мегапиксели	Форматное соотношение
CGA	320×200	0,06	1,331
EGA	640×350	0,22	1,331
VGA	640×480	0,31	1,33
WVGA	854×480	0,41	1,78
SVGA	800×600	0,48	1,33
XGA	1024×768	0,79	1,33
HD 720	1280×720	0,92	1,78
WXGA2	1280×768	0,98	1,67
XGA+	1152×864	1,00	1,33
WXGA2	1280×800	1,02	1,60
WXGA2	1366×768	1,05	1,78
WEXGA	1280×854	1,09	1,50
QVGA	1280×960	1,23	1,33
WXGA+	1440×900	1,30	1,60
SXGA	1280×1024	1,31	1,25
SXGA+	1400×1050	1,47	1,33
WSXGA-	1600×900	1,44	1,78
WSXGA	1600×1024	1,64	1,56
WSXGA+	1680×1050	1,76	1,60
UXGA	1600×1200	1,92	1,33
HD 1080	1920×1080	2,07	1,78
WUXGA	1920×1200	2,30	1,60
QXGA	2048×1536	3,15	1,33
WQXGA	2560×1600	4,10	1,60
QSXGA	2560×2048	5,24	1,25
WQSXGA	3200×2048	6,55	1,56
QUXGA	3200×2400	7,68	1,33
WQUXGA	3840×2400	9,22	1,60
HXGA	4096×3072	12,58	1,33
WHXGA	5120×3200	16,38	1,60
HSXGA	5120×4096	20,97	1,25
WHSXGA	6400×4096	26,21	1,56
HUXGA	6400×4800	30,72	1,33
WHUXGA	7680×4800	36,86	1,60

1. В разрешениях CGA и EGA используются неквадратные пиксели на экране 4:3.

2. Аббревиатура WXGA соответствует нескольким немного различающимся разрешениям экрана.

Как правило, видеоадаптеры поддерживают целый ряд разрешений; однако возможности мониторов оказываются более ограниченными. Таким образом, конкретные разрешения экрана, которые вы сможете использовать в работе, в большей степени определяются монитором, а не видеоадаптером. Каждая комбинация видеоадаптера и монитора поддерживает максимально допустимое разрешение (определяемое монитором), а также несколько разрешений меньше максимального. Поскольку ЖК-мониторы разработаны для использования только

"родного" разрешения, в них используются специальные электронные схемы для масштабирования изображения при выборе других значений. Старые ЖК-мониторы достаточно плохо справляются с масштабированием, чего не скажешь о современных моделях. Но как бы там ни было, при работе с ЖК-мониторами лучше всего отдавать предпочтение именно "родному" разрешению. Однако, если "родное" разрешение слишком высоко, можете задать меньшие разрешения, если необходимо увеличить размер значков и текста.

Отношение сторон

Каждое конкретное разрешение характеризуется определенным горизонтальным и вертикальным компонентами, причем горизонтальный компонент оказывается больше вертикального. *Отношение сторон* (aspect ratio) экрана — это отношение количества пикселей по горизонтали к количеству по вертикали. На протяжении всей истории ПК использовались различные значения отношений сторон (пропорций экрана). На первых этапах ширина экрана лишь немного превышала его высоту. Однако со временем все большую популярность стали приобретать широкоформатные дисплеи. Пропорции экрана 1,5 и выше (в числовом отношении) соответствуют широкоформатным экранам. Первыми были представлены дисплеи с отношением сторон 1,33 (4:3); это связано с тем, что подобные пропорции имели широко распространенные телевизоры. Однако в настоящее время наиболее популярны широкоформатные мониторы с отношением сторон 1,60 (16:10 или 8:5), которые постепенно вытесняются мониторами с отношением сторон 1,78 (16:9), характерным для широкоформатных телевизоров. Сведения о наиболее распространенных пропорциях экрана мониторов представлены в табл. 12.15.

Таблица 12.15. Стандартные пропорции экрана и их назначения

Цифровое отношение	Дробное отношение	Назначение формата
1,25	5:4	Стандартный
1,33	4:3	Стандартный
1,50	3:2	Широкоформатный
1,56	25:16	Широкоформатный
1,60	16:10	Широкоформатный
1,67	5:3	Широкоформатный
1,78	16:9	Широкоформатный
1,83	11:6	Широкоформатный

Цифровые отношения 1,50 и больше соответствуют широкоформатным экранам.

На рис. 12.17 показаны физические различия между стандартными и широкоформатными пропорциями дисплеев.

Пиксели

В цветном мониторе каждый элемент изображения, *пиксель* (picture element, pixel), состоит из трех субпикселей красного (red), зеленого (green) и синего цвета (цветовая модель RGB). Изменяя интенсивность каждого субпикселя, можно определить общий цвет и яркость пикселя в диапазоне от черного (все выключено) до белого (все включено), получая любой оттенок любой интенсивности. Физическая геометрия RGB зависит от типа дисплея, однако, как правило, это прямоугольные полосы или круглые точки. Как правило, в ЖК-мониторах три субпикселя расположены в форме вертикальных полос, образующих повторяющийся узор. В ЭЛТ-мониторах также используются вертикальные полосы, однако могут применяться и наклонные полосы, а также триады точек.

При выборе дисплея наиболее важными вопросами, которые необходимо принять во внимание, являются размер и разрешение экрана. Комбинация размера и разрешения обычно выражается в *пикселях на дюйм* (pixels per inch, ppi), но может измеряться с использованием таких единиц, как *шаг пикселя* (pixel pitch), который является расстоянием между пикселями, выраженным в миллиметрах. Чем выше значение в *ppi* (или меньше шаг пикселя), тем меньшими по размерам выглядят одни и те же изображения фиксированного размера в пикселях и

тем сложнее читать текст. Шаг пикселя иногда называют шагом точки, поскольку в некоторых дисплеях субпиксели формируют именно точку.

Для экрана заданного размера более высокое разрешение соответствует большему значению ppi или же меньшему значению шага пикселя. Как результат, элементы изображения расположены ближе, а значит, изображение выглядит более четко. И наоборот, для экранов с меньшим значением ppi (что соответствует большему шагу пикселя/точки) характерны зернистые и менее четкие изображения.

На рис. 12.18 представлена схема точечного размещения субпикселей, наиболее часто используемая в ЭЛТ на базе технологии теневой маски; в данном случае шаг пикселя (шаг точки) равен кратчайшему расстоянию между субпикселями одного цвета.

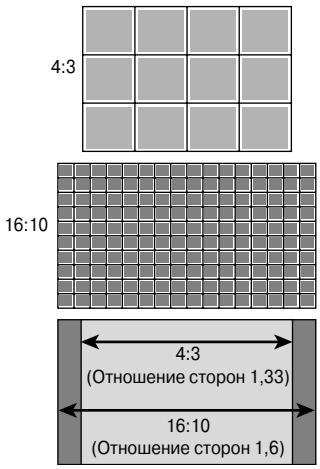


Рис. 12.17. Стандартные (4:3 или 1.33) и широкоформатные (16:10 или 1.60) пропорции экрана

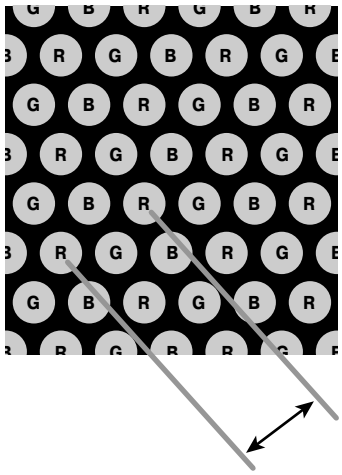


Рис. 12.18. В случае схемы точечного размещения субпикселей шаг пикселя (шаг точки) равен кратчайшему расстоянию между субпикселями одного цвета

На рис. 12.19-12.20 представлены полосообразные схемы размещения субпикселей в их линейнейной и ступенчатой формах. Наиболее распространенной среди них является линейная форма, используемая практически во всех ЖК-мониторах, а также в ЭЛТ-мониторах на базе апертурной решетки. При полосообразных схемах шаг пикселя измеряется как расстояние между субпикселями одного цвета по вертикали или по горизонтали.

Как правило, чем выше разрешение, тем больших размеров дисплей необходим. Почему? Потому что значки и надписи, используемые операционной системой и прикладными программами, состоят из фиксированного количества пикселей. А значит, при увеличении разрешения размеры элементов на экране становятся меньше. Используя дисплей бо́льших размеров, можно задать большее разрешение, обеспечив при этом приемлемые размеры значков и текста, который можно комфортно прочитать. Хотя можно и увеличить размеры текста и значков, очень часто это приводит к проблемам с форматированием в различных окнах, поэтому желательно отдавать предпочтение размерам элементов и текстов по умолчанию.

При низких разрешениях текст и значки на экране оказываются слишком большими. Поскольку все экранные элементы, используемые на рабочем столе Windows и в меню программ, содержат фиксированное количество пикселей по горизонтали и по вертикали, вы увидите, как они уменьшаются по мере увеличения разрешения. Увеличив разрешение, вы сможете, например, увидеть на веб-странице или в документе больше элементов, поскольку размеры каждого из них уменьшаются и они занимают меньше места на экране. В табл. 12.16-12.17

представлены сведения о размерах и разрешениях для широко распространенных типов стандартных и широкоформатных ЖК-мониторов.

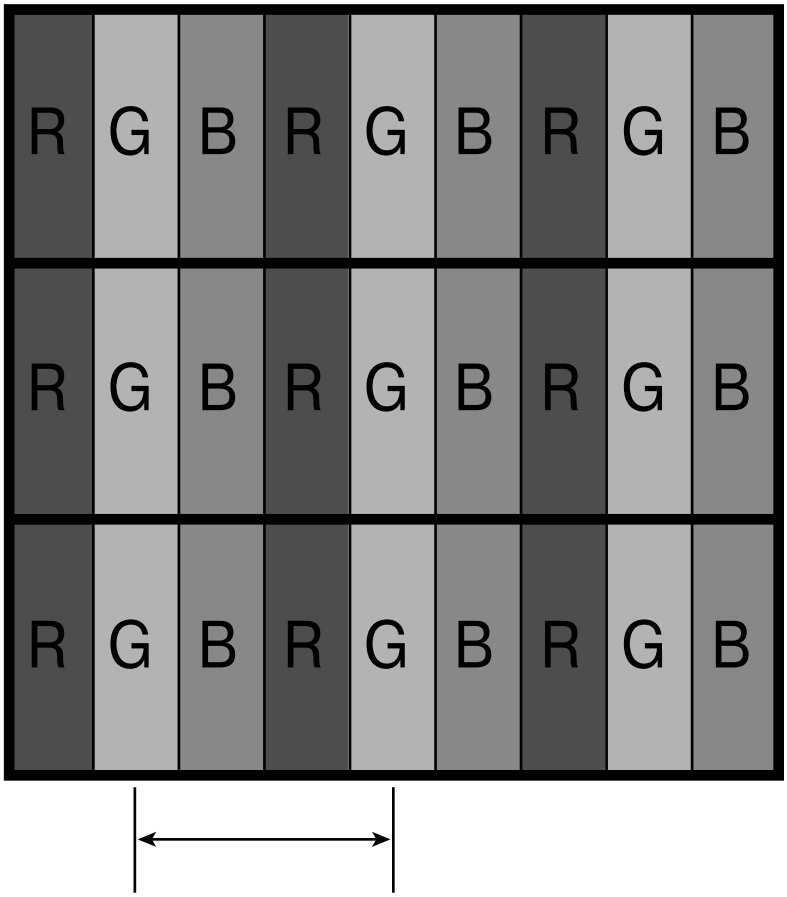


Рис. 12.19. Линейная форма полосообразной схемы размещения субпикселей (шаг пикселя — это расстояние между полосами субпикселей одного цвета)

Таблица 12.16. Размеры экрана и разрешение для неширокоформатных (отношение меньше 1,50) мониторов

Размер экрана, дюймы	Обозначение	Собственное разрешение, пиксели	Мегапиксели	Отношение сторон	Пикселей на дюйм	Шаг (мм)
15,0	XGA	1024×768	0,79	1,33	85	0,298
17,0	SXGA	1280×1024	1,31	1,25	96	0,263
19,0	SXGA	1280×1024	1,31	1,25	86	0,294
20.0"	UXGA	1600×1200	1,92	1,33	100	0,254

Таблица 12.17. Размеры экрана и разрешение для широкоформатных (отношение больше 1,50) мониторов

Размер экрана, дюймы	Обозначение	Собственное разрешение, пиксели	Мегапиксели	Отношение сторон	Пикселей на дюйм	Шаг (мм)
16,0	WXGA	1366×768	1,05	1,78	98	0,259
17,0	WXGA+	1440×900	1,30	1,60	100	0,254

Окончание табл. 12.17

Размер экрана, дюймы	Обозначение	Собственное разрешение, пиксели	Мегапиксели	Отношение сторон	Пикселей на дюйм	Шаг (мм)
19,0	WXGA+	1440×900	1,30	1,60	89	0,284
19,0	WSXGA+	1680×1050	1,76	1,60	104	0,244
20,0	WXGA+	1440×900	1,30	1,60	85	0,299
20,0	WSXGA-	1600×900	1,44	1,78	92	0,277
20,0	WSXGA+	1680×1050	1,76	1,60	99	0,256
22,0	WXGA+	1440×900	1,30	1,60	77	0,329
22,0	WSXGA+	1680×1050	1,76	1,60	90	0,282
24,0	HD 1080	1920×1080	2,07	1,78	92	0,277
24,0	WUXGA	1920×1200	2,30	1,60	94	0,269
26,0	HD 1080	1920×1080	2,07	1,78	85	0,300
26,0	WUXGA	1920×1200	2,30	1,60	87	0,292
30,0	WQXGA	2560×1600	4,10	1,60	101	0,252

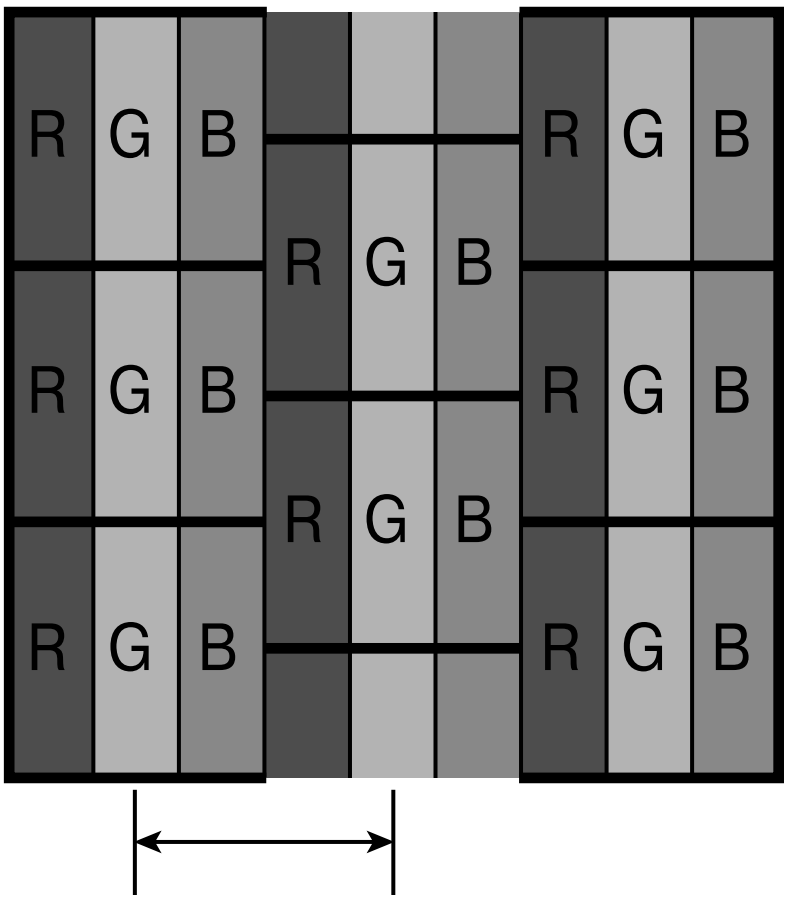


Рис. 12.20. Ступенчатая форма полосообразной схемы размещения субпикселей (шаг пикселя — это расстояние между полосами субпикселей одного цвета)

Поскольку у ЖК-мониторов разрешение и количество пикселей связаны однозначно, два любых монитора с одинаковым размером экрана и разрешением характеризуются одинако-

вым шагом пикселя. Независимо от реального разрешения, два любых монитора с одинаковым шагом пикселя будут отображать текст, значки и другие элементы идентичных размеров. Хотя наличие дисплея с бо́льшим разрешением чаще всего воспринимается положительно, следует быть осторожным при выборе небольших ЖК-мониторов высокого разрешения, поскольку размеры текста и элементов могут оказаться намного меньше привычных. Windows позволяет компенсировать это, увеличив размеры текста и элементов, однако часто это приводит к таким неудобствам, как наложение слов в диалоговых окнах. Кроме того, некоторые шрифты отличаются фиксированными размерами, которые не зависят от каких-либо настроек.

В зависимости от способности видеть и читать мелкий текст, многие люди будут иметь затруднения с чтением текста и рассмотрением элементов на дисплее с характеристикой 100 ppi и выше. Если вы решили приобрести подобный монитор, вам может потребоваться сесть ближе или использовать очки для чтения текста. Уменьшение разрешения вряд ли является хорошей идеей для плоскопанельного дисплея, поскольку или размеры рабочего стола станут меньше (а размеры значков и текста останутся без изменения), или же дисплей будет пытаться масштабировать элементы, чтобы они занимали весь экран. Однако масштабирование приводит к размытому и искаженному изображению. Вывод: ЖК-мониторы обеспечивают наилучшие результаты при использовании собственного ("родного") разрешения, а значит, именно на это значение и следует обращать внимание при выборе.

ЖК-мониторы обеспечивают более четкое и чистое изображение даже очень тонких символов и мелких значков, чем мониторы на основе ЭЛТ-технологий. Даже при уменьшенных размерах текст и значки легче читать и просматривать, и благодаря безупречной фокусировке они вызывают меньшую усталость глаз.

Что касается ЭЛТ-мониторов, то говорить об однозначной взаимосвязи между разрешением и количеством пикселей не приходится. Поэтому при выборе ЭЛТ-монитора основной фактор — шаг пикселя. Чем меньше это значение, тем более четко выглядит изображение. Например, монитор, поставляемый с первыми IBM PC в начале 1980-х, характеризовался шагом пикселя 0,43 мм, в то время как более новые модели ЭЛТ-мониторов — от 0,25 до 0,27 мм, а самые качественные — 0,24 мм и даже меньше. Чтобы избежать зернистого изображения на экране ЭЛТ-монитора, обращайте внимание на модели с шагом пикселя 0,26 мм и меньше.

Горизонтальная и вертикальная частота

Аналоговые дисплейные интерфейсы, такие как VGA, передают управляющие сигналы дисплею для отображения изображений. Эти сигналы указывают на необходимость отрисовывать изображение в направлении слева направо и сверху вниз. Например, если разрешение экрана составляет 1024×768 пикселей, это означает необходимость нарисовать 768 строк сверху вниз. Как только будет отрисована 768-я строка, формирование изображения будет завершено, после чего весь процесс начинается снова с верхнего левого угла.

Скорость, с которой происходит отрисовка изображения, состоит из двух компонентов, которые называются горизонтальной и вертикальной частотой. Их также называют *частотой строк и частотой кадров*. Горизонтальная частота определяет скорость отрисовки горизонтальных строк, выражаемую как общее количество строк в секунду. Вертикальная частота (вертикальная частота обновления) определяет скорость отрисовки полных изображений и выражается в количестве изображений в секунду.

Если рассмотреть в качестве примера дисплей с разрешением 1024×768 пикселей, то при вертикальной частоте обновления 60 Гц все 768 строк, необходимых для формирования изображения, должны быть отрисованы 60 раз в секунду, что приводит к горизонтальной частоте около 46 кГц (768 линий в изображении × 60 изображений в секунду). Если увеличить вертикальную частоту обновления до 85 Гц, то горизонтальная частота составит 768 × 85 = 65280, или же около 65,3 кГц. Реальные значения составят чуть больше 47,8 и 68,7 кГц соответственно. Это связано с 5%-ным перекрытием, необходимым для того, чтобы пучок электронов успел переместиться из нижнего правого угла в верхний левый, причем он не должен быть при этом виден (в данном случае принято говорить о *времени гашения электронного пучка*). И хотя

в ЖК-мониторах пучок электронов отсутствует, понятие *время гашения* используется для обеспечения обратной совместимости, а также для передачи данных, не являющихся частью изображения. Точное значение времени гашения зависит от разрешения и режима и определяется стандартом VESA CVT (Coordinated Video Timings).

Мониторы с аналоговыми подключениями обычно поддерживают целый диапазон частот развертки, что и определяет минимальное и максимальное разрешения. Из вертикальной и горизонтальной частот для ЭЛТ-мониторов наиболее важной является вертикальная частота (частота кадров), поскольку от нее зависит мерцание. При низкой частоте обновления изображение мерцает, что приводит к утомляемости глаз. Чем выше частота обновления экрана, тем меньше дискомфорта вы будете ощущать при длительной работе с ЭЛТ-монитором.

Частота обновления без мерцания — это такое значение частоты обновления экрана, при которой отсутствует какое-либо мерцание. Значение данной частоты зависит от размера и разрешения монитора (чем выше разрешение, тем более высокой должна быть частота обновления, при которой отсутствует мерцание). Кроме того, все зависит и от индивидуальных особенностей пользователей, поскольку у одних людей глаза гораздо чувствительнее, чем у других. Мой опыт показывает, что минимально допустимой частотой обновления экрана ЭЛТ-монитора является частота 75 Гц, особенно при разрешениях 1024×768 и выше. Меньшие значения частоты обновления приводят к заметному мерцанию, что вызывает усталость глаз, утомляемость и головные боли. Хотя частота 75 Гц достаточна для большинства пользователей, некоторым пользователям для комфортной работы может потребоваться частота обновления 85 Гц и даже выше. По этой причине организация VESA рекомендует частоту 85 Гц как оптимальную частоту обновления экрана ЭЛТ-мониторов. Однако слишком высокая частота обновления может привести к снижению производительности видеоадаптера, так как ему придется выполнять больше работы по обновлению изображения. Я рекомендую использовать минимально возможное значение частоты обновления экрана, при котором вам комфортно работать.

Примечание

Производители ЭЛТ-мониторов часто используют термин *оптимальное разрешение* для описания максимально высокого разрешения, при котором конкретный ЭЛТ-монитор поддерживает определенную организацией VESA частоту обновления 85 Гц, при которой отсутствует мерцание.

В табл. 12.18 представлены сведения о взаимосвязи разрешения и частот обновления. По мере возрастания разрешения и вертикальной частоты обновления должна быть увеличена и горизонтальная частота. Максимальная горизонтальная частота, поддерживаемая монитором, является ограничивающим фактором при выборе частоты обновления для заданного разрешения.

Таблица 12.18. Сравнение частот обновления

Разрешение	Вертикальная частота обновления, Гц	Горизонтальная частота обновления*, кГц
1024×768	60	47,8
1024×768	75	60,3
1024×768	85	68,7
1280×1024	60	63,7
1280×1024	75	80,3
1280×1024	85	91,5
1600×1200	60	74,5
1600×1200	75	94,1
1600×1200	85	107,2

**С учетом времени гашения в соответствии со стандартом VESA CVT (Coordinated Video Timings).*

Предположим, например, что ваш ЭЛТ-монитор поддерживает максимальную горизонтальную частоту 75 кГц. Этот монитор сможет обеспечить частоту обновления 85 Гц для разрешения 1024×768 пикселей, однако для разрешения 1280×1024 или 1600×1200 пикселей час-

тота обновления составит всего 60 Гц. Поскольку при частоте обновления 60 Гц мерцание экрана ЭЛТ-монитора становится неприемлемым, использование таких высоких разрешений невозможно. В то же время монитор, поддерживающий горизонтальную частоту 110 кГц, легко обеспечит частоту обновления 85 Гц при разрешении 1600×1200 пикселей. Как правило, чем выше качество мониторов, тем при бо́льших разрешениях они обеспечивают частоту обновления экрана без мерцания. Учтите: вам не удастся выставить более высокие значения частоты обновления, чем поддерживает монитор. В устаревших моделях ЭЛТ-мониторов попытка выбратть частоту обновления выше, чем поддерживается монитором, может привести к повреждению электрических цепей монитора!

Windows поддерживает конфигурирование мониторов Plug and Play (PnP), если монитор и видеоадаптер поддерживают функцию DDC (Data Display Channel). Используя соединение DDC, Windows получает данные VESA Extended Display Identification Data (EDID) от дисплея и применяет их для конфигурирования графического контроллера в соответствии с возможностями дисплея, такими как поддерживаемые разрешения и частоты обновления. Как правило, это предотвращает выбор частот обновления, выходящих за пределы возможностей монитора.

ЖК-мониторы не зависят от значений вертикальной частоты обновления, как это имеет место в случае ЭЛТ-мониторов, так как в силу их особенностей мерцание экрана отсутствует в принципе. В ЖК-мониторах для активизации сразу всех пикселей изображения используются транзисторы; это кардинально отличается от использования перемещающегося электронного луча в ЭЛТ-мониторах. Однако наиболее важно то, что в ЖК-мониторах используется подсветка на основе технологий *CCFL* (cold cathode fluorescent lamp — флуорисцентная лампа с холодным катодом) или *LED* (light emitting diode — светодиод). Благодаря высокой частоте работы такой подсветки (от 200 Гц и выше) мерцание экрана отсутствует. Другими словами, частота обновления 60 Гц, являющаяся не самым удачным значением для ЭЛТ-мониторов, оказывается стандартным значением для большинства ЖК-мониторов, так как у них отсутствует мерцание. Хотя большинство ЖК-мониторов поддерживает частоты обновления до 75 Гц, чаще всего выбор частоты обновления больше 60 Гц лишь увеличивает нагрузку на видеоадаптер, не приводя к каким-либо изменениям качества изображения на экране.

Совет

Если попытаться задать частоту обновления выше, чем поддерживает монитор, на экране может отобразиться сообщение о выходе за пределы диапазона. При использовании видеоадаптера с двумя видеовыходами помните, что некоторые модели таких устройств не позволят задать разные значения частоты обновления экрана для разных мониторов. Если ЭЛТ- и ЖК-мониторы подключены к одному видеоадаптеру, используйте максимальное из поддерживаемых обоими мониторами значение частоты обновления экрана (например, 75 Гц), чтобы избежать мерцания на экране ЭЛТ-монитора.

Режимы с чередованием и без него

Некоторые модели мониторов и видеоадаптеров поддерживают как режимы с чередованием строк, так и режимы без него. В режиме без чередования изображение на экране прорисовывается постепенно, строка за строкой, в направлении сверху вниз за один проход. В режиме с чередованием изображение на экране отрисовывается в два этапа — сначала нечетные строки, а затем — четные. Выполнение каждого прохода занимает половину времени, необходимого на выполнение прохода в режиме без чередования.

Первые ЭЛТ-мониторы с высоким разрешением использовали режимы с чередованием, так как это позволяло в два раза уменьшить значения частот развертки по горизонтали и по вертикали. К сожалению, это чаще всего приводило к появлению заметных мерцаний, а значит, режимов с чередованием лучше избегать. К счастью, современные мониторы поддерживают режимы без чередования для всех поддерживаемых разрешений, что избавляет от большого времени реакции и мерцания экрана, характерных для режимов с чередованием.

Примечание

Стандарт 1080i HDTV описывает режим с чередованием, который используется в некоторых случаях, поскольку требует в два раза меньшую пропускную способность по сравнению с режимом 1080p (с прогрессивной разверткой). Однако, как правило, вы не увидите никакого мерцания на экране DLP, ЖК или плазменного телевизора при получении сигнала 1080i. Это связано с тем, что сигнал преобразуется в сигнал с прогрессивной разверткой и масштабируется с учетом собственного разрешения экрана.

Яркость и контрастность изображения

Хотя данная характеристика касается как ЖК-, так и ЭЛТ-мониторов, яркость экрана особенно важна для ЖК-панели, поскольку значение яркости в значительной мере зависит от конкретной модели монитора. Яркость ЖК-панели измеряется в *канделлах на метр квадратный* (кд/м^2) или *нитах* (нт; от латинского слова "nitere" — сиять). Типичные значения яркости хороших мониторов составляют от 200 до 450 нитов, — чем выше яркость, тем лучше.

Контрастность обычно выражается как отношение белого к черному; чем выше контрастность — тем лучше. Существует несколько способов измерения контрастности, но наиболее важной считается так называемая статическая контрастность, которая представляет собой отношение самых ярких оттенков к самым темным оттенкам, которые дисплей может отобразить одновременно. Многие производители мониторов предпочитают оперировать значением динамической контрастности, поскольку при этом наиболее яркие и темные оттенки измеряются независимо, что позволяет получить гораздо большие значения. Например, дисплей со статической контрастностью 1000:1 может обладать динамической контрастностью 8000:1 (и выше). Ситуация еще больше усугубляется тем, что производители мониторов используют собственные названия алгоритмов увеличения динамической контрастности. Например, компания Acer называет свое решение ACM (Adaptive Contrast Management), а компания ASUS — ASCR (ASUS Smart Contrast Ratio). Я рекомендую сравнивать мониторы только по значениям статической контрастности.

Типичное значение статической контрастности составляет от 400:1 до 1500:1. Все более высокие значения чаще всего оказываются значениями динамической контрастности. В связи с особенностями человеческого глаза статические значения контрастности выше 1000:1 воспринимаются практически одинаково. Неплохая комбинация яркости и контрастности — значение яркости 300 нитов (или больше) и значение статической контрастности 1000:1.

Примечание

При оценке ЖК-монитора с функциями ТВ ознакомьтесь со значениями яркости в компьютерном режиме и режиме ТВ. Многие модели обеспечивают гораздо большую яркость в режиме ТВ, чем в компьютерном.

DPMS — система управления режимом энергосбережения монитора

Мониторы, как и почти все компьютерные устройства, потребляющие электроэнергию, спроектированы таким образом, чтобы экономить электроэнергию, когда это только возможно. Практически все современные мониторы содержат логотип Energy Star Агентства по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency), что означает энергопотребление 15 Вт для ЭЛТ- и 5 Вт для ЖК-моноиторов в режиме ожидания. Средства энергосбережения монитора, как и настройки системной BIOS и новейшие версии Windows, помогают мониторам и другим типам компьютерных устройств потреблять меньше электроэнергии.

DPMS (Display Power-Management Signaling — система управления режимом энергосбережения монитора) — это спецификация VESA, определяющая сигналы, передаваемые компьютером монитору для указания параметров режимов ожидания. Как правило, решение об отправке таких сигналов принимается операционной системой, что зависит от настроек схемы энергопотребления.

Описание режимов DPMS приведено в табл. 12.19. В новых системах существует возможность выбора отдельных значений для режима пониженного энергопотребления и выключения монитора (что снижает энергопотребление монитора до минимума, однако при этом пользователю приходится ожидать несколько секунд, пока монитор не выйдет из "спячки").

Таблица 12.19. Режимы DPMS

Режим	Сигнал горизонтальной развертки	Сигнал вертикальной развертки	Экран	Энергосбережение	Время "пробуждения"
On	Есть	Есть	Активный	Отсутствует	---
Stand-By	Нет	Есть	Погасший	Минимальное	Быстро
Suspend	Есть	Нет	Погасший	Значительное	Долго
Off	Нет	Нет	Погасший	Максимальное	Зависит от системы

Все мониторы с функцией управления питанием соответствуют требованиям стандарта Energy Star, согласно которым дисплей в режиме простоя должен потреблять 15 Вт или меньше. Тем не менее ряд новейших мониторов совместим с более строгой спецификацией Energy 2000 (E2000), разработанной в Швейцарии, согласно которой монитор в режиме простоя должен потреблять менее 5 Вт. Стоит отметить, что большинство ЖК-мониторов и в рабочем состоянии потребляют меньше энергии, чем ЭЛТ-монитор в режиме "спячки".

Жидкокристаллические мониторы

Благодаря малому весу, размерам и цветопередаче жидкокристаллические (ЖК, LCD) мониторы практически вытеснили с рынка мониторы на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ, CRT). Настольные LCD-мониторы во многом похожи на экраны ноутбуков. По сравнению с классическими ЭЛТ-мониторами у них есть целый ряд преимуществ: плоский экран без бликов и очень низкий уровень энергопотребления (5 Вт по сравнению со 100 Вт, характерными для обычного ЭЛТ-монитора). По цветопередаче жидкокристаллические мониторы уже приблизились (если не превзошли) к ЭЛТ-мониторам (правда, при этом нельзя забывать об ограничениях, связанных с углом обзора).

Как работает жидкокристаллический монитор

В жидкокристаллическом экране поляризационный светофильтр создает две раздельные световые волны и пропускает только ту, плоскость поляризации которой параллельна его оси. Располагая в жидкокристаллическом мониторе второй светофильтр так, чтобы его ось была перпендикулярна оси первого, можно полностью предотвратить прохождение света (экран будет темным). Вращая ось поляризации второго фильтра, т.е. изменяя угол между осями светофильтров, можно изменить количество пропускаемой световой энергии, а значит, и яркость экрана.

В цветном жидкокристаллическом экране есть еще один дополнительный светофильтр, который имеет три ячейки на каждый пиксель изображения — по одной для отображения красной, зеленой и синей точек. Красная, зеленая и синяя ячейки, формирующие пиксель, иногда называются *субпикселями*.

Жидкокристаллические экраны с активной матрицей

В большинстве жидкокристаллических мониторов используются *тонкопленочные транзисторы* (TFT). В каждом пикселе есть один монохромный или три цветных (RGB) транзистора, упакованных в гибком материале, имеющем точно такие же размер и форму, как и сам дисплей. Таким образом, транзисторы каждого пикселя расположены непосредственно за жидкокристаллическими ячейками, которыми они управляют.

В настоящее время для производства дисплеев с активной матрицей используются два материала: гидрогенизированный аморфный кремний (a-Si) и низкотемпературный поликристаллический кремний (p-Si). В принципе, основная разница между ними заключается в себестоимости производства. Изначально TFT-мониторы выпускались с помощью процесса a-Si, так как для него требуется более низкий температурный режим (менее 400°C), чем для p-Si. Сейчас низкотемпературный процесс p-Si является полноценной альтернативой a-Si с достаточно приемлемой ценой.

Для увеличения горизонтального угла обзора жидкокристаллических дисплеев некоторые производители модифицировали классическую технологию TFT. Например, технология *пло-*

скостного переключения (In-Plane Switching — IPS), также известная как STFT, подразумевает параллельное выравнивание жидкокристаллических ячеек относительно стекла экрана, подачу электрического напряжения на плоскостные стороны ячеек и поворот пикселей для четкого и равномерного вывода изображения на всю панель. Суть еще одного новшества компании Hitachi — технологии Super-IPS — заключается в перестраивании жидкокристаллических молекул в соответствии с зигзагообразной схемой, а не по строкам и столбцам, что позволяет уменьшить нежелательное цветовое смешение и улучшить равномерное распределение цветовой гаммы на экране. В аналогичной технологии *мультидоменного вертикального выравнивания* (MVA) компании Fujitsu экран монитора подразделяется на отдельные области, для каждой из которых изменяется угол ориентации.

Как Super-IPS, так и MVA предназначены для улучшения видимого угла обзора традиционного TFT-экрана. В различных компаниях эта технология называется по-разному. Например, в компании Sharp она называется *ультравысокой апертурой* (UHA). Производители часто придумывают собственные специальные термины, пытаясь таким образом выделить свою продукцию на фоне товаров конкурентов. Поскольку в больших жидкокристаллических экранах (17 дюймов и больше) угол обзора играет немаловажную роль даже для отдельного пользователя, эти технологии используются в больших и дорогих панелях, а также лицензированы другими производителями жидкокристаллических дисплеев. Следует заметить, что в недорогих ЖК-мониторах используются структура с полной переориентацией (STN) и управление частотой кадров, позволяющее эмулировать 24-разрядный цвет.

Преимущества жидкокристаллических мониторов

Жидкокристаллические панели обладают целым рядом достоинств, которые отличают их от мониторов с электронно-лучевыми трубками. Например, для отображения информации используется вся поверхность экрана монитора; видимая область жидкокристаллического 15-дюймового монитора аналогична видимой области 17-дюймового ЭЛТ-монитора. В ЖК-мониторах применяется непосредственная адресация экрана (каждому пикселю соответствует отдельный транзистор), качество изображения весьма высокое, поскольку они лишены таких проблем традиционных мониторов, как бочкообразное искажение, неправильное сведение лучей, а также ореол вокруг экранных объектов.

Жидкокристаллические мониторы имеют более низкое энергопотребление и, как следствие, выделяют меньше тепла. Поскольку в таких мониторах нет трубки, по умолчанию снимается проблема электромагнитного излучения. Жидкокристаллические мониторы характеризуются сравнимым с ЭЛТ-мониторами значением параметра среднего времени безотказной работы; основная причина отказа жидкокристаллического монитора — лампа подсветки, замена которой может оказаться крайне дорогой. В ЭЛТ-мониторах отказы связаны преимущественно с электронно-лучевой трубкой — самым дорогостоящим компонентом, замена которого в мониторе с размером экрана до 17 дюймов вообще не имеет никакого смысла.

Потенциальные недостатки жидкокристаллических мониторов

Несмотря на то что жидкокристаллические мониторы вытеснили с рынка традиционные ЭЛТ-мониторы, нельзя не обратить внимание на ряд их потенциальных недостатков.

- Высококачественные цифровые или аналоговые жидкокристаллические панели великолепно подходят для отображения текста и графики. Но в отличие от ЭЛТ-мониторов они не так хорошо справляются с отображением очень светлых или темных участков изображения.
- Многие жидкокристаллические панели не способны так быстро реагировать на изменение изображения, как ЭЛТ-мониторы (т.е. обладают большим *временем отклика*). Это приводит к тому, что при полноэкранном воспроизведении видео, трехмерных игр, анимации, а также при быстром просмотре текста изображение смазывается. Чтобы избежать подобных проблем, обратите внимание на модели мониторов со временем отклика “серый к серому” 5 мс и меньше. (Некоторые дорогие модели имеют время от-

клика 2 мс и даже меньше.) Следует отметить, что разные производители используют разные механизмы измерения, вплоть до "черный к белому". В общем случае для одного и того же устройства показатель "серый к серому" всегда меньше, чем "черный к белому".

- Хотя современные ЖК-мониторы обеспечивают хорошие углы обзора (до 170° по горизонтали и до 120° по вертикали), ЭЛТ-технологии все еще обеспечивают более широкие углы обзора.

Критерии выбора ЖК-мониторов

При выборе ЖК-монитора настоятельно рекомендую принять во внимание следующие критерии.

- ЖК-мониторы обеспечивают наилучшее качество изображения при использовании "собственного" или "родного" разрешения. Их возможности по отображению изображений с меньшим разрешением значительно различаются. Поскольку увеличение разрешения приводит к уменьшению размеров текста и значков, выбирайте монитор с таким разрешением, при котором вам будет комфортно работать. Прежде чем купить монитор, поинтересуйтесь, какое качество отображения он обеспечивает при использовании различных разрешений, которые вы планируете применять в работе.
- В случае мониторов с бо́льшим размером экрана, которые поддерживают высокие разрешения, использование аналогового подключения VGA может привести к снижению качества изображения. В данном случае вам потребуется использовать цифровое подключение, т.е. видеоадаптер и монитор должны поддерживать цифровые подключения, такие как DisplayPort, DVI или HDMI.
- ЖК-мониторы обладают меньшим временем отклика по сравнению с ЭЛТ-мониторами. Для обеспечения хорошей производительности в случае игр, видео и анимации обратите внимание на модели с временем отклика G-t-S 5 мс и меньше.
- ЖК-мониторы обладают меньшими углами обзора по сравнению с ЭЛТ-мониторами. Это может очень важным моментом при выборе, если вы планируете проводить презентации для группы зрителей. Для улучшения области обзора по горизонтали несколько производителей разработали ряд запатентованных улучшений базовой технологии ЖК-дисплеев, таких IPS (in-plane switching) компании Hitachi, MVA (multidomain vertical adjustment) компании Fujitsu, а также FFD (feed forward driving) компании Mitsubishi, большинство из которых были лицензированы другим ведущим производителям ЖК-матриц. Если необходимо обеспечить бо́льший угол обзора, обращайте внимание на модели ЖК-мониторов с горизонтальным углом обзора 170° и больше.
- Высокое значение контрастности (разница в яркости между черным и белым) обеспечивает четкое отображение текста, а также передачу более насыщенных оттенков. Обращайте внимание на модели со значением статической контрастности 1000:1 и выше.
- Многие модели мониторов поддерживают дополнительные функции, такие как интегрированные динамики, веб-камеры и концентраторы USB.

Как работает электронно-лучевой монитор

Информация на мониторе может отображаться несколькими способами. Самый распространенный — отображение на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), такой же, как в телевизоре. ЭЛТ представляет собой электронный вакуумный прибор в стеклянной колбе, в горловине которого находится электронная пушка, а на дне — экран, покрытый люминофором.

Нагреваясь, электронная пушка испускает поток электронов, которые с большой скоростью устремляются к экрану. Поток электронов (электронный луч) проходит через фокусирующую и отклоняющую катушки, которые направляют его в определенную точку покрытого люминофором экрана. Под воздействием ударов электронов люминофор излучает свет, который

видит пользователь, сидящий перед экраном компьютера. В электронно-лучевых мониторах используются три слоя люминофора: красный, зеленый и синий. Для выравнивания потоков электронов применяется так называемая *теневая маска* — металлическая пластина, имеющая щели или отверстия, которые разделяют красный, зеленый и синий люминофор на группы по три точки каждого цвета. Качество изображения определяется типом используемой теневой маски; на резкость изображения влияет расстояние между группами люминофора (шаг расположения точек).

В мониторах Sony Trinitron и Mitsubishi DiamondTron используется особый тип апертурной решетки: вертикальные полосы красного, зеленого и голубого люминофора. Этот тип ЭЛТ обеспечивает более яркое и качественное изображение. В таких мониторах зернистость представляет расстояние не между точками, а между полосами. Зернистость 0,25 мм в этих мониторах равноценна расстоянию между точками 0,27 мм в традиционных мониторах. Компания NEC представила новый тип ЭЛТ с апертурной решеткой, в которой используются мозаичные ячейки из трех полос цветов люминофора. Естественно, что такой тип трубки обеспечивает еще более качественное изображение по сравнению с предыдущими типами ЭЛТ.

На рис. 12.21 показан типичный электронно-лучевой монитор в разрезе.

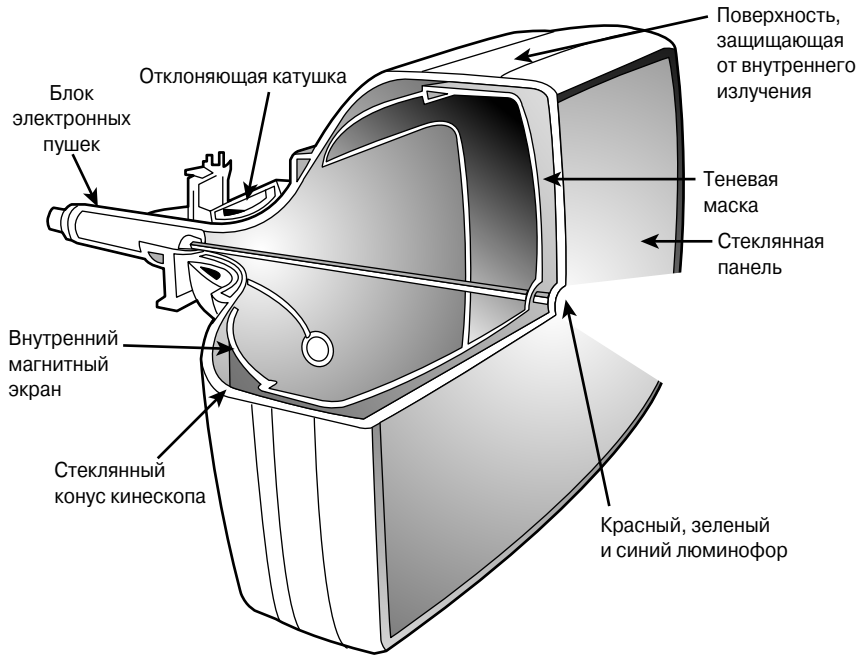


Рис. 12.21. Обычный электронно-лучевой монитор представляет собой большую вакуумную колбу, которая содержит три электронные пушки (красную, зеленую и синюю), проецирующие изображение на экран монитора. Высокое напряжение генерирует магнитное поле, управляющее электронным лучом, создающим изображение на экране монитора

Химическое вещество, используемое в качестве люминофора, характеризуется *временем послесвечения*, которое отражает длительность свечения люминофора после воздействия электронного пучка. Время послесвечения и частота обновления изображения должны соответствовать друг другу, чтобы не было заметно мерцание изображения (если время послесвечения очень мало) и отсутствовали размытость и удвоение контуров в результате наложения последовательных кадров (если время послесвечения слишком велико).

Электронный луч движется очень быстро, прочерчивая экран строками слева направо и сверху вниз по траектории, именуемой *растром*. Период сканирования по горизонтали определяется скоростью перемещения луча поперек экрана.

В процессе *развертки* (перемещения по экрану) луч воздействует на те элементарные участки люминофорного покрытия экрана, где должно появиться изображение. Интенсивность луча постоянно меняется, в результате чего изменяется яркость свечения соответствующих участков экрана. Поскольку свечение исчезает очень быстро, электронный луч должен вновь и вновь пробегать по экрану, возобновляя его. Этот процесс называется *регенерацией* изображения.

В большинстве мониторов *частота регенерации*, которую также называют частотой вертикальной развертки, во многих режимах приблизительно равна 85 Гц, т.е. изображение на экране обновляется 85 раз в секунду. Снижение частоты регенерации приводит к мерцанию изображения, что очень утомляет глаза.

Тип экрана монитора

Экраны мониторов могут быть двух типов: выпуклые и плоские. Раньше большинство экранов были выпуклыми, т.е. экран изгибался к краям корпуса. Этот принцип применялся в производстве львиной доли ЭЛТ-мониторов и телевизоров. Несмотря на низкую стоимость подобного экрана, выпуклая поверхность приводила к искажению изображения и появлению бликов, особенно если монитор располагался в ярко освещенной комнате. Чтобы уменьшить уровень отблеска света типичного выпуклого экрана, в некоторых мониторах используется специальное антибликовое покрытие.

Обычно экран искривлен как по вертикали, так и по горизонтали. В некоторых моделях (Sony FD Trinitron и Mitsubishi DiamondTron NF) используется конструкция Trinitron, в которой поверхность экрана имеет небольшую кривизну только по вертикали. Подобная трубка называется плоской (Flat Square Tube — FST).

Уровень электромагнитных излучений (ЭЛТ-мониторы)

Другая тенденция в разработке “зеленых” мониторов связана со снижением уровня электромагнитных полей, потенциально вредных для пользователя. Медицинские исследования показали, что такое электромагнитное излучение может быть причиной нарушения нормального цикла беременности, появления дефектов у новорожденных детей и даже рака. При непродолжительном “общении” с монитором риск, может быть, невелик, но если вы проводите перед экраном треть суток (или более), он существенно возрастает.

Дело в том, что излучения в области очень низких (ОНЧ) и сверхнизких (СНЧ) частот могут влиять на организм человека. Некоторые исследования показали, что СНЧ-излучение даже более опасно, чем ОНЧ, поскольку этот частотный диапазон совпадает с диапазоном естественной электрической активности биологических клеток. Мониторы, правда, не являются единственным источником такого излучения — еще более мощное излучение генерируется электронагревателями, да и вообще любой электросетью.

Примечание

Излучения СНЧ и ОНЧ являются электромагнитными переменными полями с частотой, которая значительно ниже частот, используемых для радиосвязи.

Представленные в табл. 12.20 стандарты предназначены для уменьшения уровня электромагнитного излучения монитора и некоторых других вредных для здоровья пользователя факторов. Хотя все представленные спецификации разработаны в Швеции, они стали общепринятым стандартом во всем мире.

При работе с любым, особенно старым, монитором помните о некоторых мерах предосторожности. Самое главное — расстояние между экраном и вами должно быть не меньше 70 см. Отодвинувшись от монитора, можно снизить уровень вредного СНЧ-излучения до значений, сравнимых с воздействием обычных люминесцентных светильников. Кроме того, излучение

оказывается наиболее слабым именно перед экраном; слева, справа и за монитором оно еще сильнее, поэтому устраивайте свое рабочее место не ближе чем в метре от монитора коллеги. Не забывайте также о копировальных аппаратах, от которых следует располагаться минимум в полутора метрах.

Таблица 12.20. Стандарты излучения мониторов

Стандарт	Организация	Год создания	Что определяет	Примечания
MPR I	SWEDAC[1]	1987	Излучение монитора	Заменен стандартом MPR II
MPR II	SWEDAC[1]	1990	Излучение монитора	Добавлены максимальные значения для ОНЧ и СНЧ; минимальные требования для современных мониторов
TCO[2]	TCO[2]	1992	Более жесткое ограничение на излучение монитора, чем предлагает MPR II; управление питанием	В стандартах TCO 95 и TCO 99 добавлены дополнительные классы устройств по сравнению с оригинальным стандартом TCO

1. Swedish Board For Accreditation and Conformity Assessment.

2. Шведская аббревиатура от "Swedish Confederation of Professional Employees".

Практически все современные мониторы соответствуют стандарту TCO.

Электромагнитное излучение — далеко не единственная причина для беспокойства. Обратите внимание и на блики на экране. Приобретя специальные антибликовые экраны, вы уменьшите не только утомляемость глаз, но и уровень излучения в диапазонах СНЧ и ОНЧ.

Поскольку в плазменных и жидкокристаллических мониторах не используются электронно-лучевые трубки или магниты, они вообще не имеют никакого излучения.

Плазменные дисплеи

Плазменные технологии, используемые при производстве широкоэкранных дисплеев, имеют довольно долгую историю. В конце 1980-х годов IBM разработала монохромный плазменный экран, способный отображать оранжевый текст или графику на черном фоне. Компания Toshiba использовала данный экран в портативных компьютерах моделей T3100 и T3200, оснащенных 6300-совместимым адаптером CGA/AT&T с двойным сканированием, поддерживающим разрешение 640×400 пикселей.

В отличие от первых разработок IBM современные плазменные дисплеи — это устройства RGB, поддерживающие глубину цвета 24 или 32 бита, а также телевизионные сигналы TV или DVD. При формировании изображения на экране плазменных дисплеев используется электрически заряженный газ (плазма) для освещения триад, состоящих из красных, зеленых и синих частиц люминофора (рис. 12.22).

С помощью специальных электродов формируется сетка, которая обеспечивает индивидуальную адресацию каждого субпикселя. Благодаря изменению заряда между экраном и электродами появляется возможность управлять процессом формирования изображения.

Плазменные дисплеи выпускаются размером от 42 до 50 дюймов и даже больше. Прежде всего они предназначены для использования с такими источниками сигнала, как DVD, TV и HDTV, поэтому обычно поддерживают разрешение 852×480 или 1366×768 пикселей (Wide XGA). Некоторые плазменные дисплеи также поддерживают VGA-сигнал с разрешением 1024×768 пикселей или 1280×1024 пикселя (4:3). В связи с ограниченным разрешением экрана подобные дисплеи больше подходят для развлечений, чем для работы, хотя некоторые оснащены портами DVI-D и VGA для использования с компьютерами.

Жидкокристаллические и плазменные проекторы

Изначально проекторы предназначались для использования в залах заседаний и в учебных целях. Однако по мере роста популярности систем домашних кинотеатров, а также развития технологий и снижения цен портативные проекторы стали весьма популярной альтернативой широкоэкранным телевизорам и плазменным дисплеям. Их можно использовать со-

вместно с компьютерами, работающими под управлением систем Windows XP и Vista, использующими Media Center, видеоплеерами, а также с обычными портативными и настольными компьютерами, оснащенными любыми операционными системами.

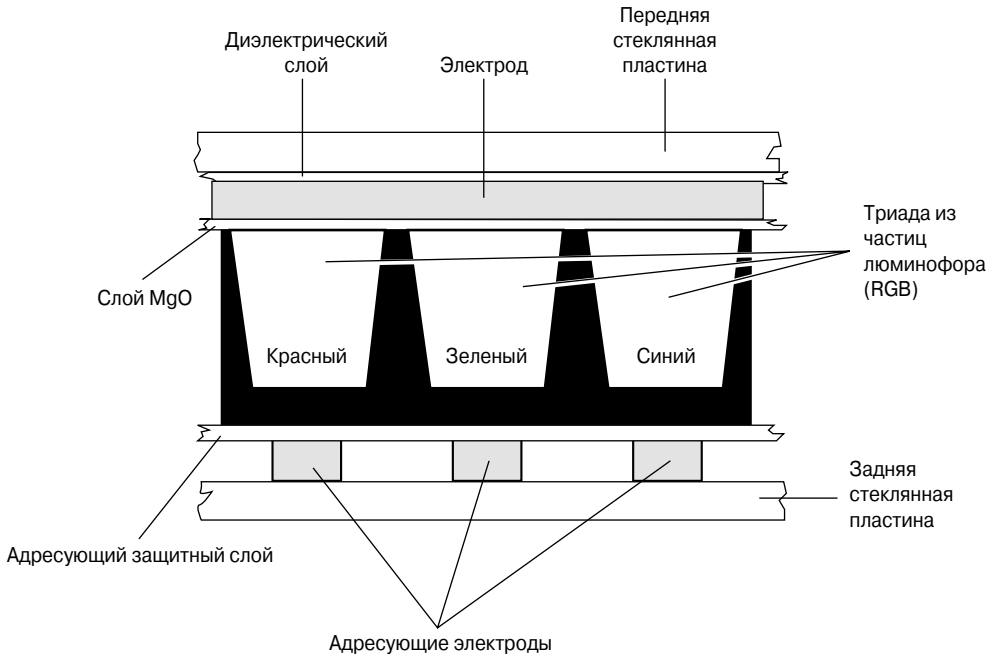


Рис. 12.22. Поперечное сечение плазменного дисплея

В основе работы проекторов лежат две технологии:

- LCD (Liquid Crystal Display — жидкокристаллический дисплей);
- DLP (Digital Light Processing — цифровая обработка света).

Вместо использования триад субпикселей, как в жидкокристаллических мониторах, в ЖК-проекторах белый свет разделяется на три компонента (красный, зеленый и синий), каждый их которых проходит через соответствующий экран. Пиксели каждого экрана открываются или закрываются в соответствии с сигналами, полученными от источника (компьютер, DVD- или видеоплеер); полученное в результате наложения всех сигналов изображение проецируется на экран. Проецирующая лампа раскалена до высокой температуры, так что перед упаковкой для хранения проекторы следует охлаждать.

Еще одной технологией, широко используемой в проекторах, предназначенных для презентаций и домашних кинотеатров, является разработанная компанией Texas Instruments технология цифровой обработки света DLP. В проекторах DLP используется комбинация из быстровращающегося светофильтра и управляемого микропроцессором массива крошечных зеркал, который называется *цифровым микрозеркальным устройством* (DMD). Каждое зеркало в системе DMD соответствует одному пикселю; зеркало отражает свет на оптическую схему или же в другом направлении. В зависимости от частоты переключения зеркал получается белый цвет (свет постоянно направлен на экран), черный цвет (свет никогда не попадает на экран) или один из возможных 1024 оттенков серого. Необходимый оттенок добавляется к проецированному изображению благодаря применению светофильтра. По сравнению с LCD проекторы DLP компактнее, обеспечивают более яркое изображение, а также быстрее

охлаждаются по окончании работы. Изначально проекторы DLP были дороже своих жидкокристаллических "собратьев", однако сейчас они занимают приблизительно один ценовой сектор. Примерно за 700 долларов можно купить такой проектор с разрешением 800×600, в то же время проекторы XGA (1024×768) доступны по цене 900 долларов. Большинство современных проекторов также поддерживают разрешение HDTV 720p и 1080i и компонентный видеовход, позволяя одному проектору выступать в роли и телевизора, и экрана монитора.

Схема работы проектора DLP представлена на рис. 12.23.

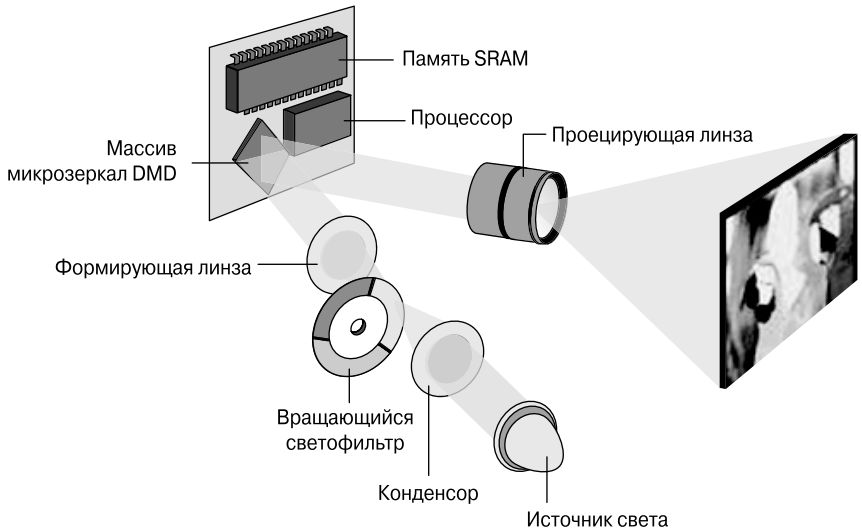


Рис. 12.23. Схема работы проектора DLP

В первых моделях проекторов DLP использовался простой трехцветный светофильтр RGB, а в более новых моделях был применен четырехсегментный (RGB и прозрачный сегмент) или шестисегментный (RGBRGB) светофильтр, что позволяет значительно улучшить качество изображения.

Примечание

Подробные сведения о технологии DLP можно найти на официальном сайте компании Texas Instruments, а также на сайте `www.dlp.com`.

Использование нескольких мониторов

Один из самых полезных способов увеличения продуктивности ПК состоит в подключении нескольких мониторов. Добавление мониторов позволяет отобразить на экране больше элементов, а также комфортно работать с несколькими приложениями одновременно. При конфигурировании системы, к которой подключено несколько мониторов, операционная система создает виртуальный рабочий стол — экран, который существует в видеопамяти и содержит содержимое экранов всех подключенных дисплеев. Несколько мониторов используется для отображения различных частей виртуального рабочего стола, содержащих окна приложений и другие элементы; при этом все эти объекты можно легко перетаскивать с экрана одного монитора на экран другого.

Хотя можно использовать три и даже большее количество дисплеев, добавление только лишь второго монитора может радикально увеличить производительность работы на ПК. Например, окно почтового клиента или текстового процессора можно развернуть на экране одного монитора, а на экране второго — окно браузера.

Использование нескольких мониторов предполагает наличие независимого видеосигнала для каждого дисплея. Это может быть осуществлено одним из следующих способов.

- **Dualview.** Используется один видеоадаптер с двумя выходами, также известный как "двухголовый" видеоадаптер.
- **Гомогенные адаптеры.** Два или большее количество видеоадаптеров, использующих *один и тот* же драйвер.
- **Гетерогенные адаптеры.** Два или большее количество видеоадаптеров, использующих *различные* драйверы.

При использовании нескольких видеоадаптеров система идентифицирует один из них как основной. Иногда его называют VGA-адаптером, так как именно на экране подключенного к нему монитора отображаются сведения POST (Power-On Self Test) и окно BIOS Setup. За это отвечает системная плата и ее драйвер. Большинство современных BIOS позволяет задавать, какой именно адаптер используется в качестве основного. К доступным параметрам BIOS Setup, как правило, относятся варианты Onboard (встроенный), PCI или PCIe (PCI Express). В случае вариантов PCI и PCIe при установленных нескольких видеоадаптерах основным будет адаптер, установленный в разъем с наиболее высоким приоритетом.

Если BIOS не предоставляет возможность указать основное устройство, во внимание принимаются исключительно приоритет шин и/или разъемов. В зависимости от BIOS, используемой в системе, вам потребуется изучить все доступные настройки, чтобы понять, как задается основной видеоадаптер; как правило, все необходимые параметры доступны в меню Video Configuration.

Технология Dualview

Большинство устаревших видеоадаптеров оснащено всего одним выходом, а более новые модели оснащены двумя видеовыходами. Портативные системы всегда оснащены адаптерами с поддержкой вывода на несколько адаптеров, в то время как системные платы с интегрированной графикой для настольных ПК до недавнего времени такой возможности не предоставляли.

Видеоадаптер с поддержкой Dualview предпочтительнее двух отдельных карт, так как это обеспечивает целый ряд преимуществ — занят всего один разъем, задействуется меньше системных ресурсов и даже потребляется меньше электроэнергии. Типы выходов у подобных адаптеров могут отличаться, поэтому убедитесь в том, что приобретаемый видеоадаптер соответствует вашим задачам, хотя чаще всего проблему можно решить с помощью адаптера. Наиболее предпочтительны цифровые видеовыходы, такие как DVI и DisplayPort, поскольку они могут быть "превращены" в любые другие с помощью недорогих адаптеров.

Microsoft утверждает, что только Windows XP и более новые версии ее операционной системы по умолчанию поддерживает работу с несколькими мониторами; однако при должной поддержке со стороны драйверов видеоадаптеры с двумя выходами можно использовать и в среде Windows 98/Me/2000. Если при использовании устаревшей операционной системы у вас нет возможности расширить рабочий стол на экран второго монитора, попробуйте для начала обновить драйверы.

Гомогенные адаптеры

Оптимальный способ использования нескольких видеоадаптеров в одной системе — отдать предпочтение гомогенным системам. Это означает возможность использования одного драйвера, а значит, оба адаптера построены на графических процессорах от одного производителя (такого как ATI или NVIDIA), относящихся к совместимым семействам микросхем. Использование гомогенных адаптеров поддерживается в Windows 98/Me (до девяти дисплеев), Windows 2000 и в более новых версиях (до 10 дисплеев) с применением любой комбинации видеоадаптеров с одним или двумя выходами. Настройка системы достаточно проста, так как все видеоадаптеры работают под управлением одного драйвера.

Поскольку ATI и NVIDIA используют драйверы унифицированной архитектуры для поддержки текущих линеек продуктов, ничто не помешает использовать два (и больше) видеоадаптера на базе решений ATI или NVIDIA для создания гомогенной мультимониторной конфигурации. Видеоадаптеры и даже графические наборы микросхем могут быть разными, при условии, что они работают под управлением одного драйвера.

Гетерогенные адаптеры

Гетерогенными являются адаптеры, в которых используются графические наборы микросхем от разных производителей или несовместимые от одного производителя, что подразумевает необходимость использования различных драйверов.

Гетерогенные видеоадаптеры поддерживались системами с Windows 98 до Windows XP, а также Windows 7 и более новыми, но не поддерживались в Windows Vista. Это связано с тем, что в Windows Vista компания Microsoft представила новую модель графического драйвера WDDM (Windows Display Driver Model) 1.0, а драйверы WDDM 1.0 поддерживают только гомогенные адаптеры (требующие использования лишь одного общего драйвера). Это означает, например, что вам не удастся использовать видеоадаптеры на базе графических процессоров ATI и NVIDIA в одной системе (как и комбинацию из нескольких видеоадаптеров, требующих различных драйверов) при применении драйверов WDDM 1.0. В Windows 7 компания Microsoft представила драйверную модель WDDM 1.1, обеспечивающую множество улучшений, в том числе и поддержку гетерогенных видеоадаптеров.

Примечание

Гетерогенные адаптеры можно использовать и в Windows Vista, если использовать драйверы Windows XPDM (XP Driver Model) вместо драйверов WDDM (Windows Display Driver Model) версии 1.0. Однако использование драйверов XPDM в Windows Vista приводит к отключению поддержки DirectX 10 и графического интерфейса Aero. Кроме того, при попытке совместного использования драйверов в одной системе вы увидите сообщение об ошибке, информирующее об обнаружении несовместимого адаптера, после чего дополнительный адаптер будет отключен. Подробная информация о поддержке нескольких мониторов и ее ограничениях в Windows Vista доступна по такому адресу:

`www.microsoft.com/whdc/device/display/multimonVista.mspx`

Устройства захвата видео

Для того чтобы записывать и сохранять видео в виде файлов, нужны специальные устройства, называемые платами-преобразователями, TV-тюнерами или платами захвата кадров.

Примечание

В данном контексте термин "видео" означает полноэкранное изображение на компьютерном мониторе. При оценке возможностей аппаратного обеспечения для работы с видео следует различать устройства, захватывающие неподвижные изображения с видеоисточника, и устройства, способные захватывать полноэкранные видеопотоки.

Сегодня существуют два вида источников видеосигналов: аналоговый и цифровой.

Аналоговые видеосигналы могут быть получены из традиционных источников, к которым относятся телевещание и кабельное телевидение, видеомагнитофоны и видеокамеры, использующие магнитную ленту стандарта VHS или ему подобных. Этот процесс, в отличие от обработки фотографических изображений, требует большого объема памяти и немалых системных ресурсов.

Обычная система отображения компьютера разрабатывалась для вывода в основном статических изображений. Запись и считывание изображений связаны с обработкой файлов огромных размеров. Например, одна полноэкранная цветная картинка в несжатом формате занимает около 2 Мбайт дискового пространства, при этом для записи телепрограммы продолжительностью всего в одну секунду потребуется 45 Мбайт. Кроме того, при передаче изображения в компьютер необходимо предварительно преобразовать аналоговый сигнал NTSC

в цифровую форму. В компьютере видеосигналы должны передаваться со скоростью, в десять раз превышающей возможности обычной шины ISA. Следовательно, нужны не только хорошие видеоадаптер и монитор, но и шина PCI Express или AGP.

Поскольку файлы с телепрограммами (и изображениями) занимают на диске очень много места, их следует сжимать. Сжатие используется при обработке как видео-, так и аудиоинформации. Сжатый файл занимает меньше места на диске и благодаря меньшему объему данных проще в обработке. При воспроизведении телепрограммы файл распаковывается. В любом случае для возможности работы с видео необходим достаточно большой и быстродействующий жесткий диск.

Программы и устройства сжатия/декомпресссии называются *кодеками*. Существуют два вида систем сжатия: с использованием аппаратных средств и с применением только программных методов (аппаратно-независимые). Быстродействие первых обычно выше, но их применение связано с установкой дополнительных устройств. Вторые представляют собой набор специализированных программ для сжатия и воспроизведения файлов, но их качество и коэффициент сжатия ниже. Два основных алгоритма работы систем сжатия описаны ниже.

- **JPEG (Joint Photographic Experts Group).** Изначально этот алгоритм был разработан для неподвижных изображений, но впоследствии оказалось, что он подходит для сжатия со скоростью, соответствующей телевизионной развертке (30 кадров в секунду). Согласно алгоритму JPEG исходный сигнал преобразуется в последовательность неподвижных изображений, которые затем можно отредактировать. При сжатии происходит частичная потеря информации, но этого можно избежать. Избыточные данные из каждого кадра удаляются (внутрикадровое сжатие). Средняя степень сжатия — 30:1 (от 20:1 до 40:1).
- **MPEG (Motion Pictures Experts Group).** Степень сжатия приблизительно равна 30:1, но с помощью отбора опорных кадров ее можно довести до 100:1 (а иногда даже 200:1); при этом скорость и качество изображения остаются высокими. При междукадровом сжатии записываются только различия между двумя последовательными кадрами (приращения — положительные или отрицательные). Данный алгоритм нельзя использовать при моделировании или редактировании отдельных фаз движения.

Если вы собираетесь захватывать или сжимать видео на своем компьютере, установите на нем программное обеспечение, основанное на одном из следующих стандартов: Microsoft DirectShow (наследник Video for Windows и ActiveMovie), Windows Vista и Microsoft Media Foundation, Real Producer от Real Network или QuickTime Pro от Apple. Программы воспроизведения файлов, созданных с помощью этих технологий, можно бесплатно загрузить с сайтов производителей.

Для воспроизведения или записи изображения на специализированном компьютере для мультимедиа понадобятся дополнительные программные и аппаратные средства.

- Пакет программ для обработки изображений, например QuickTime for Windows компании Apple или Windows Media Player компании Microsoft.
- Видеоплата для преобразования изображений в цифровую форму, сжатия и воспроизведения больших видеофайлов. При записи видео его можно сохранить в одном из множества форматов, в частности в AVI (Audio Video Interleave), MOV (формат Apple QuickTime) или MPG (формат MPEG).
- Адаптер, осуществляющий прямое и обратное преобразование телевизионных и компьютерных видеосигналов, с выходом для записи на видеомагнитофон.

Существует несколько вариантов захвата аналоговых видеосигналов, которые зависят от используемого видеоадаптера; наилучшим является технология составного видеосигнала. При этом используются три гнезда RCA-типа для передачи сигнала яркости (Y) и двух цветоразностных сигналов (PR и PB); разъем этого типа обычно применяется в DVD-проигры-

вателях, высококачественных телевизорах и телевизионных приставках HDTV. Следует заметить, что устройства захвата кадров, предназначенные для внутреннего рынка, как правило, не поддерживают технологию составного видеосигнала. Стоимость типичного профессионального адаптера захвата кадров, совместимого с этой технологией, например Avid Liquid Pro от Pinnacle Systems, достигает 1000 долларов.

Соединитель S-Video (S-VHS), поддерживаемый многими устройствами захвата кадров, представленными на рынке систем для дома и малого бизнеса, является лучшим вариантом. Этот кабель передает параметры цветности и яркости отдельными сигналами. Без него придется использовать полный видеосигнал, который передает сигналы цветности и яркости единым форматом, что ухудшает качество изображения. Понятно, что качество видеоизображения напрямую зависит от качества видеосигнала.

Для захвата телевизионных сигналов используется TV-тюнер с возможностями записи. Эти устройства подключаются к порту USB 2.0 либо вставляются в разъемы PCI или PCI Express и содержат один или несколько тюнеров. Некоторые TV-тюнеры сопровождаются программным обеспечением, позволяющим записывать телефизионные программы или приостанавливать их воспроизведение в реальном времени. В качестве альтернативы можно использовать программу Media Center соответствующих редакций Windows XP и Vista. Если хотите использовать функции записи телевизионного сигнала, приобретайте устройства, поддерживающие дистанционное управление и доступ к программам передач (эту функцию поддерживает Media Center).

До недавнего времени TV-тюнеры поддерживали только эфирное и кабельное телевидение, теперь некоторые тюнеры позволяют воспроизводить сигнал эфирного HDTV (ATSC). Устройства, поддерживающие технологию Clear QAM, позволяют записывать нерасшифрованный сигнал HDTV, а тюнер TV Wonder Digital Cable Tuner от ATI поддерживает устройства CableCARD, используемые многими операторами кабельного телевидения для приема содержимого HDTV.

Примечание

Большинство устаревших моделей TV-тюнеров поддерживает прием только аналоговых сигналов, который на большинстве рынков уже не поддерживается. Убедитесь в том, что приобретаемая модель тюнера также поддерживает и прием цифровых каналов.

TV-тюнеры, поддерживаемые драйверами для Windows Vista, можно использовать с программой Media Center для записи, приостановки и воспроизведения телевизионного сигнала на ПК. Некоторые TV-тюнеры оснащены композитными и S-video разъемами, что позволяет использовать одно устройство для захвата телевизионного сигнала, а также сигнала видеомагнитофона и аналоговой видеокамеры.

На рис. 12.24 представлен типичный адаптер ATI TV Wonder 650, оснащенный TV-тюнером и функцией видеовхода и видеовыхода. Данный экземпляр оснащен интерфейсом PCI Express x1, однако в других платах реализован интерфейс PCI.

Достоинства и недостатки устройств мультимедиа представлены в табл. 12.21.

Таблица 12.21. Достоинства и недостатки устройств мультимедиа

Тип устройства	Достоинства	Недостатки
Видеоадаптер со встроенным TV-тюнером	Занимает один разъем системной платы	При модернизации необходимо менять видеоадаптер
TV-тюнер	Упрощается процедура модернизации	Версии с интерфейсом PCI не поддерживают последние стандарты HDTV; версии с интерфейсом PCI Express не совместимы со старыми системами
Устройство, подключаемое к порту USB	Простота установки в новые компьютеры; интерфейс USB 2.0 достаточно скоростной для поддержки высококачественного видео	Достаточную производительность имеет только порт USB 2.0. Некоторые устройства не поддерживают аппаратный кодек

Окончание табл. 12.21

Тип устройства	Достоинства	Недостатки
IEEE-1394 (FireWire)	Качественное изображение; не требуется дополнительных преобразований сигнала; высокая производительность; высокое качество без искажений компрессии	Необходима интерфейсная плата IEEE-1394 для подключения к цифровому видео; не совместимо с источниками аналогового телесигнала. Многие модели требуют дополнительных программ для видеозахвата

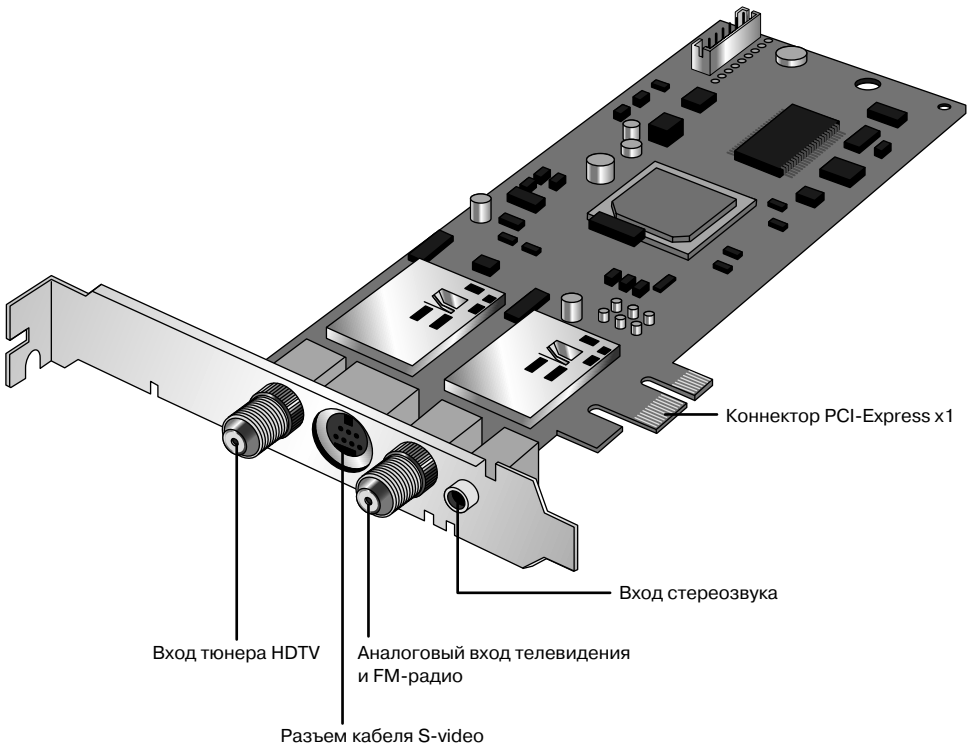


Рис. 12.24. Адаптер TV Wonder 650 с интерфейсом PCI Express x1 имеет входы аналогового телесигнала, FM-радио, S-video, композитный вход видео-, стереоаудио- и телесигнала HDTV

Устранение неполадок и поддержка видеоадаптеров и мониторов

Решение большинства задач, связанных с видеоадаптерами и мониторами, оказывается достаточно простым, но дорогостоящим, так как чаще всего сводится к замене устройства. За исключением специализированных CAD-ориентированных или предназначенных для рабочих станций видеоадаптеров, ремонт практически всех современных видеоадаптеров оказывается гораздо дороже их замены, а документация, необходимая для ремонта, не всегда доступна. Как правило, вам не удастся найти блок-схемы, списки компонентов, а также другие документы с описанием адаптеров или мониторов. Поэтому сначала необходимо прибегнуть к другим способам.

Помните, что можно столкнуться с большим количеством проблем с видеоадаптерами и мониторами, связанным с драйверами, а не собственно с устройствами. Прежде чем пытаться ремонтировать устройства, попробуйте установить самые свежие версии драйверы, возможно, проблемы уже решены.

Устранение неисправностей видеоадаптеров и драйверов

Проблема

Монитор работает только при загрузке и в BIOS Setup.

Решение

Если при загрузке системы до появления изображения рабочего стола монитор работает нормально, то проблема кроется в драйвере видеоадаптера Windows. Чтобы удостовериться в том, что во всем "виноват" драйвер, загрузите компьютер в режиме защиты от сбоев — в этом режиме используется стандартный драйвер VGA. Если компьютер работает нормально, переустановите драйвер видеоадаптера.

Если частота работы процессора или памяти видеоадаптера с помощью какой-либо программы была увеличена, она могла оказаться слишком высокой. Перезагрузите систему в безопасном режиме и установите первоначальные параметры видеоплаты. Если в настройках BIOS была изменена скорость портов AGP/PCI/PCI Express, перезагрузите систему и восстановите в BIOS обычную частоту.

Проблема

Невозможно установить нужную глубину цвета и разрешение экрана.

Решение

Проверьте, правильно ли идентифицирована плата в Windows и корректно ли работает память видеоадаптера. Для тестирования видеопамяти воспользуйтесь диагностическими программами, которые прилагаются к видеоадаптеру или наборам микросхем. Если аппаратные средства работают нормально, попробуйте установить новые драйверы.

Проблема

Невозможно установить нужную частоту обновления экрана.

Решение

Проверьте, правильно ли идентифицированы в Windows видеоадаптер и монитор. Постарайтесь установить последние версии драйверов видеоплаты и монитора.

Проблема

Невозможно задать настройки OpenGL или Direct3D (DirectX).

Решение

Установите последние версии драйверов графического адаптера и набора микросхем; не следует использовать версии драйверов, поставляемые в составе Microsoft Windows. Стандартные драйверы Microsoft часто не поддерживают настройку параметров 3D и др.

Проблема

Не удается вывести изображение на второй монитор.

Решение

Если используется видеоадаптер с двумя портами, убедитесь в том, что вывод изображения на второй монитор активизирован в драйвере. Для этого может потребоваться обратиться к дополнительным настройкам драйвера. Если используются два видеоадаптера в режиме SLI (NVIDIA) или CrossFire (ATI), прежде чем добавлять вывод на дополнительные мониторы, следует отключить режим SLI или CrossFire. При использовании видеоадаптеров в отдельных разъемах изучите настройки VGA в BIOS. Измените текущие настройки и перезапустите систему. Обновите драйверы видеоадаптера.

Проблема

Не удается активизировать режим SLI.

Решение

Убедитесь в том, что SLI-мост (MIO) корректно установлен на оба видеоадаптера (см. рис. 12.16). Если вы не используете видеоадаптеры от одного производителя, для активизации режима SLI потребуется установить драйверы NVIDIA ForceWare версии 81.85 или более новой, после чего активизировать режим SLI.

Проблема

Не удается активизировать режим CrossFire.

Решение

Если используются платы Radeon X800, Radeon X850 или Radeon X1800, убедитесь в том, что у вас одна плата стандартная, а другая — плата версии CrossFire Edition семейства Radeon. Также убедитесь, что обе платы должным образом соединены с помощью портов DMS и DVI.

Загрузите и установите последнюю версию драйверов ATI CATALYST. Затем не забудьте активизировать режим CrossFire в драйвере.

Проблема

Невозможно активизировать рабочий стол Aero 3D в Windows Vista.

Решение

Убедитесь, что интегрированное видео или плата видеоадаптера поддерживает DirectX 9.0 или более позднюю версию. Также должен быть установлен драйвер WDDM устройства. Если драйверы WDDM не доступны для карты, замените ее.

Программа DisplayMate

Для тщательного тестирования монитора и видеоадаптера предназначена программа DisplayMate. Причем ее можно использовать при тестировании не только монитора, но и всей видеосистемы.

С ее помощью можно проверить качество системы сведения лучей (фокусировку), систему центрирования, настройку яркости и контрастности, отсутствие искажений, а также качество отображения цветов. Поэтому при покупке монитора рекомендуется проверять его с помощью этой программы. Если с компьютером используется проектор, она может оказаться полезной и для его точной настройки.

Проверка видеоадаптера с помощью этой программы состоит в определении производительности, а также в его испытании во всех возможных режимах (при всех поддерживаемых разрешающих способностях).

Для того чтобы получить дополнительную информацию о программе DisplayMate (бывшая Senera), посетите сайт `www.displaymate.com`.

Видеодрайвер

Программный драйвер — важный элемент видеосистемы, зачастую вызывающий много проблем, с помощью которого осуществляется связь программного обеспечения с видеоадаптером. Видеоадаптер может быть оснащен самым быстрым процессором и наиболее эффективной памятью, но плохой драйвер способен свести на нет все эти преимущества.

Видеодрайверы используются для поддержки процессора видеоадаптера. Несмотря на то что видеоадаптеры поставляются изготовителем вместе с драйверами, часто используются драйверы, поставляемые с набором микросхем системной логики. Все зависит от того, какой из драйверов обеспечивает большую производительность и создает меньше проблем.

Большинство производителей видеоадаптеров и наборов микросхем системной логики имеют свои сайты, на которых можно найти информацию о последних версиях драйверов. Хотя может пригодиться драйвер, поставляемый с набором микросхем системной логики, лучше использовать драйверы, поставляемые производителем адаптера. Перед покупкой видеоадаптера желательно посетить сайт производителя и выяснить, какие драйверы для него предлагаются. Частые ревизии драйверов можно расценивать не только как реакцию производителя на жалобы пользователей, но и как признак ненадежности оборудования.

Примечание

Несмотря на то что для большинства типов устройств всегда лучше использовать самые новые версии драйверов, видеоадаптеры оказываются исключением из правил. Компании NVIDIA и ATI выпускают унифицированные драйверы, предназначенные для использования с целым рядом моделей видеоадаптеров. В некоторых случаях вместе с устаревшими наборами микросхем лучше использовать более ранние версии видеодрайверов. Если вы столкнулись с проблемами быстродействия или стабильности системы (особенно это касается трехмерных игр) после обновления версии драйвера, попробуйте вернуться к более ранней его версии.

Видеодрайвер также обеспечивает интерфейс, который используется для настройки методов управления дисплеем, применяемых адаптером. Например, нельзя установить разрешающую способность, не поддерживаемую дисплеем, даже если видеокарта его поддерживает.

В большинстве случаев доступна еще одна вкладка Color Management (Управление цветом), на которой можно выбрать цветовой профиль монитора, чтобы обеспечить максимально точную цветопередачу при работе с графическими приложениями и принтерами.

Видеоадаптеры с расширенными функциями ускорения 3D-графики также поддерживают дополнительные свойства; все эти вопросы будут рассмотрены дальше в настоящей главе.

Уход за монитором

Поскольку хороший ЭЛТ-монитор с размером экрана 17 дюймов и больше или жидкокристаллический монитор с размером экрана 15 дюймов и больше может работать гораздо дольше компьютера, необходимо обеспечить должный уход, чтобы продлить срок службы дисплея.

- Хотя выгорание люминофора (при котором на экране остается постоянная тень от предыдущего изображения) в современных VGA-мониторах (в отличие от старых TTL-дисплеев) практически исключено, *хранители экрана* (или *заставки*) могут пригодиться для защиты компьютера от несанкционированного доступа. Назначить хранителю экрана пароль можно как средствами Windows, так и с помощью сторонних программ (хотя если кто-либо подсмотрит, как вы набираете пароль, то это уже не поможет).
- Во избежание преждевременного выхода из строя кнопки включения монитора (что вполне реально) используйте функции энергосбережения в диалоговом окне Свойства:Экран или Электропитание для определения промежутка времени, по истечении которого будет активизироваться режим ожидания (лучше всего — 10–15 минут), а выключать монитор следует примерно через час. Не забывайте постоянно использовать энергосберегающие функции, а не щелкайте выключателем питания на корпусе монитора. Выключать монитор необходимо один раз в день — по окончании работы.

  Как определить, действительно ли выключен монитор или он находится в режиме ожидания? Посмотрите на зеленый индикатор, расположенный на передней панели монитора. Если монитор в режиме ожидания, то индикатор будет мигать или иметь желтый цвет, в то время как при нормальной работе индикатор постоянно зеленый. Поскольку монитор в режиме ожидания все равно потребляет немного энергии, по окончании рабочего дня его следует выключить.
- Обеспечьте нормальную вентиляцию монитора, не кладите на него папки, книги и т.п. Монитор со слегка оплавленной решеткой в верхней части корпуса является жертвой перегрева и плохого охлаждения. Если монитор должен стоять в плохо проветриваемом месте, лучше воспользоваться жидкокристаллической панелью, так как она выделяет намного меньше тепла, чем ЭЛТ-монитор.
- Регулярно протирайте экран монитора салфеткой, смоченной очищающим раствором. Также не забывайте вытирать пыль с корпуса.
- Если монитор оснащен средством размагничивания, то периодически пользуйтесь им. Вокруг электронной трубки монитора расположены мощные магниты, поэтому держите переносные магнитные носители на безопасном расстоянии.

Тестирование монитора

В отличие от большинства других периферийных устройств, подключаемых к компьютеру, реальное качество монитора практически невозможно определить по его технической спецификации. Цена также не является главным показателем. Выбор монитора весьма субъективен, и наилучшим способом будет осмотр нескольких работающих моделей в магазине, дома или в офисе (если компания предоставляет соответствующую гарантию на возврат монитора).

Тестирование — это не просто изучение качества изображения, выводимого на экран. В большинстве магазинов на экране мониторов показывают фильмы, клипы, фотографии и другие

графические презентации, которые совершенно бесполезны для серьезной оценки. По возможности постарайтесь посмотреть на одно и то же изображение на разных мониторах.

Перед проведением тестов, описанных ниже, установите максимальные разрешение дисплея и частоту обновления, которые допускают комбинация вашего графического адаптера и проверяемого монитора.

Чтобы быстро протестировать монитор, выполните ряд действий.

- С помощью какой-нибудь графической программы нарисуйте окружность. Если в результате получится овал, значит, монитор сослужит вам плохую службу при работе с графическими или конструкторскими приложениями.
- Наберите небольшой текст с размером шрифта 8–10 пунктов (1 пункт равен 1/72 дюйма). Если буквы на экране расплывчатые или вокруг черных символов возникает цветной ореол, выберите другой монитор.
- Отобразите на экране белый фон и поищите области с измененным цветом. Такой дефект может указывать на проблему, связанную не с единичным устройством, а со всем модельным рядом. Это также может указывать на проблемы с сигналом, поступающим с графического адаптера. Подключите монитор к системе с другой графической картой и повторите тест, чтобы выявить истинного виновника проблемы: адаптер или монитор.
- Проверьте равномерность фокусировки рабочего стола Windows по всему экрану. Сохраняется ли четкость мелких деталей изображения, например пиктограмм? Не становятся ли волнообразными или искривленными прямые линии в области заголовка окна? Мониторы всегда имеют лучшую фокусировку в центре экрана, а значительные искажения в углах свидетельствуют о плохом качестве (причем не отдельного экземпляра, а данной модели мониторов). Искажение формы линии может быть результатом плохой работы видеоадаптера, так что не пренебрегайте возможностью испытать этот монитор с другой видеокартой. Если качество не улучшилось, опробуйте другой монитор.

  Попробуйте увеличивать и уменьшать яркость и следите за изображением в углах. Если изображение изменяет цвет или растягивается/сжимается, то, скорее всего, при изменении яркости нарушается фокусировка; так же выясняются проблемы с сигналом, поступающим от видеоадаптера. Подключите монитор к другой системе с другим видеоадаптером и выясните, в чем причина — в мониторе или видеоадаптере.
- Попробуйте, загрузив Windows, изменить разрешение жидкокристаллического монитора. Жидкокристаллические панели имеют только одно собственное разрешение, поэтому для обработки в полноэкранном режиме более низкого разрешения монитор использует масштабирование. Если вы занимаетесь веб-дизайном, увлекаетесь компьютерными играми или просто хотите установить определенное разрешение экрана, этот тест позволит определить, сохраняется ли качество изображения при использовании отличных от стандартного разрешений. Этот же тест может быть использован и для ЭЛТ-мониторов, которые, в отличие от жидкокристаллических панелей, предназначены для работы при различных разрешениях.
- Хороший ЭЛТ-монитор всегда настроен таким образом, чтобы лучи от красной, зеленой и синей электронных пушек точно попадали на свои пятна люминофора по всей активной области экрана. Если этого не происходит, значит, у монитора плохое сведение лучей, т.е. по краям экрана линии, выводимые как одноцветные, имеют ореол из других цветов. Если же сведение обеспечено по всему экрану, заданные цвета будут чистыми (без примесей), четкими (без ореолов по краям) и именно такими, которые указаны в программе тестирования.
- Если у монитора есть встроенная функция диагностики изображения (что весьма желательно), воспользуйтесь ею для того, чтобы протестировать дисплей независимо от видеоадаптера и системы. Монитор со встроенными средствами диагностики отобра-

жает на экране текст или текстовый шаблон, если он включен, а компьютер, к которому он подключен, выключен. То же самое происходит и в том случае, если монитор вообще не подключен к компьютеру.

Настройка мониторов

Одна из наиболее возможных проблем с монитором часто остается без внимания пользователя; речь идет о контрастности и яркости. Хотя большинство современных моделей мониторов поддерживает отображение экранных меню OSD (onscreen display), предназначенных для настройки этих и других параметров.

Например, ЭЛТ-мониторы могут поддерживать настройку фокусировки с помощью винта на задней части корпуса. Поскольку винт, как правило, скрыт в корпусе, добраться до него можно только через отверстие. При этом может понадобиться и отвертка. Возможно, подобные настройки позволят вам сэкономить на походе в сервисный центр. Всегда изучайте корпус монитора, документацию, а также сайт производителя и другие ресурсы для поиска информации о расположении элементов управления.

В большинстве современных мониторов используется не аналоговое управление, а цифровое (имеются в виду не сигналы, поступающие от видеоадаптера, а управление настройкой с передней панели). В мониторе с цифровым управлением обычно есть встроенное меню настройки яркости, контрастности, размера изображения, смещения по горизонтали и по вертикали и даже фокусировки. Меню вызывается на экран с помощью специальной кнопки, после чего в нем можно выбрать режим настройки (яркость, контрастность и т.д.) и изменить значения установленных параметров. В некоторых моделях на корпусе монитора предусмотрена отдельная кнопка для каждого режима настройки. По завершении этой процедуры значения параметров сохраняются в энергонезависимой памяти монитора (NVRAM), так что для этого не требуется никакого питания, даже от батареек, но в любой момент (естественно, когда монитор включен) они могут быть изменены. Цифровое управление является переходом на новый уровень технологии отображения, поэтому, если у вас есть выбор, приобретите монитор именно такой конструкции.

Практически все современные ЭЛТ-мониторы поддерживают регулировку геометрии изображения. На рис. 12.25 показаны самые распространенные настраиваемые параметры.

Хотя у жидкокристаллических мониторов, в отличие от электронно-лучевых, принципиальных проблем с геометрией не бывает, определенные недостатки качества изображения все-таки возможны, особенно при подключении с помощью 15-контактного аналогового разъема VGA. Дрожание и мерцание пикселей (при котором соседние пиксели то загораются, то гаснут) — достаточно распространенные проблемы, возникающие при использовании аналогового разъема VGA. Визуально они выражаются в дрожании и "волнах" на экране.

Параметр Auto-Tune (Автонастройка), доступный в экранном меню большинства жидкокристаллических мониторов, позволяет устранить значительную часть подобных проблем.

"Битые" пиксели

Так называемый *"битый" пиксель* — это пиксель, красная, зеленая или синяя ячейка которого постоянно включена или выключена. Постоянно включенные ячейки очень хорошо видны на темном заднем фоне как ярко-красные, зеленые или синие точки. Хотя даже пара точек может помешать работе, гарантийные обязательства производителей относительно количества "битых" пикселей, необходимого для замены монитора, серьезно отличаются. Некоторые производители обращают внимание как на количество таких пикселей, так и на их расположение. К счастью, в ходе постоянного усовершенствования технологии производства вероятность появления "битых" пикселей на настольном жидкокристаллическом экране или дисплее ноутбука снижается.



Рис. 12.25. Современные модели мониторов, как правило, поддерживают настройку нескольких параметров геометрии изображения

Несмотря на то что не существует универсального способа исправления таких пикселей, можно посоветовать пару нехитрых приемов. Некоторые испорченные пиксели можно исправить, если слегка нажать пальцем на область экрана, где они расположены. Это часто срабатывает, особенно если ячейка постоянно включена, а не погашена. Пусть уж лучше “битый” пиксель будет темным, чем ярко светящимся, что немало раздражает пользователя. Более точно можно выполнить эту операцию, используя перо планшета. Иногда удается избавиться от “мертвых” пикселей, тщательно протерев область, где они расположены.

Еще один метод предполагает использование специального программного обеспечения, которое очень быстро переключает цвета “битых” пикселей (а также пикселей, находящихся рядом с ними). Иногда это помогает оживить “битые” пиксели. Хорошо известны две программы, выполняющие эту операцию: Udpixel (`http://udpix.free.fr`) и Jscreenfix (`www.jscreenfix.com`).

К сожалению, ни одна из этих операций не дает 100-процентной гарантии — в большинстве случаев пиксели так и остаются “битыми” независимо от приложенных усилий. Если не помог ни один из предложенных методов, свяжитесь с производителем ЖК-монитора (или ноутбука) и узнайте, выполняет ли он замену оборудования с “битыми” пикселями. Нужные сведения вы можете найти и в документации к своему монитору.

Устранение неисправностей мониторов

Проблема

Нет изображения.

Решение

Если индикатор на передней панели монитора мигает или стал желтым, следовательно, монитор находится в режиме энергосбережения. Переместите мышь или нажмите комбинацию клавиш <Alt+Tab> и подождите несколько секунд.

Если индикатор постоянно зеленый, значит, монитор в нормальном рабочем режиме (получает сигнал видеоадаптера), однако неправильно настроены контрастность и яркость изображения.

Если индикатор не светится, проверьте разъем питания монитора, кабель и выключатель. Попробуйте заменить кабель питания и кабель данных. Если причина неисправности не найдена, подключите заведомо исправный монитор и выясните, в дисплее ли кроется источник проблемы.

Проблема

Изображение на экране монитора дрожит.

Решение

Жидкокристаллические мониторы. Используйте специальное программное обеспечение или экранное меню для уменьшения эффекта дрожания или размытости пикселей. Используйте цифровые порты DVI адаптера и монитора, чтобы избежать излишних преобразований сигнала.

Все мониторы. Проверьте кабель данных.

- Если кабель подсоединен к удлинителю, уберите его и подключите монитор непосредственно к видеоадаптеру; если проблема устранена, замените удлинитель.
- Попробуйте заменить кабель заведомо исправным.
- Выясните, нет ли вблизи монитора источника электромагнитного излучения, например микроволновой печи.

ЭЛТ-мониторы. Проверьте частоту обновления экрана; уменьшайте ее до тех пор, пока не будет достигнуто приемлемое качество изображения.

- Воспользуйтесь экранным меню настройки изображения.
- Если проблема случается время от времени и может быть устранена путем легкого хлопка по корпусу монитора, следовательно, поврежден энергокабель или какие-то контакты. Монитор нужно отремонтировать или заменить.

Ремонт мониторов

Сервисное обслуживание мониторов проводится по-разному. Хотя некоторые мониторы заменяются целиком, мониторы с большим экраном (20 дюймов и более), а также жидкокристаллические дисплеи зачастую дешевле отремонтировать, чем заменить. Если монитор требует ремонта, обратитесь в компанию, где он был приобретен, или в специализированную ремонтную мастерскую.

Складской ремонт означает, что вы отправляете дисплей специалистам по ремонту, которые либо отремонтируют монитор, либо пришлют идентичное уже отремонтированное устройство. При этом стоимость такой услуги фиксирована и не зависит от того, каким образом монитор будет отремонтирован.

Поскольку, как правило, вы получаете другой (но идентичный) монитор как замену, его могут прислать даже до того, как вы отправите свой монитор в ремонт. В результате время ожидания замененного монитора оказывается минимальным, либо вам вообще не придется ждать. Если же у вас уникальная модель монитора, придется ожидать, пока он будет отремонтирован.

Определить неисправность монитора очень просто. Если монитор погас, подключите к компьютеру другой монитор и проверьте, работает ли он; если работает, значит, проблема в погасшем мониторе, если нет, значит, в карте видеоадаптера.

Многие современные мониторы имеют встроенную функцию самодиагностики (обратитесь к документации), которая позволяет установить, с чем связана проблема: с монитором,

кабелем или с чем-то еще. Если функция самодиагностики отображает на экране информацию, значит, проблема кроется в каком-либо другом компоненте видеосистемы.

Иногда источником проблем может стать кабель монитора. Согнутый контакт в разъеме, к которому подключается видеоадаптер, может привести к тому, что монитор не будет включаться.

Согнутый контакт можно выправить пассатижами или пинцетом, но, если он сломан или разъем поврежден как-нибудь иначе, нужно заменить кабель. В некоторых мониторах кабель подключения к видеоадаптеру отсоединяется, но есть и закрепленные намертво. В первом случае можно заменить кабель и самому, во втором монитор придется отнести в сервисный центр.

Если источник проблемы локализован и им оказался монитор, посмотрите в документации, где находится ближайший авторизированный сервисный центр. Сторонние сервисные центры также могут выполнить послегарантийный ремонт большинства моделей мониторов, и их цены обычно ниже.

Предупреждение

Не пытайтесь отремонтировать монитор самостоятельно. Прикосновение к высоковольтным цепям может оказаться смертельным. Иногда высокое напряжение на отдельных участках схемы сохраняется в течение нескольких часов и даже дней после отключения питания. Опытные техники сначала разряжают электронно-лучевую трубку и высоковольтные конденсаторы.

ГЛАВА 13

Аудиоустройства

Несмотря на то что еще в первые компьютеры IBM PC были встроены элементарные возможности обработки звуковых сигналов, эти звуки использовались исключительно для оповещения пользователя об ошибках, а не для решения творческих задач. Компьютеры Macintosh, появившиеся в 1984 году, содержали встроенную высококачественную систему воспроизведения звука, однако компьютеры PC так и оставались с относительно ограниченными звуковыми возможностями, пока несколько компаний, таких как AdLib и Creative Labs, в конце 1980-х не представили миру первые внешние звуковые карты.

Благодаря конкурентной борьбе между разными компаниями сегодня мы имеем возможность пользоваться устройствами и программами высококачественной обработки и воспроизведения звука. Звуковые устройства перестали быть дорогостоящей экзотикой, а стали неотъемлемой частью конфигурации практически любой компьютерной системы.

В современных компьютерах аппаратная поддержка звука может быть реализована в одной из следующих форм:

- звуковая плата, устанавливаемая в разъем шины PCI или PCIe или подключаемая к порту USB или IEEE 1394 (FireWire);
- микросхема AC'97 или HD Audio на системной плате.

Независимо от места расположения, звуковые устройства имеют разъемы для подключения микрофона и акустических систем, а также могут оснащаться и разъемами для подключения MIDI-устройств (старые модели также были оборудованы игровым портом). Как будет показано ниже, многие адаптеры среднего и высокого классов оборудованы сложными цифровыми входами и выходами. С программной точки зрения звуковые адаптеры требуют поддержки драйверами, либо содержащимися в конкретных программах, либо установленными в операционную систему. В этой главе мы сконцентрируем внимание на аудиопродукции, которую можно встретить в современных компьютерах, а также на способах ее установки и использования.

Первые звуковые адаптеры

Первые звуковые адаптеры были предназначены в основном для любителей компьютерных игр и выпускались компаниями AdLib, Roland и Creative Labs. Они стоили порядка сотни долларов и часто были не совместимы друг с другом.

Первой звуковой картой для ПК, получившей широкую программную поддержку, была плата AdLib Music Synthesizer Card, выпущенная в 1987 году. Она базировалась на разработке компании Yamaha с поддержкой FM-синтеза. Приблизительно в то же время компания Creative Labs представила очень конкурентное, но несовместимое решение, получившее название Creative Music System, в дальнейшем переименованное в Game Blaster.

Плату Game Blaster, совместимую только с некоторыми играми, в 1989 году заменил стандарт Sound Blaster, который был совместим со звуковыми платами AdLib и Creative Labs Game Blaster и вскоре стал общепринятым. Оригинальная плата Sound Blaster имела встроенный разъем для микрофона, стереовыход и MIDI-порт для подключения к компьютеру синтезаторов и других музыкальных инструментов. Таким образом, было положено начало новой эры звуковых адаптеров с определенным набором функций, которая продолжается по сей день и охватывает как отдельные платы, так и интегрированные в системную плату звуковые микросхемы. Следующая модель, Sound Blaster Pro, обладала еще более "продвинутыми" функциями и улучшенным качеством звучания. Со временем Sound Blaster Pro и ее преемники стали, по сути, мировым стандартом воспроизведения звука на компьютере.

Ограничения совместимости Sound Blaster Pro

В середине 1990-х, когда MS-DOS была стандартом операционных систем, наибольшее распространение получили звуковые платы, совместимые с Sound Blaster Pro. К сожалению, некоторые платы требовали задания двух отдельных наборов ресурсов, таких как прерывания IRQ, каналы DMA и адреса порта ввода-вывода. Один из этих наборов был предназначен для "родного" режима, а второй — для режима совместимости с Sound Blaster Pro. Другие платы достаточно хорошо работали в среде Windows или во время сеанса MS-DOS, осуществляемого при работе Windows в фоновом режиме, но требовали от инсталляции драйвера резидентной программы, позволяющей работать непосредственно в MS-DOS.

Однако в процессе развития 32-разрядных игр для Windows поддержка звука стала более простой. Приложения Windows используют драйверы операционной системы, поставляемые производителем звуковой платы. Таким образом, программист перестал быть заложником вопросов совместимости с разными звуковыми картами, ускорителями трехмерной графики и другими устройствами. Для объемного звука и трехмерной графики система Windows стала использовать технологию DirectX, впервые представленную в декабре 1995 года.

DirectX и звуковые адаптеры

Microsoft DirectX представляет собой целую серию интерфейсов прикладного программирования (API), которые реализуют промежуточный слой между программами и устройствами. В отличие от программ MS-DOS, разработчикам которых приходилось обеспечивать аппаратную поддержку с многочисленными моделями и марками звуковых плат, видеоадаптеров и игровых контроллеров, приложения Windows "общаются" с интерфейсом DirectX, который позволяет им управлять устройствами напрямую, а не через их драйверы. Это повышает эффективность программ и освобождает разработчиков от необходимости изменять параметры приложений при работе с различными устройствами, так как можно использовать разные подпрограммы универсального интерфейса DirectX.

Поддержка старых звуковых устройств посредством виртуализации

А что же можно предложить любителям старых программ? Любителям старых игр под управлением DOS современные внешние и интегрированные адаптеры должны предлагать усложненные решения, связанные с глобальным аппаратным отличием старых разъемов ISA, использовавшихся классическими звуковыми картами, от современных устройств.

Некоторое время удавалось поддерживать жизнеспособность старых игр с помощью древних операционных систем, таких как MS-DOS 6.x (при необходимости — с установленной надстройкой Windows 3.1), и звуковых карт ISA, совместимых с Sound Blaster Pro. Однако в современных компьютерах шина ISA уже не поддерживается. Некоторые первые звуковые карты ISA обеспечивали режим эмуляции Sound Blaster Pro, однако требовали для этого установки специальных драйверов. Современные звуковые устройства нацелены на поддержку Windows и не способны обеспечить эмуляцию старых стандартов, если старая программа запущена непосредственно в современной операционной системе, такой как Windows XP или Vista.

Однако теперь уже существует возможность запускать старые операционные системы и написанные для них программы с полной поддержкой старых устройств, создав среду *виртуального компьютера*. Для этого можно воспользоваться программами Microsoft Virtual PC 2007 (для Windows XP Professional, Tablet и некоторых редакций Windows Vista), Parallels Desktop (для системы Mac OS, запущенной на PC-совместимых компьютерах), VMWare Workstation (Windows, Linux, FreeBSD, Solaris) и некоторыми другими.

После установки приложения виртуализации в реальную операционную систему создается виртуальный компьютер. Затем на этой машине устанавливается нужная операционная система, в ней выполняется конфигурирование звуковой системы, после чего устанавливаются старые игры. Программа виртуальной машины преобразует все запросы, создаваемые старой игрой и операционной системой, на язык управляющей ОС, которая, в свою очередь, обеспечивает поддержку установленного в ней оборудования. В результате игра, запущенная в среде MS-DOS виртуальной машины, "думает", что взаимодействует с реальным адаптером Sound Blaster Pro или совместимым с ним, даже если на самом деле в компьютере установлена совершенная звуковая карта последнего поколения. Пользователь слышит создаваемые игрой звуковые эффекты так, будто на его компьютере установлен старый звуковой адаптер.

История развития мультимедиа

В настоящее время практически любой компьютер оснащен звуковым адаптером того или иного типа и приводом оптических дисков, таким как CD-RW или DVD. После принятия стандартов MPC-1, MPC-2 и MPC-3, используемых для классификации компьютеров, системы, оборудованные звуковой платой и CD-ROM-совместимым накопителем, зачастую называют *мультимедийными* компьютерами. Первый стандарт MPC-1 был представлен в 1990 году. С 1996 года все компьютеры, оснащенные звуковыми платами и CD-ROM или совместимым с ним оптическим приводом, вышли за рамки стандарта MPC-3.

Поскольку спецификации MPC отражают далекое прошлое компьютерного мира, тем, кто смотрит в будущее, необходимо за руководством к действию обращаться к другим источникам. Несмотря на то что последняя версия руководства PC Systems Design Guide была опубликована еще в 2001 году (предыдущая версия, 1999 года, была названа PC 99) и с тех пор ни разу не переиздавалась, она и в настоящее время является полноценным путеводителем в мире мультимедийного оборудования. Например, большинство устройств ввода-вывода современных систем все еще используют стандарт кодировки цвета PC 99.

Примечание

Спецификацию PC 2001 и предыдущие версии руководств PC System Design Guide можно загрузить с сайта компании Microsoft:

```
http://www.microsoft.com/whdc/hwdev/platform/pcdesign/
desguide/pcguides.mspx
```

Обновленные рекомендации компании Microsoft по проектированию компьютерных систем доступны по такому адресу:

```
http://www.microsoft.com/whdc/hwdev/platform/pcdesign/
desguide/default.mspx
```

Хотя в настоящее время практически любой компьютер можно назвать мультимедийным, знание функций конкретного звукового адаптера поможет определить специализированные сферы применения, доступные для современной мультимедийной системы.

Далее будут очерчены требования к звуковому адаптеру, которые позволяют гарантировать его соответствие потребностям конкретного пользователя.

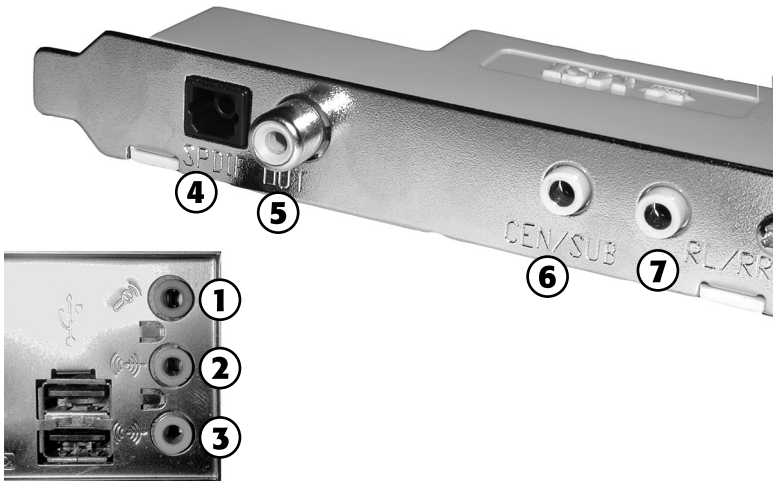
Компоненты аудиосистемы

При выборе аудиосистемы необходимо учитывать параметры ее компонентов. О них и пойдет речь в этом разделе.

Разъемы звуковых плат

Большинство звуковых плат имеет одинаковые разъемы. Через эти миниатюрные (1/8 дюйма) разъемы сигналы подаются с платы на акустические системы, наушники и входы стереосистемы; к аналогичным разъемам подключается микрофон, проигрыватель компакт-дисков и магнитофон. Ноутбуки обычно оборудованы всего двумя разъемами: линейным входом и линейным выходом. Некоторые звуковые адаптеры высокого класса дополнительно содержат разъемы для подключения устройств воспроизведения объемного и цифрового звука стандартов 5.1 и 7.1.

На рис. 13.1 представлены стандартные разъемы, которые обычно находятся на задней панели материнской платы с интегрированным звуком.



1. Микрофонный вход (розовый)
2. Линейный вход (синий)
3. Выход на колонки (зеленый)
4. Оптический выход SPDIF (черный)
5. Коаксиальный выход SPDIF (желтый)
6. Выход на сабвуфер/центральную колонку (поддержка конфигурации 5.1) (зеленый)
7. Выход на задние колонки (поддержка конфигурации 5.1) (зеленый)

Рис. 13.1. Типовые звуковые разъемы на материнской плате, оснащенной поддержкой объемного звука 5.1. Разъемы SPDIF и каналов объемного звука обычно расположены на выносной панели

Во многих современных системах с интегрированным звуком используется и другой метод: установка универсального разъема, поддерживающего версию AC'97 стандарта 2.3. Когда в этот разъем подключается звуковое устройство, драйвер открывает диалоговое окно, запрашивающее тип подключенного оборудования: микрофон, наушники, акустическая система и т.п.

Драйвер автоматически назначает этому разъему сигнал, поддерживающий данное устройство. В таком случае даже при вставке штекера в неверный разъем (т.е. не в соответствии с цветовой кодировкой) драйвер все равно подведет к нему нужный сигнал. Эту функцию иногда называют *автоматическим распознаванием*.

Совет

Чтобы не запутать функцию распознавания, вставляйте штекеры устройств последовательно, затем определяйте тип устройства и только после этого вставляйте следующий штекер.

Ниже описаны разъемы, которые обычно содержит звуковая плата, и указана их цветовая маркировка.

- **Линейный выход (салатовый).** Сигнал с этого разъема можно подать на внешние устройства — акустические системы, наушники или вход стереосистемы. В последнем случае сигнал может быть дополнительно усилен. Как показано на рис. 13.2, в некоторых системах салатовая маркировка используется и для определенных разъемов объемного звука, так что внимательно присмотритесь к дополнительным значкам возле разъема или загляните в документацию.
- **Линейный вход (голубой).** Этот входной разъем используется при микшировании звукового сигнала, поступающего от внешней аудиосистемы, и/или его записи на жесткий диск. Некоторые звуковые адаптеры используют многоцелевой разъем (компания Creative называет его *FlexiJack*) для поддержки различных комбинаций линейного входа, подключения микрофона и цифрового оптического входа/выхода (см. документацию к адаптеру).
- **Разъем для тыльных колонок и наушников (не имеет стандартного цвета).** Практически все современные звуковые адаптеры и настольные системы с интегрированным звуком содержат разъемы для подключения тыловых, центральной и низкочастотной колонок, которые используются в системах объемного звука стандарта 5.1 и выше. Системы, поддерживающие стандарт 5.1, имеют три разъема: один — для фронтальных (стерео), второй — для тыльных (стерео) и третий — для центральной и низкочастотной (сабвуфер) колонок. Системы с поддержкой стандартов 6.1 и 7.1 могут содержать дополнительный разъем или переназначить с помощью программы для обеспечения дополнительного выхода разъемы тыловых и центральной/низкочастотной колонок. В зависимости от конкретного драйвера для обеспечения объемного звука может понадобиться программа установки, предоставленная производителем. Правда, в некоторых случаях переключения в режим объемного звучания в настройках звука в операционной системе оказывается вполне достаточно.

Примечание

Если доступен только один разъем линейного выхода, необходимо внимательно подбирать уровни громкости для звуковой карты и активных колонок, чтобы добиться наилучшего качества звучания. Избегайте акустических систем с неизменяемым уровнем усиления.

- **Микрофонный вход (розовый).** К этому разъему подключается микрофон для записи на диск голоса или других звуков. Запись с микрофона является монофонической. Для повышения качества сигнала во многих звуковых платах используется автоматическая регулировка усиления (AGC). Уровень входного сигнала при этом поддерживается постоянным и оптимальным для преобразования. Для записи лучше всего использовать электродинамический или конденсаторный микрофон, рассчитанный на сопротивление нагрузки от 600 Ом до 10 кОм. В некоторых дешевых звуковых платах микрофон подключается к линейному входу.

Примечание

На рис. 13.5 представлен пример типовой звуковой платы с подключенными аналоговым и цифровым аудиокабелями.

Проигрывание музыкальных компакт-дисков выполняется одним из следующих способов: звук воспроизводится либо в аналоговой, либо в цифровой форме. Воспроизведение в аналоговой форме осуществляется с помощью аналогового аудиокабеля, соединяющего накопитель со звуковой платой. Этот кабель не передает системной шине данные, которые считываются с компакт-диска; он соединяет аналоговый аудиовыход накопителя CD-ROM непосредственно с усилителем звуковой частоты, размещенным на звуковой плате. Во многих случаях для проигрывания музыкальных компакт-дисков или прослушивания звукового сопровождения, имеющегося во многих компьютерных играх, требуется соединить дисковод CD-ROM со звуковой платой с помощью аудиокабеля.

Современные звуковые адаптеры (включая интегрированные) поддерживают как цифровое воспроизведение, так и прямое аналоговое подключение. Чтобы определить, поддерживается ли цифровое воспроизведение, откройте диалоговое окно свойств привода оптических дисков. Для этого в Диспетчере устройств Windows щелкните правой кнопкой мыши на элементе устройства CD-ROM и выберите в контекстном меню пункт Свойства. Обратите внимание на флажок Использовать цифровое воспроизведение вкладки Свойства: если он недоступен (т.е. не позволяет установить отметку), значит, карта или устройство не поддерживает цифровое воспроизведение.

Дополнительные разъемы

Большинство современных звуковых адаптеров и материнских плат поддерживает возможности воспроизведения DVD, обработки звука и другие, а следовательно, имеют несколько дополнительных разъемов.

- **Вход и выход MIDI.** Старые звуковые карты, оснащенные игровым портом (15-контактный разъем), также поддерживали вход и выход устройств MIDI. В современных звуковых адаптерах высокого класса порт MIDI обычно расположен на выносной панели портов ввода-вывода, которая вставляется в 5,25-дюймовый отсек передней панели системного блока (см. рис. 13.2).



Рис. 13.2. Выносной блок аудиоадаптера Creative Sound Blaster X-Fi Fatality содержит разъемы подключения MIDI-устройств, цифровые входы и выходы, удобные регуляторы громкости, стандартные гнезда линейного входа и выхода, подключения наушников, а также поддержку инфракрасного сигнала пульта дистанционного управления

- **Вход и выход SPDIF (SP/DIF).** Этот разъем (Sony/Philips Digital Interface) используется для передачи цифровых аудиосигналов между устройствами без приведения к аналоговому виду. Этот разъем может находиться как на основной, так и на выносной задней панели ввода-вывода (см. рис. 13.1). Возможно также его включение на переднюю выносную 5,52-дюймовую панель ввода-вывода (см. рис. 13.2).

Примечание

Интерфейс SPDIF некоторые производители называют *Dolby Digital*. В его разъемы вставляются кабели со стандартными штекерами RCA, имеющие полное сопротивление 75 Ом, как и стандартные композитные видеокабели. Таким образом, к этим разъемам можно подключать и композитные (''тюльпан'') кабели. Некоторые аудиокабели также имеют штекеры RCA, однако их сопротивление отличается, что ухудшает характеристики передачи сигнала.

- **CD SPDIF.** Этот разъем предназначен для подключения накопителя CD-ROM к звуковой плате с помощью интерфейса SPDIF. Типичное месторасположение — верхний торец адаптера.
- **Вход TAD.** Разъем для подключения к звуковой плате модемов с поддержкой автоответчика для обработки речевых сообщений. Типичное месторасположение — верхний торец аудиоадаптера.
- **Оптический вход-выход SPDIF.** Этот выход предназначен для поддержки домашних кинотеатров и цифровых акустических систем с оптическим входом. Обычно располагается на основной или выносной задней панели (см. рис. 13.1).
- **Вход Aux In.** Предназначен для приема входного сигнала из прочих источников, таких как платы TV-тюнера. Обычно расположен на торцевой стороне адаптера.

Иногда дополнительные разъемы находятся непосредственно на плате адаптера, однако часто они могут быть вынесены на дополнительную панель. В частности, платы семейства Platinum звуковых адаптеров Audigy и X-Fi от компании Creative представляют собой двухмодульные элементы. Несмотря на то что расположение разъемов специфично для каждой конкретной модели, на самой звуковой плате обычно расположены основные разъемы ввода-вывода, дополнительные порты, а также разъемы подключения внешних компонентов вынесены на дополнительный блок, вставляемый в свободный 5,52-дюймовый отсек устройств в передней части системного блока (см. рис. 13.2). С другой стороны, модель Creative X-Fi Elite Pro использует выносной модуль с теми же разъемами.

Добавление дополнительных функций без замены интегрированной звуковой микросхемы

Как правило, возможность замены платы аудиоадаптера доступна пользователям ПК, а вот растущее число владельцев портативных компьютеров остаются ''не у дел'', если хотят расширить функции интегрированной звуковой системы. Однако в настоящее время они получили возможность установки внешнего звукового процессора, подключенного к шине USB.

Если планируете приобрести плату с интерфейсом USB, не забывайте о том, что, в отличие от модернизации обычной звуковой платы, в данном случае не придется отключать существующую интегрированную звуковую систему или вынимать уже установленную плату. Звуковые устройства с интерфейсом USB могут спокойно сосуществовать с уже установленными звуковыми платами. Обычно по умолчанию используется устройство, подключенное последним; при необходимости для переключения устройств всегда можно обратиться к панели управления Windows.

Кроме того, внешние устройства просто незаменимы, если звуковая плата не поддерживает стандарты объемного звучания 5.1 и 7.1 и не может оцифровывать звук в режиме 24 бит (96 кГц); на ней также могут отсутствовать цифровые выходы.

Прежде чем приобретать новую звуковую плату, в том числе с интерфейсом USB, необходимо внимательно прочитать документацию к материнской плате, чтобы узнать, поддерживает ли интегрированная звуковая система многоканальный звук. Если системная плата поддерживает шестиканальный звук (5.1) и более сложные решения, но имеются только разъемы, соответствующие обычной стереосистеме (2.0/2.1), достаточно приобрести специальную заглушку с дополнительными разъемами (см. рис. 13.1), если она не входит в комплект поставки системной платы.

Управление громкостью

Уровень выходного аудиосигнала практически всех современных звуковых адаптеров регулируется с помощью специального аплета, доступного в окне Панель управления или на панели задач (рядом с часами). При переходе от обычного аудиоадаптера к профессиональной акустической системе Dolby Digital (5.1, 6.1 или 7.1) необходимо настроить параметры в меню Громкость и выбрать нужные источники аудиосигнала, а также определить уровень громкости для входящего и исходящего аудиосигналов, генерируемых аудиоадаптером или внешним интерфейсным модулем. Не забывайте, что если звуковой сигнал передается на некоторый внешний приемник, то на нем необходимо согласованно настроить уровень входа. И если используется штекер SPDIF, то не забудьте включить цифровой выход.

Если усилитель акустической системы включен, но звук не слышен, проверьте, подключены ли динамики к электросети, выбран ли нужный тип динамиков в меню настройки и подключена ли акустическая система к нужному разъему.

MIDI-синтезаторы

Когда-то при выборе звукового адаптера приходилось принимать сложное решение относительно того, нужна ли поддержка стереозвука. В настоящее время все выпускаемые платы являются стереофоническими, поддерживающими стандарт MIDI. Этот инструментарий позволяет воспроизводить сценарии звучания, используя стандартный набор синтезируемых тембров и фрагментов, которые хранятся на звуковой плате.

Стереофонические звуковые платы одновременно воспроизводят (и записывают) несколько сигналов от двух различных источников. Голос — это один звук, производимый аудиоадаптером. К примеру, в струнном квартете используются четыре голоса — по одному на каждый инструмент. А такой полифонический музыкальный инструмент, как пианино, требует для каждой ноты аккорда отдельного голоса. Следовательно, для точного воспроизведения игры пианиста понадобится 10 голосов — по одному на каждый палец. Чем больше параллельных голосов предусмотрено в адаптере, тем естественнее будет его звучание. Сегодня наилучшие аудиоадаптеры способны одновременно воспроизводить до 1024 голосов.

Первые звуковые адаптеры использовали синтезатор с частотной модуляцией для поддержки MIDI. Так, модель Yamaha OPL2 (YM33812) позволяла получить 11 голосов, в то время как OPL3 — 20 голосов и стереофоническое звучание. Для поддержки MIDI в большинстве современных звуковых систем используются заранее записанные звуковые схемы. Такие системы называются *таблично-волновыми* адаптерами.

В таблично-волновых звуковых платах вместо синтезированных звуков, генерируемых микросхемой частотной модуляции, используются цифровые записи реальных инструментов и звуковых эффектов. Например, при воспроизведении таким аудиоадаптером звука трубы действительно слышится звук трубы, а не его имитация. Первые звуковые платы, поддерживающие эту функцию, содержали до 1 Мбайт звуковых фрагментов, хранящихся в микросхемах ПЗУ. Но после появления высокоскоростной шины PCI и увеличения объема оперативной памяти компьютеров в большинстве звуковых плат в настоящее время используется так называемый *программируемый таблично-волновой метод*, позволяющий загружать в оперативную память компьютера 2–8 Мбайт коротких звуковых фрагментов различных музыкальных инструментов.

В первых компьютерных играх использовались цифровые аудиозаписи (поскольку звуковые адаптеры того времени практически не поддерживали MIDI-интерфейс). Начиная с игр для DOS, в частности DOOM, поддержка таблично-волнового MIDI-синтеза стала общепринятым стандартом большинства аудиоадаптеров середины 1990-х годов. В настоящее время звуковые системы в полной мере поддерживают таблично-волновой синтез, а улучшенные звуковые функции DirectX 8.x и выше сделали возможным использование MIDI для записи игровых фонограмм. На многих специализированных сайтах предлагаются инструкции по обновлению популярных игр для поддержки MIDI, что пригодится как любителям компьютерных игр, так и ценителям высококачественного звука.

Важнейшим фактором популярности MIDI является количество аппаратно реализуемых сигналов. Даже в наилучших звуковых адаптерах, таких как Sound Blaster X-Fi, аппаратно поддерживается только 128 сигналов; все остальные звуки, необходимые для воспроизведения MIDI-фонограммы, реализуются программно. Если звуковая плата поддерживает аппаратно только 32 сигнала MIDI или использует исключительно программный синтез, подумайте о приобретении новой модели. Приличная звуковая плата с поддержкой более чем 500 одновременных голосов и 64 аппаратных сигналов стоит менее полусотни долларов.

Сжатие данных

В большинстве плат качество звучания соответствует качеству компакт-дисков с частотой дискретизации 44,1 кГц. При такой частоте на каждую минуту звучания при записи даже обычного голоса расходуется около 11 Мбайт дискового пространства. Чтобы уменьшить размеры звуковых файлов, во многих платах используется сжатие данных. Например, в плате Sound Blaster ASP 16 оно осуществляется в реальном времени (непосредственно при записи) со степенью сжатия звука 2:1, 3:1 или 4:1.

Поскольку для хранения звукового сигнала необходим большой объем дискового пространства, в большинстве звуковых плат выполняется его сжатие методом адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ADPCM), что позволяет сократить размер файла примерно в четыре раза. Посредством метода ADPCM 16-битовый линейный звуковой сигнал сжимается до 4 бит на каждый сигнал. Однако при этом ухудшается качество звука. Стандарта на ADPCM пока нет, хотя компании Apple и Microsoft внедряют поддержку IMA-ADPCM в свои продукты, правда, несколько по-разному. Форматы AIFF от Apple и WAV от Microsoft несовместимы, но существуют универсальные проигрыватели, способные воспроизводить звуковые файлы самых разнообразных форматов.

Во время установки звукового адаптера происходит инсталляция нескольких *кодеков* (программ, выполняющих компрессию и декомпрессию видеоданных и стереофонического звука). Наряду со многими другими программами устанавливается и одна из разновидностей ADPCM. Чтобы определить, какие программы аудиосжатия установлены в вашей системе, откройте окно Панель управления и дважды щелкните на значке Мультимедиа в Windows 9x, Звуки и мультимедиа в Windows 2000 или Звуки и аудиоустройства в Windows XP. В Windows 9x перейдите ко вкладке Устройства и щелкните на значке +, который находится рядом с элементом Программы аудиосжатия, чтобы открыть список установленных кодеков. Перечень звуковых кодеков и их свойств в Windows 2000/XP доступен в меню Оборудование. Все кодеки перечислены в порядке их приоритета, от высшего к низшему. При желании можно изменить приоритеты разных кодеков.

Однако наиболее популярным стандартным алгоритмом сжатия является MPEG (Motion Pictures Experts Group), с помощью которого можно упаковывать как звук, так и изображение. Он популярен в "некомпьютерной" сфере и применяется в DVD-проигрывателях. С помощью этого метода достигается степень сжатия 30:1 и даже выше. Популярный формат сжатия звуковых файлов MP3 использует схемы сжатия, аналогичные MPEG. Такие файлы могут воспроизводиться в проигрывателе Windows Media, а также в широком спектре других программ и устройств.

Многофункциональные сигнальные процессоры

Во многих звуковых платах используются процессоры цифровой обработки сигналов (DSP). Благодаря им платы стали более "интеллектуальными" и освободили центральный процессор компьютера от выполнения таких трудоемких задач, как очистка сигналов от шума и сжатие данных в реальном времени. Чтобы улучшить качество звука аудиопотоков, можно программно обновить DSP. Благодаря широкому распространению аудиоадаптеров с высококачественными DSP пользователь может осуществить программное обновление устройства, а не тратить время и силы на его физическую замену. Более подробная информация о процессорах DSP и их производителях приводится далее.

Драйверы звуковых плат

Как и для многих других компонентов ПК, программный драйвер обеспечивает связь между аудиоадаптером и программой или операционной системой. Традиционно наилучший способ получить самые "свежие" и совершенные драйверы — посетить сайт производителя аудиоадаптера или установить автоматически с помощью функции обновления Windows Update.

Звуковые платы для звукооператоров

Звукооператором можно назвать любого, кто создает собственные звуковые файлы. В эту категорию попадают и те, кто наговаривают в микрофон комментарии к созданному видеоряду, и профессиональные музыканты, создающие собственные звуковые дорожки. Каждому из них нужен звуковой адаптер, который реализует максимально возможную обработку звука, не возлагая дополнительную нагрузку на центральный процессор. В данном случае рекомендуются адаптеры, которые используют цифровую обработку сигнала (DSP) для сжатия и выполнения прочих задач. Музыкантам, определенно, потребуются адаптер, позволяющий записать максимально возможное количество каналов, и синтезатор с волновой таблицей. В данном случае предпочтительнее те модели, которые допускают расширение массива памяти и поддерживают создание собственных волновых таблиц.

Многие звуковые платы, пригодные для заядлых игроков, подойдут и для звукооператоров, правда, к ним придется добавить поддержку соответствующих программ обработки звука, например Sound Forge. Такие карты должны быть оборудованы интерфейсом MIDI и разъемами для цифрового звука SPDIF. Адаптер Sound Blaster X-Fi Platinum содержит полный набор всех этих возможностей.

Чтобы воспроизводить и редактировать звук из множества источников, нужен адаптер, содержащий несколько входов.

Примечание

Разрешите предложить вашему вниманию великолепный сайт Recording Review (`www.recordingview.com`), посвященный звуковым картам и прочему оборудованию для звукооператоров.

Звуковые платы: основные понятия и термины

Чтобы понять, что такое звуковые платы, сначала необходимо уяснить смысл некоторых терминов, таких как "24-разрядное качество звука", "порт MIDI" и др. В описаниях новых технологий звукозаписи постоянно встречаются такие туманные понятия, как "дискретизация" и "цифроаналоговый преобразователь" (ЦАП). Именно об этом и пойдет речь в данном разделе.

Природа звука

Для начала выясним, что такое звук. *Звук* — это колебания (волны), распространяющиеся в воздухе или другой среде от источника колебаний во всех направлениях. Когда волны достигают уха, расположенные в нем чувствительные элементы воспринимают эту вибрацию и вы слышите звук.

Каждый звук характеризуется частотой и интенсивностью (громкостью).

Частота (тон) — это количество звуковых колебаний в секунду; она измеряется в герцах (Гц). Цикл (период) — это одно замкнутое движение источника колебания (туда и обратно). Чем больше частота, тем выше тон.

Человеческое ухо воспринимает лишь небольшой диапазон частот. Очень немногие слышат звуки ниже 16 Гц и выше 20 кГц (1 кГц = 1000 Гц). Частота звука самой низкой ноты на рояле равна 27 Гц, а самой высокой — чуть больше 4 кГц. Наивысшая звуковая частота, которую могут передать радиовещательные FM-станции, — 15 кГц.

Просто удивительные коэффициенты сжатия в формате MP3 по отношению к обычным файлам WAV с качеством музыкального компакт-диска как раз и объясняются тем, что из волнового образа звуковой дорожки "вырезаются" все частоты, не слышимые человеческим ухом.

Громкость звука определяется *амплитудой* колебаний. Амплитуда звуковых колебаний зависит в первую очередь от мощности их источника. Например, струна пианино при слабом ударе по клавише звучит тихо, поскольку диапазон ее колебаний невелик. Если же ударить по клавише посильнее, то амплитуда колебаний струны увеличится. Громкость звука измеряется в *децибелах* (дБ). Шорох листьев, например, имеет громкость около 20 дБ, обычный уличный шум — около 70 дБ, а близкий удар грома — 120 дБ.

Оценка качества звукового адаптера

Для оценки качества звукового адаптера используются три параметра: частотная характеристика, коэффициент гармоник и отношение "сигнал/шум".

Частотная характеристика определяет тот диапазон частот, в котором уровень записываемых и воспроизводимых амплитуд остается постоянным. Для большинства звуковых плат этот диапазон составляет от 30 Гц до 20 кГц.

Коэффициент гармоник (или *коэффициент нелинейных искажений*) характеризует нелинейность функции усиления звуковой платы, т.е. отличие реальной кривой частотной характеристики от идеальной прямой, или, проще говоря, коэффициент характеризует чистоту воспроизведения звука. Каждый нелинейный элемент является причиной искажения. Чем меньше этот коэффициент, тем выше качество звука. Данный коэффициент может различаться для аудиоадаптеров с одинаковыми наборами микросхем. Модели с дешевыми компонентами зачастую имеют значительные искажения, что ухудшает качество звука.

Отношение "сигнал/шум" характеризует силу звукового сигнала по отношению к фоновому шуму (шипению). Чем больше этот показатель (измеряемый в децибелах), тем лучше качество воспроизведения звука. Например, аудиоадаптер Sound Blaster Audigy 2 имеет отношение 106 дБ, в то время как более старая модель этой звуковой платы характеризуется отношением 90 дБ.

Перечисленные факторы имеют важное значение для всех сфер применения аудиоадаптеров — от воспроизведения файла WAV до распознавания речи. Не забывайте о том, что дешевые микрофон и акустическая система могут свести на нет все преимущества дорогого аудиоадаптера.

Дискретизация

Если в компьютере установлена звуковая плата, то он может записывать звук в цифровой (называемой также дискретной) форме, в этом случае компьютер используется в качестве записывающего устройства. В состав звуковой платы входит небольшая микросхема — аналого-цифровой преобразователь, или АЦП, который при записи преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму, понятную компьютеру. Аналогично при воспроизведении цифроаналоговый преобразователь (DAC) преобразует аудиозапись в звук, который способен воспринимать слух человека.

Дискретизацией называется процесс преобразования исходного звукового сигнала в цифровую форму (рис. 13.3), в которой он и хранится для последующего воспроизведения. (Процесс преобразования в цифровую форму называют также *оцифровкой*.) При этом сохраняются мгновенные значения звукового сигнала в определенные моменты времени, называемые *выборками*. Чем чаще берутся выборки, тем точнее цифровая копия звука соответствует оригиналу.

Первым стандартом MPC предусматривался 8-разрядный звук. Это не означает, что звуковые платы должны были вставляться в 8-разрядный разъем расширения. Разрядность звука характеризует количество битов, используемых для цифрового представления каждой выборки. При восьми разрядах количество дискретных уровней звукового сигнала составляет

256, а если использовать 16 бит, то их количество достигает 65536. Современные высококачественные звуковые адаптеры поддерживают 24-разрядную дискретизацию, при этом количество дискретных уровней звукового сигнала составляет более чем 14,8 млн.

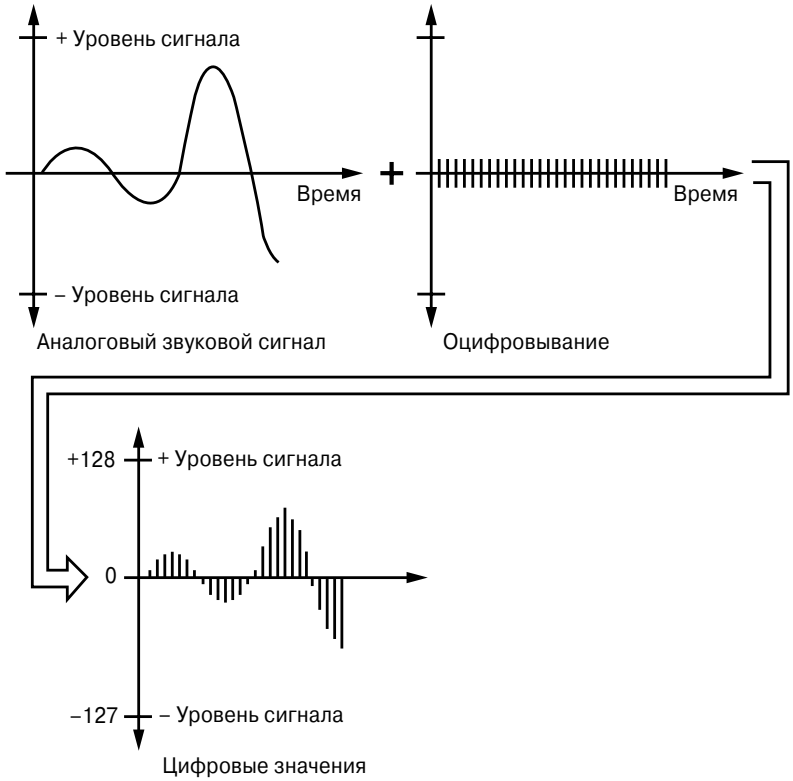


Рис. 13.3. Преобразование звукового сигнала в цифровую форму

При желании можно поэкспериментировать с различными параметрами дискретизации (и стандартами сжатия данных), записав звуковой фрагмент с помощью приложения Звукозапись (Windows Sound Recorder) и какой-нибудь программы стороннего производителя, позволяющей достичь качества звука, сопоставимого со звучанием музыкальных компакт-дисков. Сохраните звуковой фрагмент и воспроизведите его с максимальным качеством. Затем преобразуйте файл в формат с более низким качеством и сохраните его под другим названием. Проверьте разные по качеству варианты одного и того же файла, что позволит определить минимальные параметры (и минимальный размер файла), при которых качество звука не вызовет серьезных нареканий.

Наборы микросхем системной логики с интегрированной аудиосистемой

Первым серийно выпускаемым набором микросхем, содержащим интегрированную систему обработки звука, был Intel 810; он предназначался для процессора Celeron. Толчком к созданию подобного чипсета послужила серия Media GX от компаний Cyrix/National Semiconductor, три микросхемы которой с успехом выполняли функции процессора, видеосистемы VGA, аудиосистемы и памяти и реализовывали задачи ввода-вывода.

Благодаря многочисленным улучшениям в наборах микросхем почти все они стали содержать интегрированную звуковую подсистему среднего уровня (это относится к наборам от Intel, VIA, ALi и SiS). Более подробно характеристики наборов микросхем разных производителей описаны в главе 4. Современные системы поддерживают по крайней мере один из двух стандартов:

- AC'97;
- Intel High Definition Audio (Azalia).

Интегрированная аудиосистема AC'97

Термин *интегрированная аудиосистема AC'97* встречается в описаниях многих современных компьютеров. Технология AC'97 позволяет отказаться от отдельной звуковой платы, но при этом может обладать недостаточными функциональными возможностями. Необходимо разобраться, как работает эта интегрированная аудиосистема и что она собой представляет.

Стандарт AC'97 (AC97) является спецификацией Intel, объединяющей в себе архитектуру кодека (компрессора/декомпрессора) звуковых данных с элементом управления AC-Link, который является компонентом микросхемы южного моста, концентратора ввода-вывода или контроллера, такого как VIA Envy 24. Элемент управления AC-Link, взаимодействующий с центральным процессором и цифровым обработчиком сигналов (DSP), позволяет записывать и воспроизводить звук.

Обычно кодек звуковых данных AC'97 — это физическая микросхема, встроенная в системную плату, микросхема на небольшой дочерней плате с интерфейсом *CNR* (Communications and Networking Riser) или программное приложение. Таким образом, системная плата с интегрированной микросхемой AC'97 не требует отдельной звуковой платы для воспроизведения звука. Иногда термин *AC'97* используется для описания микросхем, входящих в звуковую плату, но в данном разделе под ним будет подразумеваться только интегрированная аудиосистема. Иногда в системные платы встраивается аналоговый модем в виде микросхемы MC'97 или устанавливается микросхема кодека AMC'97 (звук/модем), выполняющая обе функции.

Примечание

В некоторых недорогих моделях звуковых плат, а также в звуковых решениях с интерфейсом USB применяются микросхемы кодека AC'97 совместно с дополнительными компонентами, а не одна функциональная микросхема.

Несмотря на то что большинство современных наборов микросхем поддерживает интегрированную аудиосистему AC'97, это вовсе не означает, что все системные платы, содержащие определенный набор микросхем, используют такой же кодек AC'97 или хотя бы аналогичный метод звукозаписи. В большинстве случаев интегрированная аудиосистема AC'97 реализуется на базе небольшой микросхемы AC'97, которая встраивается в системную плату (рис. 13.4), но многие изготовители используют для этого небольшое гнездо.

По разным причинам, в частности учитывая стоимость и предоставляемые возможности, производители могут устанавливать на системных платах, содержащих одни и те же наборы микросхем, разные версии микросхемы AC'97.

К основным производителям кодеков AC'97 относятся компании Analog Devices (SoundMAX), C-Media, Cirrus Logic (Crystal Audio), National Semiconductor, Realtek (эта компания приобрела линейку продуктов Avance Logic), SigmaTel (STAC C-Major), VIA Technologies и Wolfson Microelectronics plc.

Примечание

Драйверы конкретной микросхемы AC'97 обычно поставляются производителями системных плат, так как драйверы должны создаваться с учетом особенностей кодека и микросхем южного моста и контроллера ввода-вывода, используемых в системной плате.

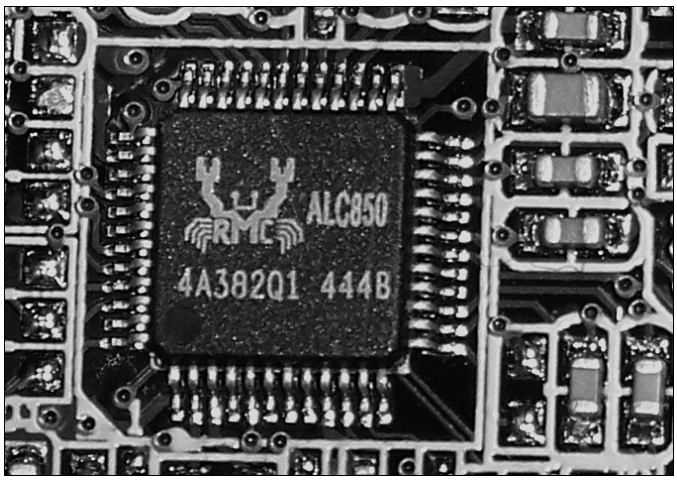


Рис. 13.4. Realtek ALC850 представляет собой типичную микросхему кодека AC'97 с поддержкой объемного звука 2.3

Хотя спецификация AC'97 рекомендует стандартную схему расположения выводов, существующие микросхемы AC'97 имеют определенные отличия. Некоторые производители предоставляют техническую документацию, позволяющую упростить разработку гнезд, которые могли бы использоваться с различными моделями микросхем AC'97. В остальных случаях микросхемы кодеков впаиваются в саму материнскую плату.

В настоящее время существует несколько версий кодеков AC'97.

- **AC'97 1.0.** Имеет фиксированную частоту амплитудно-импульсной модуляции, равную 48 кГц, и стереовыход.
- **AC'97 2.1.** Поддерживает различные частоты амплитудно-импульсной модуляции и многоканальный выход.
- **AC'97 2.2.** Поддерживает функции AC'97 2.1 и дополнительный цифровой выход S/PDIF, а также обеспечивает улучшенную поддержку внешней платы; эта версия выпущена в сентябре 2000 года.
- **AC'97 2.3.** Поддерживает функции AC'97 2.1/2.2, а также автоматическое определение аудиоустройств, отвечающих стандарту Plug and Play; эта версия увидела свет в июле 2002 года.

Примечание

Звуковые решения, в которых используются 2.3-совместимые кодеки AC'97, автоматически определяют подключение колонок к линейному выходу или микрофонному входу и при необходимости отображают сообщение с предупреждением. Это позволяет избежать многих проблем, связанных с неверным подключением колонок.

В настоящее время многие системные платы с интегрированной аудиосистемой поддерживают спецификации AC'97 2.2 или 2.3. Дополнительная информация о спецификации AC'97 представлена на сайте Intel:

```
http://download.intel.com/support/motherboards/desktop/
sb/ac97_r23.pdf
```

Чтобы определить версию интегрированной аудиосистемы AC'97, предназначенной для системной платы той или иной модели, выполните ряд действий.

1. Определите, какая микросхема кодека установлена на системной плате. Для этого обратитесь к руководству по ее использованию или ознакомьтесь со свойствами драйвера аудиосистемы.
2. Ознакомьтесь с функциями и спецификациями микросхемы. Если неизвестно, в какой компании была изготовлена данная микросхема, найдите номер ее модели, используя для этого поисковую интернет-систему, например Google.
3. С помощью поисковой системы найдите обзорные статьи, которые посвящены качеству звука и эффективности микросхемы (эти данные обычно встречаются в статьях о системных платах).
4. Чтобы определить, насколько полно задействованы все возможности интегрированной аудиосистемы, ознакомьтесь с функциями системной платы. Например, микросхемы, поддерживающие AC'97 2.1, часто предоставляют шестиканальный аналоговый аудиовыход. Кодеки, поддерживающие AC'97 2.2, также обеспечивают работу цифрового выхода S/PDIF. Тем не менее производители системных плат далеко не всегда обеспечивают поддержку соответствующих выходов.
5. Проанализируйте сферу использования аудиосистемы. Знатокам компьютерных игр, вероятнее всего, не подойдет интегрированная аудиосистема, независимо от ее функциональности. В подобном случае попробуйте установить отдельную звуковую плату, отключив встроенную аудиосистему с помощью настроек BIOS.

Интегрированная аудиосистема Intel HD Audio

В 2004 году компания Intel представила спецификацию High Definition Audio для воспроизведения звука высокой четкости с поддержкой большего числа каналов с повышенным качеством. Все характеристики этой спецификации превзошли стандарты AC'97. В частности, оборудование, основанное на этой спецификации, способно обеспечить 32-разрядный (192 кГц) 8-канальный звук, а также поддержку объемного звука 7.1. В процессе разработки кодовым названием этой спецификации было "Azalia", поэтому некоторые производители указывает именно его.

Несмотря на то что спецификация HD Audio была разработана Intel и внедрена в собственные наборы микросхем, ее поддерживают и другие производители. Многие современные системы с поддержкой объемного звука включают поддержку как старого стандарта AC'97, так и нового HD Audio.

Спецификация HD Audio является основой объединенной архитектуры UAA, используемой в Windows Vista и более новых версиях.

Устройства HD Audio способны не только определить штекеры, неверно вставленные в разъемы, но и переназначить вывод сигналов так, чтобы он соответствовал подключенным устройствам. Этот подход позволяет избежать сбоев, вызванных некорректным подключением звуковых устройств.

Установка звуковой платы

Прежде чем приступать к установке звуковой платы, следует вскрыть системный блок. Все современные звуковые платы выпускаются в формате плат PCI с поддержкой Plug and Play. По сравнению с платами ISA предыдущих поколений современные адаптеры PCI используют меньше аппаратных ресурсов, характеризуются меньшей нагрузкой на центральный процессор, а также поддерживают современные интерфейсы API объемного звука, без которых не обходится ни одна современная игра.

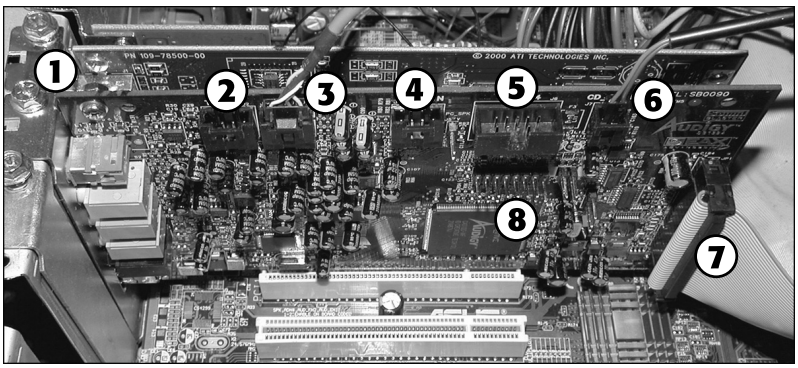
Если в компьютере есть интегрированная аудиосистема, в большинстве случаев ее придется отключить. Использование кодека AC'97 может привести к возникновению проблем с аудиосистемой, а при эмуляции Creative Labs Sound Blaster возможны конфликты на уровне ресурсов.

Выбор разъема расширения

В том случае, если свободно несколько разъемов, новую плату лучше установить подальше от уже имеющихся. При этом снижаются помехи с их стороны, а это важно для звуковой платы, так как помехи сказываются на качестве воспроизводимого звука. Аналоговые компоненты аудиоадаптеров страдают от интерференции электрических сигналов, поэтому, несмотря на специальное защитное покрытие, обходитесь с ними как можно осторожнее. Выкрутите винт, с помощью которого крепится задняя металлическая панель, расположенная над выбранным слотом расширения. При установке держите плату за металлический кронштейн и за края. Не касайтесь никаких компонентов платы, так как заряд статического электричества может вывести их из строя. Не трогайте позолоченные контакты разъема. Если у вас есть антистатический браслет, наденьте его.

Прежде чем решить, какой из разъемов будет использован для звуковой платы, внимательно посмотрите на внешние кабели, которые следует подключить к ней. Кабели акустической системы, микрофона, игрового контроллера, линейного входа, S/PDIF и другие, которые будут подключены к системе, могут помешать уже существующим, ранее подсоединенным проводам. Наиболее приемлемым вариантом является разъем, который позволит проложить кабели звуковой платы в стороне от других кабелей. При установке аудиоадаптеров (Sound Blaster Live! или Audigy) с внешним интерфейсным модулем убедитесь в том, что плоский кабель, входящий в комплект поставки, можно свободно подключить к соответствующему разъему на аудиоадаптере. Иногда для установки интерфейсного модуля необходимо освободить отсек в системном блоке, занимаемый накопителем CD-ROM/CD-RW или DVD (который можно переставить в другой отсек).

На рис. 13.5 показана звуковая плата, установленная в компьютер. К ней подключены четырехжильный аналоговый и двухжильный цифровой кабели, ведущие к оптическим накопителям, а также специальный плоский кабель, с помощью которого плата соединяется с внутренним модулем.



1. Крепежный винт
2. Аналоговый разъем TAD
3. Аналоговый аудиокабель CD
4. Дополнительный аналоговый вход Aux in
5. Разъем SB1394 (IEEE-1394a)
6. Цифровой аудиокабель CD SPDIF
7. Интерфейсный кабель Audigy Drive
8. Разъемы игрового порта (Joystick)

Рис. 13.5. Звуковая плата, установленная в обычном ПК с подключенными аналоговым и цифровым кабелями, соединяющими с приводом оптических дисков

Многие дисководы CD-ROM и DVD оснащены специальным цифровым аудиокабелем с двумя разъемами. Подключите один конец кабеля к разъему накопителя, а второй — к разъему CD SPDIF или CD Digital Audio звуковой платы. После этого можно осуществлять циф-

ровое преобразование звуковых файлов и создавать файлы MP3 на основе композиций музыкальных компакт-дисков.

Теперь можно установить плату в разъем. Сначала коснитесь металлической крышки компьютера, чтобы снять с себя электростатический заряд. Затем, удерживая плату за кронштейн и края, вставьте ее в паз слота расширения. Закрутите винт крепления платы и соберите компьютер.

Подключение акустической системы и завершение установки звуковой платы

К соответствующему гнезду можно подсоединить акустическую систему. Обычно выходная мощность звуковых плат составляет примерно 4 Вт. Если паспортная мощность используемой акустической системы меньше выходной мощности платы, то не следует повышать громкость до максимума. Это может привести к перегрузке громкоговорителей и их выходу из строя. На мой взгляд, лучше использовать акустическую систему со встроенным усилителем, который следует подключить к линейному выходу звуковой платы. Если акустическая система оснащена четырьмя и более динамиками, выясните в документации, какой разъем используется для подключения передних динамиков и какой для задних. Для формирования объемного звучания с помощью задних динамиков воспользуйтесь программой настройки, поставляемой с аудиоадаптером.

Совет

Если подключаются активные колонки, но в них не вставлены батарейки или они не подключены к блоку питания, не включайте их, так как можно вообще ничего не услышать. В этом случае можете воспользоваться регулятором громкости операционной системы или программы. Дело в том, что малогабаритные динамики в крайнем случае могут звучать и без внешнего электропитания, правда, тише и не так качественно.

Блоки питания некоторых компьютеров оснащены маленькими разъемами для подачи питания на акустические системы.

После инсталляции аудиоадаптера на панели задач Windows должна появиться пиктограмма с изображением динамика.

Иногда для инсталляции некоторых драйверов система требует вставить установочный компакт-диск Windows.

Чтобы отобразить средства управления цифровыми аудиосистемами или выходами (Dolby 5.1, S/PDIF или цифровой аудиовыход), откройте соответствующее окно управления системой и установите нужный флажок.

Воспользуйтесь регулятором громкости, чтобы убедиться в том, что акустическая система получает выходной сигнал аудиоадаптера. Иногда в окне микшера установлен флажок Выкл. Все. Кроме того, там же можно задать отдельные уровни для воспроизведения файлов WAV и MIDI, микрофона и других компонентов аудиосистемы.

Подключение стереосистемы

Подключив аудиоадаптер к стереосистеме, можно получить великолепный по качеству звук, а также поддержку стандарта Dolby Digital для воспроизведения DVD. Внимательно осмотрите имеющиеся входы и разъемы. В большинстве стереосистем используются входные контактные разъемы типа RCA или *phono*. Хотя подобные разъемы являются стандартными для некоторых типов аудиоадаптеров, многие звуковые платы оснащены миниатюрными phono-разъемами, поэтому для подключения к стереосистеме понадобится специальный переходник. Например, можно приобрести аудиокабель, оснащенный мини-разъемом 1/8" с одной стороны и phono-разъемами с другой. Для подключения аудиоадаптера к акустической системе Dolby 5.1 необходим кабель для разъемов S/PDIF аудиоадаптера. Кроме того, иногда используются входы типа RCA и оптические кабели с квадратным разъемом на конце (называемым *Toslink*).

Убедитесь, что приобретенные вами разъемы — стерео, а не моно, если только у вас не монофоническая звуковая плата. Стереоусилитель и компьютер совсем не обязательно располагать рядом. Длина соединительного кабеля может составить несколько метров.

Для подключения стереосистемы к звуковой плате используется кабель. Если в звуковой плате есть выход для акустической системы или наушников и линейный стереовыход, то для подключения стереосистемы лучше воспользоваться последним. Выбрав этот вариант, вы получите более качественный звук, поскольку на линейный выход сигнал поступает, минуя цепи усиления, и поэтому практически не подвергается искажениям. В этом случае усиливать сигнал будет только ваша стереосистема. Иногда к аудиоадаптеру можно подключить кабель со специальным DIN-разъемом.

Соедините этот выход с дополнительным входом вашей стереосистемы. Если стереосистема не имеет вспомогательных входов, следует воспользоваться другими, например входом для проигрывателя компакт-дисков, тюнера или входом Tape 2. Единый миниатюрный стереоразъем кабеля можно подключить к линейному выходу аудиоадаптера и затем, например, подключить два RCA-разъема к выходам музыкального центра или видеомагнитофона.

Перед первым использованием звуковой платы со стереосистемой убавьте громкость, поскольку при включении может произойти очень громкий щелчок в динамиках. Затем прибавьте громкость и выберите канал (например, проигрыватель компакт-дисков) в вашей стереосистеме. Наконец, запустите компьютер. Никогда не повышайте громкость более чем на три четверти от максимума, поскольку звук может искажаться.

Примечание

Если стереосистема не защищена от воздействия магнитных полей, при ее близком размещении к компьютеру или монитору могут появиться существенные искажения в звучании. Установите динамики подальше от источника помех или приобретите экранированную акустическую систему.

Устранение неисправностей звуковых плат

В процессе функционирования звуковая плата использует следующие ресурсы: номер прерывания (IRQ), базовый адрес ввода-вывода и каналы прямого доступа к памяти (DMA). Если эти ресурсы приходится выбирать вручную, необходимо избегать конфликтов с другими устройствами. Большинство плат удовлетворяют стандарту Plug and Play, но все же в некоторых случаях могут возникнуть проблемы. Возможно, в процессе поиска неисправностей придется изменить положение перемычек и переключателей на плате и даже конфигурацию других плат.

Аппаратные конфликты

Чаще всего проблемы вызваны конфликтами звуковой платы с другими устройствами. Звуковая плата может или просто не работать, или повторять одни и те же звуки, или приводить к "зависанию" компьютера. Такая ситуация называется *аппаратным конфликтом*. За что же "сражаются" разные платы? За сигнальные линии и каналы, используемые для "общения" с компьютером. Конфликты могут возникнуть при совместном использовании одного из перечисленных ниже компонентов.

- **Линии запроса прерываний (IRQ).** Предназначены для приостановки работы компьютера и "привлечения его внимания".
- **Каналы прямого доступа к памяти (DMA).** Используются для передачи информации непосредственно в память компьютера без привлечения процессора. В ситуации со звуковыми платами использование каналов DMA позволяет воспроизводить звук при выполнении компьютером другой программы.
- **Адреса портов ввода-вывода.** Предназначены для обмена информацией между звуковой платой и компьютером. Обычно адреса указываются в паспорте звуковой платы как базовые. Звуковая плата представляет собой несколько устройств, каждое из которых требует диапазона адресов, начинающегося с базового.

Звуковые платы PCI и интегрированные звуковые решения, подключенные к шине PCI, могут совместно использовать прерывания IRQ, но не используют каналы DMA (за исключением режима эмуляции Sound Blaster), а также могут использовать целый диапазон адресов ввода-вывода. В настоящее время практически не встречаются конфликты ресурсов, связанные со звуковыми платами PCI, чего не скажешь о тех временах, когда были широко распространены платы ISA (которые не поддерживали совместное использование прерываний IRQ). Но если приходится иметь дело со звуковыми платами ISA или PCI, оснащенными игровым портом, можно столкнуться с определенными проблемами.

Другие неисправности звуковых плат

Признаки неисправностей различных звуковых плат имеют много общего. Разобраться в них и выяснить причины проблем вам помогут приведенные ниже советы.

Отсутствие звука

Если плата не издает ни единого звука, воспользуйтесь предлагаемыми рекомендациями.

- Убедитесь, что звуковая плата настроена правильно, и при возникновении конфликта с другими устройствами установите необходимые параметры.
- Проверьте, подключена ли акустическая система к линейному выходу или к гнезду, помеченному как Speaker.
- Проверьте, подключена ли акустическая система к источнику питания. Убедитесь, что шнур питания подключен правильно.
- Если используется акустическая система со встроенными усилителями, проверьте правильность подключения источника питания.
- Проверьте, является ли акустическая система стереофонической. Также убедитесь в том, что штекер, подключаемый в разъем адаптера, стереофонический, а не монофонический.
- Проверьте, правильно ли настроен программный микшер. Управление многими звуковыми платами осуществляется программой-микшером, с помощью которой можно установить необходимые параметры сигналов, поступающих от различных источников (например, от микрофона или привода компакт-дисков). Управлять можно как записью, так и воспроизведением. В режиме воспроизведения увеличьте общую громкость.

  Если в программе установлен флажок отключения звука (Mute), вы ничего не услышите. В зависимости от типа акустической системы и источника звука может понадобиться переключение из аналогового режима в цифровой. Проверьте правильность установки регуляторов громкости в микшере.
- Воспользуйтесь установочной или диагностической программой звуковой платы и проверьте правильность регулировки громкости. В такие программы обычно входят тестовые образцы воспроизводимых звуков.
- Выключите компьютер примерно на минуту, а затем вновь включите его. Возможно, такой аппаратный перезапуск (вместо нажатия кнопки сброса или комбинации клавиш <Ctrl+Alt+Del>) позволит устранить проблему.
- Если в игре отсутствует звук, убедитесь, что она совместима со звуковой платой. Например, для некоторых игр необходимо, чтобы плата использовала прерывание IRQ 7 (или IRQ5), канал DMA 1 и адрес порта ввода-вывода 220 для режима совместимости с Sound Blaster. Чтобы старые игры DOS могли работать с современными звуковыми картами, может понадобиться загрузка их драйверов под управлением DOS.
- Если используется интегрированная звуковая система, убедитесь, что она активизирована (обратившись к BIOS) и установлены необходимые драйверы и программы. В некоторых случаях потребуется запустить программу настройки, которая находится на компакт-диске, прилагаемом к системной плате.

- Если вы используете интегрированную звуковую систему вместе со съемной заглушкой с дополнительными разъемами (например, с оптическим выходом SDPIF или разъемами для подключения аналоговых 4/6-канальных акустических систем), убедитесь в том, что кабель от заглушки должным образом подключен к системной плате.

Работает только один звуковой канал

В этом случае попытайтесь найти ответ на ряд вопросов.

- **Используется ли моноштекер в стереовыходе?** Часто встречающейся ошибкой является подключение моноштекера к динамикам или стереовыходу аудиоплаты. Стереоштекер имеет две черные концентрические полосы, у моноразъема только одна полоса.
- **Включены ли активные динамики?** Проверьте заряд батарей или подключение адаптера переменного тока к электросети. Если каждый динамик обеспечен отдельным источником электропитания, убедитесь в их работоспособности.
- **Подключена ли акустическая система должным образом?** Во избежание путаницы используйте кабели разного цвета или со специальной маркировкой.
- **Загружен ли драйвер звукового адаптера?** Некоторые адаптеры воспроизводят только один канал, если некорректно установлен драйвер. Переустановите драйвер в операционной системе.
- **Равноценен ли уровень громкости для обоих динамиков?** Иногда для каждого динамика звук настраивается отдельно. Разделенные средства управления могут пригодиться в том случае, если один динамик располагается намного дальше от пользователя, чем другой.
- **Правильно ли подключена акустическая система?** Если колонка, кабель которой подключен в соответствующее гнездо звуковой платы, не воспроизводит звука или сигнал время от времени появляется при шевелении или перемещении штекера, следовательно, гнездо платы неисправно. Разобраться в этой проблеме отнюдь непросто; следует приобрести новую звуковую плату или взять паяльник и попытаться самостоятельно отремонтировать гнездо. Думаю, все же проще купить новую звуковую плату. Чтобы избежать возможного повреждения гнезда акустической системы, не вставляйте штекер в гнездо под углом.

Низкий уровень громкости

Если звук слишком тихий, выясните, с чем это может быть связано.

- **К тому ли разъему подключена акустическая система?** Динамикам нужен больший уровень выходного сигнала, чем наушникам. Проверьте установленный уровень громкости в программе микширования.
- **Правильно ли настроен микшер?** Отрегулируйте громкость в микшере. Если микшер позволяет выбирать между стереосистемой и наушниками, сделайте правильный выбор.
- **Не установлен ли слишком низкий исходный уровень громкости?** Если у аудиоадаптера есть внешний регулятор для изменения уровня громкости, расположенный на задней панели платы, убедитесь в том, что уровень громкости не слишком низкий.
- **Достаточно ли мощности усилителя звуковой платы для работы акустической системы?** Попробуйте использовать другую акустическую систему или стереоусилитель.

Некоторые динамики не работают

Если не работают некоторые динамики, попытайтесь решить перечисленные ниже проблемы.

- **Некорректные настройки звукового микшера.** Многие системы по умолчанию предполагают, что используется двухканальный (стереофонический) звук, даже если подключено большее число динамиков. Убедитесь, что в Windows правильно заданы параметры звуковой системы.

- **Дополнительные динамики подключены не к тем разъемам.** Убедитесь в том, что дополнительные динамики, необходимые для создания четырех- или шестиканальных систем, подключены к нужным разъемам. Если подключить их к линейному или микрофонному входу, динамики работать не будут.
- **Некорректные настройки баланса.** С помощью регулятора громкости также задается баланс между левым и правым каналами. Если вы слышите звук только из левого или правого канала, настройте баланс звука с помощью стандартных средств Windows или дополнительных утилит.

Примечание

В некоторых системах с интегрированным звуком разъемы могут выполнять несколько функций. Например, для реализации шестиканального звука обычные линейный и микрофонный выходы могут использоваться для подключения тыловых и центрального/низкочастотного динамиков.

Воспроизводятся звуки не всех типов

Иногда компьютер может воспроизвести обычный музыкальный компакт-диск, но ничего не слышно при воспроизведении файлов WAV или MP3, либо можно слушать файлы WAV и MP3, но ничего не слышно при воспроизведении музыкальных дисков или файлов MIDI. Это может быть вызвано несколькими причинами.

- **Низкий уровень громкости или полностью отключенное воспроизведение звуков определенного типа.** Некоторые звуковые микшеры позволяют использовать разные параметры воспроизведения для таких источников звука, как WAV/MP3, MIDI, цифровые компакт-диски, музыкальные компакт-диски и т.д. Проверьте правильность настройки параметров для всех источников звука.
- **Конфликты портов ввода-вывода или каналов DMA при запуске DOS-игр.** Большинство звуковых плат ISA, а также некоторые платы PCI и интегрированные звуковые решения используют различные диапазоны адресов портов ввода-вывода и каналы DMA при воспроизведении MIDI, FM-синтезе и т.д. Наличие конфликтов может привести к тому, что воспроизведение звуковых сигналов определенного типа станет невозможным.
- Проверьте наличие соединения между приводом оптических дисков и звуковым адаптером.

Треск в акустических системах

Треск может быть вызван различными причинами.

- **Звуковой адаптер расположен слишком близко к другим платам.** С их стороны на звуковую плату могут воздействовать электрические помехи. Переставьте звуковую плату в разъем, максимально удаленный от других плат.
- **Адаптер ISA требует большего внимания процессора.** Некоторые интенсивные дисковые операции заставляют процессор часто переключаться между управлением звуковой картой и дисками.
- **Акустическая система расположена слишком близко к монитору.** На нее могут воздействовать помехи со стороны монитора. Отодвиньте ее подальше. Никогда не размещайте низкочастотные динамики (сабвуферы) рядом с монитором, потому что мощные магниты усилителя могут привести к искажению изображения. Для повышения низкочастотной отдачи сабвуфер следует размещать на полу.
- **Возникновение проблем совместимости определенных игр и установленного аудиоадаптера.** Если в игре наблюдаются искажения звука и статические шумы, которых нет в других играх, необходимо узнать у производителя, есть ли программное обновление к игре, или получить новую версию драйверов для аудиоадаптера. Если в игре ис-

пользуется DirectX, запустите диагностическую программу DXDIAG (выполните команду Пуск⇨Выполнить, в текстовом окне введите **DXDIAG** и щелкните на кнопке ОК), в окне программы выберите вкладку Звук. Переместите регулятор Уровень аппаратного ускорения на одно деление от значения Полное ускорение (заданного по умолчанию) к значению Стандартное ускорение, щелкните на кнопке Сохранить все изменения и закройте программу. Снова запустите игру. Если проблемы остались, переместите тот же регулятор к значению Базовое ускорение. Этот параметр может негативным образом сказаться на других играх, поэтому не забудьте потом вернуть регулятор в положение Полное ускорение.

Компьютер не запускается

Это может означать, что плата не полностью вставлена в разъем. Выключите компьютер и осторожно надавите на плату, чтобы она плотно стала на место.

Если после установки нового аудиоадаптера и программных драйверов система не запускается, можно использовать специальную функцию записи в журнал Windows, посредством которой в текстовый файл будут записаны все события при загрузке операционной системы. В файле указываются загружаемые драйверы и прошла ли их загрузка успешно, не "завис" ли компьютер. Более подробную информацию по созданию журнала ошибок можно получить в справочной системе Windows.

Неисправности дополнительного оборудования

Если возникают проблемы при воспроизведении DVD, файлов MP3 или при использовании дополнительных разъемов SPDIF, убедитесь в следующем:

- для аудиоадаптера определены конкретные программные ресурсы;
- используется нужная программа воспроизведения;
- для устройства установлен правильный уровень громкости в программе микширования;
- включено цифровое воспроизведение (если используется выход SPDIF);
- кабель подключения к аудиоадаптеру не поврежден.

Прочие проблемы

К сожалению, ряд проблем, связанных со звуковыми платами, устранить довольно трудно. Может случиться так, что некоторые особенности конкретного компьютера окажутся непреодолимым препятствием при установке звуковой платы. Иногда конфликт разрешается после переустановки некоторых параметров в BIOS. Однако чаще всего такие проблемы устраняются методом проб и ошибок.

Компьютерные стандарты основаны лишь на добровольных соглашениях множества крупных и мелких компаний, но иногда BIOS или системная плата какой-нибудь компании не вполне соответствует этим стандартам.

Одним из вариантов решения проблем со всеми адаптерами Plug and Play, PnP BIOS и операционными системами, поддерживающими PnP (Windows 9x/Me/2000/XP), является использование консоли Диспетчер устройств для удаления из системы звуковой платы. Затем необходимо выполнить перезагрузку, и аппаратные компоненты звуковой платы будут определены заново. Благодаря этой операции устанавливается "свежая" копия программного обеспечения и в системный реестр повторно вводятся нужные значения.

Акустические системы

Для успешных коммерческих презентаций, работы с мультимедиа и MIDI нужна высококачественная стереофоническая акустическая система. Однако такие акустические системы слишком велики для рабочего стола, поэтому в некоторых случаях придется приобрести меньшие по размеру.

Часто звуковые платы не обеспечивают мощности, достаточной для акустической системы. Даже 4 Вт (как у большинства звуковых плат) бывает мало для того, чтобы "раскачать" акустическую систему высокого класса. Кроме того, обычная акустическая система создает магнитные поля и, будучи установленной рядом с монитором, может искажать изображение на экране. Эти же поля могут испортить записанную на магнитных носителях информацию.

Чтобы устранить данные проблемы, компьютерная акустическая система должна быть небольшой и с высоким КПД. В ней должна быть предусмотрена магнитная защита, например в виде ферромагнитных экранов в корпусе или электрической компенсации магнитных полей.

Предупреждение

Несмотря на то что в большинстве компьютерных акустических систем есть магнитная защита, не оставляйте надолго рядом с ней магнитные ленты с записями, кредитные карточки, часы и дискеты.

Качество звука зависит от качества громкоговорителей, установленных в акустической системе. Конечно, выходной сигнал 16-разрядной платы сам по себе не вызывает нареканий, но и 8-разрядная плата через хорошую акустическую систему "звучит" неплохо. В то же время низкопробная акустическая система может испортить звук, воспроизводимый и той и другой платой.

Критерии выбора динамиков

В настоящее время выпускаются десятки моделей акустических систем: от дешевых миниатюрных устройств компаний Sony, Creative и LabTech до больших агрегатов с автономным питанием, например компаний Bose, Altec Lansing, Cambridge Sound Works, Klipsch и Monsoon. Многие акустические системы средней и высшей категорий поставляются вместе с усилителями низких частот, позволяющими получить глубокие, насыщенные басы. Для оценки качества акустической системы нужно иметь представление о ее параметрах.

- **Частотная характеристика** определяет полосу частот, воспроизводимых акустической системой. Наиболее логичным был бы диапазон от 20 Гц до 20 кГц, соответствующий частотам, которые воспринимает человеческое ухо, но ни одна акустическая система не может идеально воспроизводить звуки всего этого диапазона. Очень немногие слышат звуки выше 18 кГц. Самая высококачественная акустическая система воспроизводит звуки в диапазоне частот от 30 Гц до 23 кГц, а у дешевых моделей звук ограничивается диапазоном от 100 Гц до 20 кГц. Частотная характеристика является самым субъективным параметром, так как одинаковые с этой точки зрения акустические системы могут звучать совершенно по-разному.
- **Нелинейные искажения** (гармоники) определяют уровень искажений и шумов, возникающих в процессе усиления сигнала. Попросту говоря, искажения представляют собой разность между звуковым сигналом, подаваемым на колонки, и слышимым звуком. Величина искажений измеряется в процентах, и допустимым считается уровень искажений менее 0,1%. Для высококачественной аппаратуры стандартом считается уровень искажений 0,05%. У некоторых акустических систем искажения достигают 10%, а у наушников — 2%.
- **Мощность** обычно выражается в ваттах на канал и означает выходную электрическую мощность, подводимую к акустической системе. Во многих звуковых платах есть встроенные усилители с мощностью до 8 Вт на канал (обычно — 4 Вт). Иногда этой мощности недостаточно для воспроизведения всех оттенков звука, поэтому во многие акустические системы встраиваются усилители. Такие акустические системы можно переключать в режим усиления сигнала, поступающего со звуковой платы.

Перед покупкой акустических систем проведите исследования и ознакомьтесь хотя бы с несколькими обзорами в специализированных изданиях. Послушайте, что говорят другие

о тех колонках, которые вы планируете приобрести. Общий обзор акустических систем со сравнительными характеристиками можно найти на сайте CNET:

```
http://reviews.cnet.com/4566-3179_7-0.html
```

В недорогих акустических системах для усиления звука иногда используются батареи. Поскольку таким динамикам требуется немало энергии, приобретите адаптер переменного тока или динамики, подключаемые в электросеть. Благодаря адаптеру можно избавиться от необходимости каждую неделю приобретать новые батарейки. Убедитесь в том, что вольтаж и полярность адаптера соответствуют аналогичным параметрам акустической системы. Следует заметить, что большинство адаптеров сторонних производителей имеют переменный вольтаж и двустороннюю полярность.

В зависимости от сложности и стоимости акустической системы ее органы управления могут быть разными. Зачастую имеется регулятор громкости, хотя иногда он бывает общим для обоих каналов. Раздельное управление громкостью требуется тогда, когда одна из колонок расположена намного ближе к слушателю, чем другая, и уровни сигналов в них должны быть разными. В одних компьютерных акустических системах есть переключатель динамического усиления баса (DBB). Благодаря ему можно получить более насыщенные низкие и верхние частоты независимо от установленного уровня громкости. В других акустических системах устанавливаются отдельные переключатели для высоких и низких частот или трехполосный эквалайзер для плавной регулировки тембра на низких, средних и высоких частотах. Если вы полагаетесь на усиление звука самой платой и отключаете встроенный усилитель акустической системы, то эти средства, естественно, не действуют. Характер звучания при этом целиком определяется усилителем мощности, установленным на звуковой плате.

Для того чтобы получить наилучшее качество звучания, определите для аудиоадаптера максимальный уровень громкости, а для непосредственной настройки звука используйте регулятор громкости акустической системы. В противном случае система будет усиливать все искажения, появляющиеся из-за низкого уровня выходного сигнала аудиоадаптера.

Выход звуковой платы подключается с помощью стереоразъема (диаметром 1/8 дюйма) к одной из колонок. Затем сигнал по отдельному кабелю от одной колонки подается на другую.

Покупая акустическую систему, обратите внимание на длину соединительных кабелей. Если у вас компьютер с корпусом Tower, который стоит на полу рядом с рабочим столом, то для подключения к нему акустической системы понадобится более длинный кабель, чем при использовании настольной модели.

Не советую приобретать акустические системы с функцией энергосбережения; если они не используются в течение определенного времени, то их питание отключается, а при подаче на них любого сигнала вновь возобновляется. Все дело в том, что обратное включение происходит не мгновенно, а с некоторой задержкой, при этом начало воспроизводимой музыки или речи “проглатывается”.

В последнее время появились акустические системы, которые подключаются к компьютеру через шину USB. Эта возможность, а также сам процесс подключения описываются в прилагаемой документации.

Вместо акустической системы можно использовать наушники. При этом вы никому не будете мешать даже при самом немыслимом грохоте в любимой игре.

При работе с акустической системой с четырьмя и более динамиками откройте окно настройки звука и определите, используются ли наушники, стереосистема или несколько динамиков.

Правильно расставьте динамики. Чтобы получить наилучшее звучание, поставьте сабвуфер на пол, что также позволит уменьшить уровень электромагнитных помех от других устройств.

Иногда беспроводные динамики вызывают ощутимые электромагнитные помехи; при частоте звука свыше 2 кГц на экране монитора могут появиться искажения. Переместите динамики подальше от монитора.

Системы объемного звучания

Если вы увлекаетесь компьютерными играми или обожаете смотреть кинофильмы на DVD, то обычный стереофонический звук едва ли вас устроит. В настоящее время большинство звуковых плат поддерживает переднее и заднее расположение колонок, а наилучшие из них поддерживают и настройки акустической системы стандарта Dolby 4.1 и 5.1. Если вы используете Windows XP Media Center Edition или версию Windows Vista, включающую в себя программу Media Center (Home Premium или Ultimate), то можете подключить звуковой адаптер к домашнему кинотеатру.

Чтобы получить ожидаемое качество воспроизведения звука при использовании четырех и более колонок, подключенных напрямую или с помощью усилителя домашнего кинотеатра, учтите следующее.

- **Чтобы правильно установить нужные параметры акустической системы, воспользуйтесь списком свойств звуковой платы.** К параметрам акустической системы относятся количество используемых колонок, установка опций трехмерного объемного и позиционного звука, в частности реверберации, а также настройка параметров отдельного низкочастотного динамика (если таковой установлен).
- **Убедитесь в правильном соединении акустической системы и звуковой платы.** Если вы планируете использовать настройки акустической системы AC3/Dolby 4.1, 5.1, 6.1 или 7.1, проверьте правильность соединения и конфигурации разъемов S/PDIF. Каждая звуковая плата имеет собственные параметры настройки. За более подробной информацией обратитесь на сайт производителя.
- **Убедитесь в правильном расположении громкоговорителей акустической системы.** В некоторых случаях для улучшения качества звука следует изменить установленные параметры звуковой платы, но иногда для этого достаточно всего лишь поменять расположение громкоговорителей.
- **Убедитесь, что колонки подключены в соответствующие гнезда.** Замена левой колонки правой или передней колонки задней приведет к снижению качества звука.
- **Задайте корректные настройки усилителя.** Если к компьютеру подключен усилитель домашнего кинотеатра, убедитесь в том, что корректно указаны параметры вывода и используются соответствующие разъемы. Например, многие домашние усилители поддерживают режимы DVD и Video. Если у вас также есть проигрыватель DVD, подключенный к домашнему кинотеатру, используйте настройки DVD для проигрывателя и настройки Video для ПК. При включении усилителя выберите режим Video, чтобы услышать звук от ПК.

В простейшей стереофонической системе используются два динамика, расположенные таким образом, что при воспроизведении звука происходит его совмещение. Это наиболее простая конфигурация, существующая на текущий момент. В наши дни большинство звуковых плат поддерживают минимум четыре колонки, но в зависимости от используемого аудиоадаптера, установленных параметров и программных опций вывода звуковых данных задние динамики могут либо быть зеркальным отображением передних, либо иметь четыре отдельных звуковых потока.

Четырехточечная система объемного звука, используемая для качественного воспроизведения музыки и игровых звуковых эффектов, включает в себя четыре колонки и отдельный низкочастотный динамик (*сабвуфер*). Колонки обычно располагаются вокруг пользователя, а низкочастотный динамик для усиления сигнала низкой частоты находится в углу или возле стены. В этом случае сабвуфер входит в общую звуковую схему и управляется теми же сигналами, что и остальные колонки.

В системе объемного звука 5.1, называемой также Dolby Digital или DTS, используются пять колонок и динамик низкой частоты. Пятая колонка располагается между двумя передними и используется для восполнения пропущенного звука, что обычно происходит из-за неправильного расположения колонок. Низкочастотный динамик в этом случае совершенно не-

зависим. Такая звуковая система наиболее приемлема для воспроизведения кинофильмов DVD. Система объемного звука 5.1 обычно не поддерживается дешевыми звуковыми платами.

Некоторые наиболее современные звуковые платы поддерживают систему объемного звучания версий 6.1 и 7.1. Конфигурация 6.1 отличается от системы объемного звучания 5.1 наличием средней колонки и низкочастотного динамика. В модели 7.1, кроме сабвуфера, используются левая и правая боковые колонки.

Микрофоны

Обычно микрофоны не входят в комплекты звуковых плат, но они вам понадобятся при записи речи в файл WAV. Выбрать микрофон довольно просто: его разъем (обычно диаметром 1/8 дюйма) должен соответствовать гнезду на звуковой плате. В большинстве микрофонов устанавливается выключатель (для отключения выходного сигнала). Однако можно воспользоваться и флажком отключения микрофона в микшере Windows.

Как и акустические системы, микрофоны имеют свои частотные характеристики, но эти параметры для них не столь важны, поскольку частотный диапазон человеческого голоса ограничен. Если вы собираетесь записывать только речь, можете обойтись дешевым микрофоном с узкой полосой рабочих частот. Частотный диапазон дорогих микрофонов намного шире диапазона человеческой речи. Но зачем же тратить деньги на то, чем все равно не пользуешься?

Для записи музыки лучше приобрести дорогой высококачественный микрофон, но помните, что при 8-разрядной звуковой плате музыкальная запись, сделанная как с дорогого, так и с дешевого микрофона, окажется одинаково плохой.

Микрофон должен соответствовать условиям записи. При работе в шумном офисе лучше пользоваться направленным микрофоном; это позволит избавиться от посторонних звуков. Для записи общей беседы нужен ненаправленный микрофон. Если хотите, чтобы руки оставались свободными, воспользуйтесь микрофоном на подставке.

В комплекте с некоторыми дорогими аудиоадаптерами поставляется микрофон, например небольшой нагрудный, ручной или с настольной подставкой. Если желательно, чтобы руки всегда были свободны, предпочтение следует отдать нагрудному микрофону. Если микрофон не прилагается к аудиоадаптеру, его можно купить в любом компьютерном или специализированном магазине. При этом микрофон должен иметь характеристики электрического сопротивления, подходящие к определенной модели аудиоадаптера.

При использовании программ распознавания речи используйте микрофон, поставляемый в “коробочной” версии программы, или приобретите модель, рекомендуемую производителем приложения. Если при распознавании голоса возникли определенные проблемы, запустите программу настройки микрофона. В некоторых моделях микрофонов для улучшения качества звука дополнительно используется батарейка, которая должна быть в работоспособном состоянии.

Если вы говорите в микрофон, а программа распознавания или записи речи никак не реагирует, сделайте следующее.

- **Проверьте подключение.** Довольно просто ошибиться и подключить микрофон в другое гнездо аудиоадаптера. Чтобы этого избежать, пометьте микрофонный разъем и вход адаптера одним цветом. Если аудиосистема поддерживает функцию распознавания подключений, обязательно вставляйте штекеры разных устройств по одному, при этом указывая тип подключаемого устройства.
- **Проверьте установленный уровень записи в программе микширования.** Иногда микрофон выключают, чтобы избавиться от лишних шумов.
- **Убедитесь в том, что микрофон включен в программе распознавания или записи речи.** Щелкните на кнопке записи в программе, после чего, как правило, необходимо выбрать микрофон для использования или “отключить” для ответа по телефону. Для более быстрого переключения между режимами воспользуйтесь пиктограммой микрофона, размещенной на панели задач Windows.

ГЛАВА

14

Внешние интерфейсы ввода-вывода

Знакомство с портами ввода-вывода

В настоящей главе представлены основные порты ввода-вывода, которыми оснащаются современные компьютерные системы. При этом рассматриваются как привычные последовательные и параллельные порты, которыми компьютеры оснащались с момента своего появления на рынке, так и более современный порт Universal Serial Bus (USB), который пришел им на смену, а также порт IEEE 1394 (i.LINK и FireWire). Хотя eSATA можно рассматривать и как внешний интерфейс ввода-вывода, он является производным от внутреннего интерфейса SATA, о котором мы подробно говорили в главе 7. SCSI — еще один тип внутреннего/внешнего интерфейса; однако в современных настольных ПК интерфейс SCSI практически не используется. Подробная информация об интерфейсе SCSI представлена в книге *Модернизация и ремонт серверов*.

Внешние интерфейсы ввода-вывода можно разделить на производительные и низкоскоростные. В настоящее время наиболее популярными производительными внешними интерфейсами являются универсальная последовательная шина USB и шина IEEE 1394, которую также называют FireWire или i.LINK. Каждый из этих типов интерфейсов доступен в разных версиях. К низкоскоростным подключениям относятся стандартные параллельные и последовательные порты (их часто называют наследуемыми), которые в новых системах вытесняются портами USB.

Сравнение последовательных и параллельных подключений

Основная тенденция в разработке современных производительных шин для подключения периферийных устройств — использование последовательных архитектур, при которых один бит данных передается по кабелю за один такт. В то же время параллельные порты (SCSI, ATA и LPT) предполагают одновременное использование 8, 16 и более проводов. Можно

предположить, что за одно и то же время через параллельный канал передается больше данных, чем через последовательный, однако на самом деле увеличить пропускную способность последовательного соединения намного легче, чем параллельного.

Параллельное соединение обладает рядом недостатков, одним из которых является фазовый сдвиг сигнала, из-за чего длина параллельных каналов, например SCSI, ограничена (не должна превышать 3 м). Проблема в том, что, хотя 8- и 16-разрядные данные одновременно пересылаются передатчиком, из-за задержек одни биты прибывают в приемник раньше других. Следовательно, чем длиннее кабель, тем больше время задержки между первым и последним прибывшими битами на принимающем конце. Этот эффект называют *перекосом сигнала*; он не дает возможности использовать длинные кабели, а также высокие тактовые частоты. Способность сигнала достигать на втором конце провода определенного напряжения с небольшими колебаниями в течение короткого промежутка времени называют *флуктуацией*.

Последовательная шина позволяет единовременно передавать 1 бит данных. Благодаря отсутствию задержек при передаче данных значительно увеличивается тактовая частота.

При высоких частотах параллельные сигналы начинают влиять друг на друга. Еще одно преимущество последовательного способа передачи данных — возможность использования только одно- или двухпроводного канала, поэтому помехи, возникающие при передаче, очень малы, чего нельзя сказать о параллельном соединении.

Стоимость параллельных кабелей довольно высока, поскольку провода, предназначенные для параллельной передачи, не только используются в большом количестве, но и укладываются специальным образом, чтобы предотвратить возникновение помех, а это весьма трудоемкий и дорогостоящий процесс. Кабели для последовательной передачи данных, напротив, очень дешевые, так как состоят из нескольких проводов и требования к их экранированию намного ниже, чем у используемых для параллельных соединений.

Именно поэтому, а также учитывая требования внешнего периферийного интерфейса Plug and Play и необходимость устранения физического нагромождения портов в портативных компьютерах, были разработаны эти две высокоскоростные последовательные шины, используемые в настоящее время. Шиной USB оснащен практически каждый компьютер. Благодаря своей универсальности этот порт используется для всех внешних подключений устройств общего назначения. Несмотря на то что шина IEEE 1394 (больше известная как FireWire) изначально была предназначена для узкоспециализированного использования (например, с цифровыми видеокамерами), в настоящий момент она применяется и с другими устройствами, например с профессиональными сканерами и внешними жесткими дисками.

Универсальная последовательная шина USB

Универсальная последовательная шина USB представляет собой стандарт внешней шины периферийных устройств, предназначенный для полного использования технологии Plug and Play при подключении внешних устройств к компьютеру. Используя эту шину, можно устранить необходимость в узкоспециализированных портах и платах ввода-вывода, что влечет за собой уменьшение потребности в изменении конфигурации системы при добавлении новых устройств. Также использование USB позволяет сэкономить важные системные ресурсы, такие как каналы запросов на прерывания (IRQ), — независимо от количества устройств, подсоединенных к порту USB, будет использоваться только одно прерывание. Компьютер, оснащенный USB, способен автоматически распознавать и конфигурировать физически подключаемые устройства, не требуя при этом перезагрузки. К одному порту USB можно подключить до 127 устройств, при этом периферия, такая как клавиатура и монитор, сами могут выступать в роли дополнительных концентраторов USB. Кабели, порты и устройства USB можно распознать по значкам, показанным на рис. 14.1.

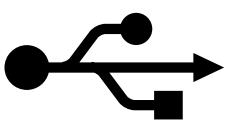


Рис. 14.1. Логотипы устройств USB

Основным инициатором разработки стандарта USB выступила компания Intel. Начиная с набора микросхем системной логики Triton II (82430HX), в котором стандарт USB был воплощен в микросхеме PIIX3 South Bridge, компания Intel поддерживает этот стандарт во всех своих наборах микросхем системной логики. Другие поставщики наборов микросхем последовали данному подходу, что позволило портам USB стать настолько же стандартным атрибутом современного ПК, каким когда-то стали последовательные и параллельные порты. Хотя большинство настольных систем начало поставляться с портами USB в середине 1996 года, большинство ноутбуков не поставлялось с портами USB 1.1 до 1998 года. Причина состояла в том, что производители ожидали, пока компания Intel не выпустит микросхему южного моста с поддержкой USB.

Совместно с Intel над созданием универсальной последовательной шины работали еще шесть компаний — Compaq, Digital, IBM, Microsoft, NEC и Northern Telecom. Ими был создан USB Implement Forum (USB-IF), целью которого является развитие, поддержка и распространение архитектуры USB.

Первая версия USB анонсирована в январе 1996 года, версия 1.1 — в сентябре 1998 года, версия 2.0 — в апреле 2000 года. В спецификации USB 1.1 более подробно описаны концентраторы и другие устройства. Большинство устройств USB должно быть совместимо со спецификацией 1.1, даже если они выпущены до ее официального опубликования. В спецификации USB 2.0 скорость передачи данных в сорок раз выше, чем в оригинальной USB 1.0; кроме того, обеспечивается полная обратная совместимость устройств. Платы расширения PCI (для настольных систем) и платы PC Card Cardbus-совместимых портативных компьютеров позволяют модернизировать компьютеры ранних версий, не имеющие встроенных разъемов USB. С середины 2002 года практически все системные платы имеют в стандартной комплектации четыре и более порта USB 2.0. Портативные компьютеры стали поддерживать этот стандарт несколько позднее — только в начале 2003 года порты USB 2.0 появились в ноутбуках в качестве стандартных компонентов. Появление систем с портами USB 3.0 ожидается в 2010 году. Сейчас большинство систем оснащено четырьмя и более портами USB 2.0, общее количество которых может быть увеличено с помощью концентраторов и репликаторов портов.

Технические характеристики USB 1.1/2.0

Универсальная последовательная шина версии 1.1 — это интерфейс, работающий со скоростью 12 Мбит/с (1,5 Мбайт/с) и основанный на простом 4-проводном соединении. Эта шина поддерживает до 127 подключаемых устройств и использует звездообразную топологию, построенную на расширяющих концентраторах, которые могут входить в персональный компьютер, любое периферийное устройство USB и даже быть обособленными устройствами.

Для таких низкоскоростных периферийных устройств, как клавиатура и мышь, в универсальной последовательной шине предусмотрен более “медленный” подканал, работающий со скоростью 1,5 Мбит/с.

В USB используется кодирование данных NRZI (Non Return to Zero Invent). В этом методе кодирования изменение уровня напряжения соответствует 0, а его отсутствие — 1. Метод NRZI представляет собой весьма эффективную схему кодирования данных, поскольку при ее использовании не нужны дополнительные сигналы, например синхроимпульсы. Последовательность нулей означает переход с одного уровня на другой каждый бит времени; последовательность единиц означает длительный промежуток времени, при котором изменения данных не происходит. Этот эффективный метод кодирования передачи данных отменяет необходимость в дополнительных тактовых импульсах, которые занимали бы время и уменьшали пропускную способность шины.

Для одновременного подключения нескольких устройств USB необходимо использовать *концентратор*. С помощью концентратора к одному порту USB можно подключить клавиатуру, мышь, цифровую камеру, принтер, телефон и т.д. В компьютере устанавливается модуль, называемый *корневым концентратором*, — начальная точка для подключения всех остальных устройств. Практически все системные платы имеют два–четыре порта USB, каждый

из которых может быть подключен либо к функциональному устройству, либо к другому концентратору.

Внешние концентраторы (также называемые *общими*) расширяют систему, позволяя подключать дополнительные устройства. Благодаря звездообразной топологии концентраторы позволяют подключить множество устройств. Каждая точка подключения именуется *портом*. Большинство концентраторов имеют четыре или восемь портов, что далеко не предел. Кроме того, к портам одного концентратора можно подключать дополнительные концентраторы. Концентратор управляет как непосредственно подключением, так и распределением энергии между подключенными устройствами. Типичный концентратор представлен на рис. 14.2.

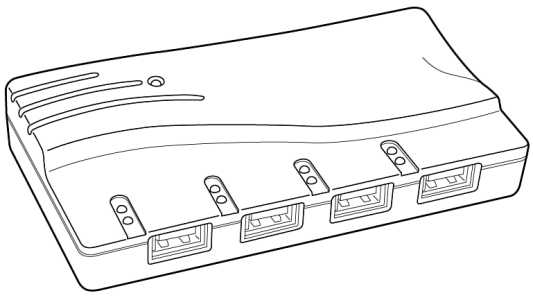


Рис. 14.2. Типичный концентратор USB с четырьмя портами

Кроме предоставления дополнительных портов для подключения периферийных устройств, концентратор занимается распределением энергии. Он динамически распознает подключенное периферийное устройство и после инсталляции предоставляет ему по меньшей мере 0,5 Вт. В целом концентратор может подавать до 2,5 Вт энергии, что зависит от программного драйвера устройства.

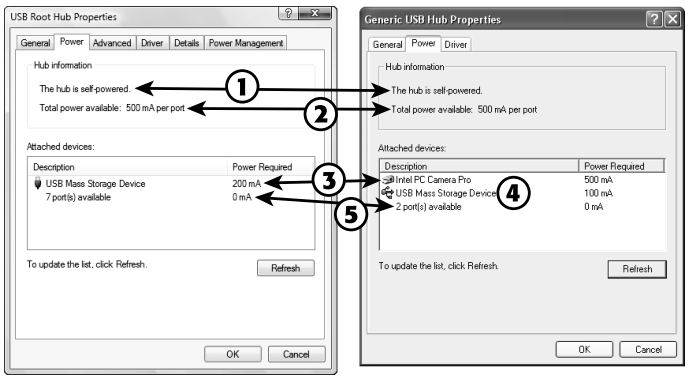
Различные типы устройств USB потребляют разный ток, измеряемый в миллиамперах (мА). Устройства, питаемые от шины USB, могут потреблять как 500 мА, т.е. столько, сколько им может предложить порт USB, так и 100 мА и менее электроэнергии. Устройства, имеющие автономное питание, черпают энергию и из порта USB, однако в крайне малых дозах (около 2 мА).

Поддержка шиной USB технологии PnP позволяет системе опрашивать подключенные периферийные устройства на предмет их потребности в электроэнергии и выдавать предупреждение, если доступный уровень энергопотребления превышен. Особую важность это имеет в портативных системах, емкость аккумуляторных батарей которых ограничена, к тому же между концентраторами существуют различия.

Корневые концентраторы имеют автономное питание (т.е. подключены к розетке через адаптер последовательного тока), что позволяет им подавать на каждый свой порт ток 500 мА. В то же время концентраторы, питаемые от шины (т.е. не имеющие собственного адаптера), обеспечивают только 100 мА на порт, так как сами должны распределять отведенный им шиной объем электроэнергии между всеми своими портами. Если подключить к порту устройство, потребляющее больше электроэнергии, чем может обеспечить порт, оно работать не будет (в худшем случае устройство вообще может быть повреждено). К примеру, содержимое флеш-памяти (потребляющей 200–500 мА) может быть уничтожено, если подключить ее к питаемому от шины порту USB (способному подать только 100 мА). Некоторые производители стали обеспечивать свои флеш-карты защитой по цепи тока, однако риск разрушения информации все равно остается. Так что не рекомендую вставлять флеш-карты в питаемые от шины концентраторы.

Чтобы узнать потребности в электропитании конкретного устройства перед его покупкой, обратитесь к его спецификации или свяжитесь с производителем. Чтобы узнать ток, подаваемый на каждый порт, и потребности в электропитании подключенных устройств USB в Windows,

откройте панель управления, а затем окно свойств каждого корневого и общего концентраторов. После этого перейдите ко вкладке Электропитание. В верхней части вкладки отображается объем электроэнергии, подаваемой на каждый порт, а в списке перечислены устройства, подключенные к концентратору, и потребляемый ими ток (рис. 14.3).



1. Тип концентратора
2. Мощность в расчете на порт
3. Устройства с высоким энергопотреблением
4. Устройство с низким энергопотреблением
5. Незанятые порты

Рис. 14.3. Примеры параметров электропитания концентраторов и устройств USB в окнах свойств Windows Vista (слева) и Windows XP (справа)

Поскольку существует большой разброс в потребностях питания устройств и существует вероятность их повреждения, рекомендуется использовать только концентраторы с автономным электропитанием. Также не забывайте, что на рынке еще осталось множество концентраторов, поддерживающих только интерфейс USB 1.1. Даже если подключить к такому концентратору быстродействующее устройство USB 2.0, оно все равно будет работать на малой скорости концентратора.

Устройства, потребляющие 100 мА и более (на рис. 14.3 это веб-камера и съемное запоминающее устройство), должны подключаться только к корневому концентратору или концентратору с автономным электропитанием. Все остальные устройства можно подключать и к концентраторам, питаемым от шины USB. Такие порты можно иногда найти на клавиатуре и мониторах.

Совет

Если устройство, подключенное к концентратору USB, внезапно перестало работать, проверьте подключение его источника питания — оно могло нарушиться. В таких случаях концентратор с автономным питанием начинает получать питание от шины и обеспечивать только 100 мА на порт вместо 500 мА.

Новому подключенному концентратору присваивается уникальный адрес; устройства можно масштабировать до пяти уровней в глубину (рис. 14.4). Концентратор выступает в роли двунаправленного ретранслятора и передает сигналы USB как во входном (к ПК), так и в нисходящем (к устройству) потоках. Кроме того, концентратор осуществляет контроль за сигналами и обрабатывает адресованные ему транзакции. Все другие транзакции передаются к подключенным устройствам. На рис. 14.4 узлом является ПК. Концентраторами являются компьютер, обособленные концентраторы и устройства, содержащие концентраторы. Функциями являются устройства, подключенные к корневому или общему концентратору.



Рис. 14.4. В компьютере может использоваться несколько концентраторов USB для подключения различных периферийных устройств, причем любое устройство можно подсоединить к любому концентратору

Примечание

Концентратор USB 1.1 поддерживает как высокоскоростную (12 Мбит/с), так и низкоскоростную (1,5 Мбит/с) передачу данных. Концентратор USB 2.0 поддерживает три скорости: собственную (480 Мбит/с), а также 12 Мбит/с и 1,5 Мбит/с USB 1.1.

Максимальная длина кабеля между двумя высокоскоростными устройствами (USB 2.0 480 Мбит/с), USB 2.0 и USB 1.1 (работающим на предельной скорости 12 Мбит/с) или таким устройством и концентратором — пять метров. В кабеле используется экранированная витая пара (толщина провода — 20 единиц). Максимальная длина кабеля для низкоскоростных (1,5 Мбит/с) устройств при использовании нескрученной пары проводов — три метра (табл. 14.1).

Таблица 14.1. Зависимость максимальной длины кабеля от удельного сопротивления проводов

Толщина, единицы	Удельное сопротивление, Ом/м	Длина (максимальная), м
28	0,232	0,81
26	0,145	1,31
24	0,091	2,08
22	0,057	3,33
20	0,036	5,00

Разъемы USB

Семейство спецификаций USB (USB 1.1, USB 2.0 и USB On-the-Go) содержит несколько типов разъемов. Изначально были определены четыре типа разъемов (штепселей) USB — A и B, Mini-A и Mini-B. Разъем типа A используется для организации входящего потока данных между устройством и портом/концентратором USB. Порты USB, имеющиеся в системных платах и концентраторах, обычно относятся к типу A.

Разъемы типа B разработаны для передачи нисходящего потока данных к устройству с отсоединяемыми кабелями. Мини-разъемы являются просто уменьшенной версией стандартных

разъемов, имеющей физически меньший формфактор. Ими оснащаются малогабаритные устройства, такие как цифровые фотокамеры, карманные компьютеры и проигрыватели мультимедиа. Для устройств USB On-the-Go был разработан специальный разъем Mini-AB, что позволяет им обслуживать входящий и нисходящий потоки по отношению к другому устройству.

В апреле 2006 года семейство разъемов USB пополнили Micro-B и Micro-AB, а в мае 2007 года Mini-A и Mini-AB были удалены из списка поддерживаемых. Таким образом, по состоянию на середину 2007 года в число поддерживаемых разъемов входят следующие: тип A, тип B, Mini-B, Micro-B и MicroAB (последний используется только в устройствах On-the-Go).

Разъемы USB совсем небольшие (особенно мини- и микроразъемы), что выгодно отличает их от последовательных и параллельных кабелей, которые, кроме всего прочего, приходится прикреплять винтами или держателями. У разъема USB нет контактов, которые могут погнуться или сломаться, поэтому надежность разъема очень высока. Внешний вид разъемов и портов USB представлен на рис. 14.5.

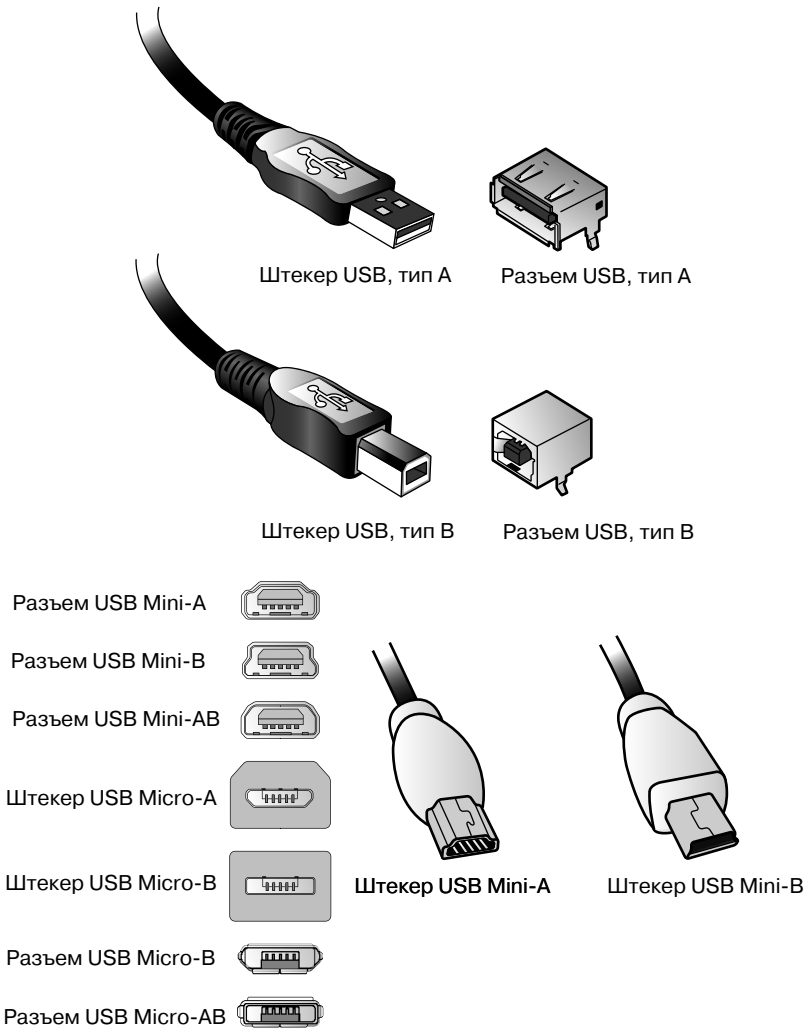


Рис. 14.5. Разъемы и гнезда USB

Гнездо Mini-AB характеризуется двойным назначением, т.е. поддерживает как разъем Mini-A, так и разъем Mini-B. Аналогично гнездо Micro-AB поддерживает Micro-A и Micro-B. Новые мини- и микроразъемы и гнезда имеют внутри соединителей пластиковые элементы, цветовая маркировка которых приведена в табл. 14.2.

Таблица 14.2. Цветовая маркировка штекеров и гнезд USB типа Mini-A/B

Гнездо/штекер	Цвет
Гнездо Mini-A	Белый
Штекер Mini-A и Micro-A	Белый
Гнездо Mini-B и Micro-B	Черный
Штекер Mini-B и Micro-B	Черный
Гнездо Mini-AB и Micro-AB	Серый

В табл. 14.3-14.4 представлены схемы расположения выводов для разъемов и кабелей USB. В большинстве систем имеется одна или две пары разъемов типа A на задней панели системного блока. Кроме того, у некоторых компьютеров есть одна или две пары разъемов на передней панели для удобства подключения переносных устройств.

Таблица 14.3. Схема расположения выводов в разъеме USB серии A/B

Контакт	Сигнал	Цвет	Примечание
1	VBUS	Красный	Кабель питания
2	Данные (–)	Белый	Передача данных
3	Данные (+)	Зеленый	Передача данных
4	Общий	Черный	Заземление кабеля
Оболочка	Экран	Нет	Фильтр

Таблица 14.4. Схема расположения выводов в разъеме USB типа Mini-AB и Micro-AB

Контакт	Сигнал	Цвет	Примечание
1	VBUS	Красный	Кабель питания
2	Данные (–)	Белый	Передача данных
3	Данные (+)	Зеленый	Передача данных
4	Идентификатор		Идентификация разъемов A/B[1]
4	Общий	Черный	Заземление кабеля
Оболочка	Экран	Нет	Фильтр

1. Используется устройством для различения разъемов Mini-A и Mini-B. Идентификатор подключен к общему выводу в разъеме Mini-A и Micro-A и не подключен (открыт) в Mini-B и Micro-B.

Большинство системных плат оснащено несколькими встроенными коннеторами USB. Каждый из 10-контактных коннекторов поддерживает два порта USB. Как правило, с системной платой поставляются кабель USB и два порта на “планке”, однако подобные решения предлагает много других компаний. Пример типичной “планки” с портами USB представлен на рис. 14.6.

Устройства USB удовлетворяют требованиям технологии Plug and Play компании Intel, в том числе требованию “горячего” подключения, при котором они могут подсоединяться к компьютеру без выключения питания и перезагрузки системы. Нужно просто подключить устройство, после чего контроллер USB, установленный в компьютере, самостоятельно обнаружит его и добавит необходимые для работы ресурсы и драйверы.

USB 2.0/Hi-Speed USB

Спецификация USB 2.0 обратно совместима с USB 1.1 и использует те же кабели, разъемы и программное обеспечение, но работает в сорок раз быстрее оригинальной спецификации версий 1.0 и 1.1. Такое повышение производительности позволяет использовать более современные периферийные устройства — камеры для видеоконференций, сканеры, принтеры,

устройства хранения данных. Для конечного пользователя USB 2.0 ничем не отличается от 1.1, за исключением производительности. Все существующие устройства USB 1.1 работают с шиной USB 2.0, так как этот стандарт поддерживает и более медленные соединения. Сравнительные значения производительности разных версий USB приведены в табл. 15.5.

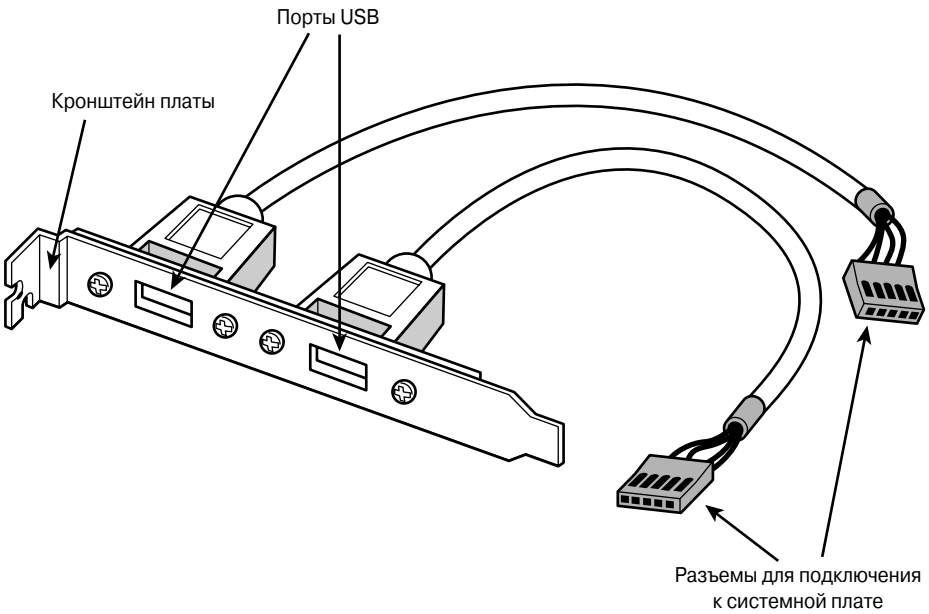


Рис. 14.6. Типичная "планка" с портами USB; подключите ее коннектор к системной плате, если вам необходимы дополнительные порты USB

Таблица 14.5. Скорость передачи данных различных версий USB

Интерфейс	Мбит/с	Мбайт/с
USB 1.1 (низкая скорость)	1,5	0,1875
USB 1.1 (высокая скорость)	12	1,5
USB 2.0	480	60

Обратите внимание на терминологию, которая может показаться запутанной. Обозначение *Full-Speed* соответствует скорости передачи данных 1,5 Мбайт/с стандарта USB 1.1, в то время как *Hi-Speed* — скорости 60 Мбайт/с стандарта USB 2.0. Поскольку любое устройство USB 1.1 можно подключить к шине 2.0 (при этом будет поддерживаться скорость стандарта 1.1), многие устройства или компоненты рекламируются как "USB 2.0-совместимые" или "USB 3.0-совместимые", хотя на самом деле режим Hi-Speed или SuperSpeed ими не поддерживается. Чтобы определить, действительно ли устройство в полной мере поддерживает стандарт USB 2.0 или USB 3.0, обращайте внимание на обозначение "сертифицировано", а не "совместимо".

Поддержка производительных периферийных устройств USB требует использования USB 2.0 - или USB 3.0-совместимого концентратора. Вам удастся использовать концентраторы USB 1.1 или USB 2.0, подключенные к шине 2.0 или 3.0, однако при этом все устройства будут работать с минимальной поддерживаемой скоростью. Если устройство, подключенное к концентратору USB 2.0/3.0, не поддерживает высокую скорость передачи данных, используется меньшая из поддерживаемых скоростей передачи данных.

Как определить поддержку устройством конкретного стандарта USB? Организация USB Implementer's Forum (USB-IF), которая является владельцем и разработчиком стандартов

USB, представила новые логотипы для изделий, прошедших сертификационные испытания. Эти логотипы (USB, USB OTG и Wireless USB) наносятся на упаковку изделий, прошедших сертификацию (рис. 14.7).

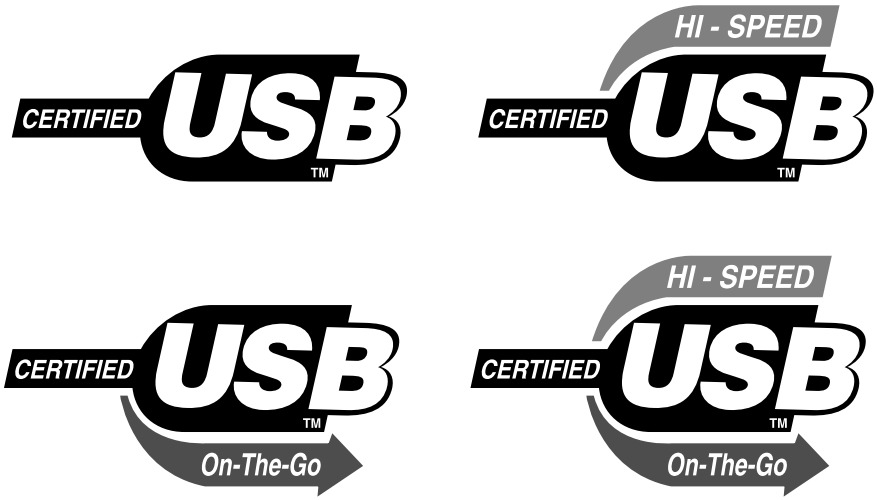


Рис. 14.7. Логотип USB-совместимых устройств (слева) и логотип USB Hi-Speed (справа). Внизу расположены логотипы совместимости со стандартами USB On-The-Go

Как видно на рис. 14.7, стандарт USB 1.1 сейчас называется просто “USB,” а USB 2.0 — “Hi-Speed USB.”

Кабели, коннекторы, концентраторы и периферийные устройства USB также можно идентифицировать по значкам (рис. 14.8). Знак “плюс” (+), добавленный к верхнему значку, указывает на то, что порт или устройство поддерживает стандарт USB 2.0 (Hi-Speed USB) в дополнение к стандарту USB 1.1.

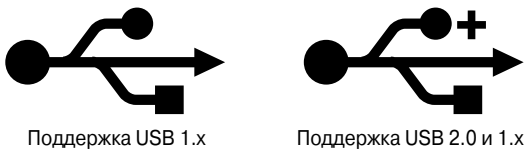


Рис. 14.8. Эти значки позволяют идентифицировать устройства USB 1.x и USB 2.x

Все эти значки неприменимы к кабелям и коннекторам USB, так как их конструкция не изменилась при переходе от стандарта USB 1.1 к стандарту USB 2.0. На всех кабелях используется стандартный значок; все кабели с поддержкой USB 1.1 также поддерживают и стандарт USB 2.0.

USB 3.0 (SuperSpeed USB)

Стандарт USB 3.0 (также называемый SuperSpeed USB) обеспечивает производительность и пропускную способность, в десять раз превышающие аналогичные показатели стандарта USB 2.0; при этом обеспечивается обратная совместимость с существующими устройствами USB 1.1 и USB 2.0. Кроме того, стандарт USB 3.0 обеспечивает меньшее энергопотребление, а также улучшенную эффективность протокола (меньшая нагрузка на шину). Порты и кабели USB 3.0 обеспечивают обратную совместимость, а также поддерживают будущие разработки с оптическим интерфейсом.

18 сентября 2007 года компания Intel объявила о формировании рабочей группы USB 3.0 Promoter Group и разработке интерфейса USB 3.0. Первоначально в состав рабочей группы вошли такие компании, как Intel, HP, Microsoft, NEC, NXP и Texas Instruments. Финальная спецификация USB 3.0 была опубликована 17 ноября 2008 года.

Основное нововведение стандарта USB 3.0 — увеличенная скорость передачи данных до 5 Гбит/с (500 Мбайт/с), что позволило значительно сократить время, необходимое для передачи данных. В табл. 14.6 приведены сведения о времени, необходимом для передачи мультимедийных файлов, в тои числе и музыкальных файлов MP3 320 Кбит/с, видеоролика и видео высокой четкости с использованием интерфейсов USB различных версий. Приведенные значения соответствуют фактической или эффективной пропускной способности USB с учетом ограничений протокола. Как видите, стандарт USB 2.0 в сорок раз быстрее USB 1.1, а USB 3.0 — в десять раз быстрее USB 2.0. При разработке стандарта USB 3.0 одним из факторов, которые принимали во внимание, было время копирования фильма высокой четкости, которое составляет 14 минут при использовании USB 2.0. С учетом того, что пользователи были недовольны подобным уровнем производительности, стандарт USB 3.0 был спроектирован таким образом, чтобы передача подобного объема данных заняла чуть больше минуты.

Таблица 14.6. Время копирования мультимедийных файлов при использовании интерфейсов USB различных версий

Тип USB	Компакт-диск MP3 (128 Мбайт)	Фильм стандартного качества (6 Гбайт)	Фильм высокого качества (25 Гбайт)
USB 1.1 (Full-Speed)	2,9 минуты	2,2 часа	9,3 часа
USB 2.0 (Hi-Speed)	4,3 секунды	3,3 минуты	13,9 минуты
USB 3.0 (SuperSpeed)	0,4 секунды	20 секунд	70 секунд

Интересно отметить, что уровень фактической или эффективной производительности, указанный для Intel для USB 3.0 (передача 25 Гбайт за 70 секунд), равен приблизительно 360 Мбайт/с (с учетом служебных данных) по сравнению с 32 Мбайт/с, характерными для USB 2.0. Хотя на первый взгляд все просто замечательно, при использовании современных носителей данных достижение подобной скорости в настоящее время невозможно, так как самые производительные жесткие диски SATA/eSATA имеют скорость передачи данных 70 Мбайт/с. Некоторые твердотельные накопители обеспечивают скорость передачи данных до 100 Мбайт/с, хотя большинство обычных накопителей обладает гораздо меньшими показателями.

Итак, несмотря на то, что интерфейс USB 3.0 способен обеспечить скорость передачи данных больше 350 Мбайт/с, в настоящее время лишь немногие устройства обеспечивают сравнимый уровень производительности. Это приводит к целому ряду вопросов. Зачем разрабатывать такой производительный интерфейс, если отсутствуют устройства, способные в полной мере раскрыть его потенциал? Однако ответ очень прост — нельзя ограничиваться только возможностями сегодняшнего дня. В будущем появятся очень производительные накопители, особенно если говорить об устройствах на основе твердотельной памяти, таких как музыкальные плееры или флеш-накопители. USB 3.0 — стандарт, который позволит раскрыть весь потенциал будущих производительных устройств хранения данных и других устройств.

Основные улучшения, представленные в стандарте USB 3.0, описаны ниже.

- Выделенные линии IN и OUT с четырьмя дополнительными проводами (плюс земля), что обеспечивает возможность работы в полнодуплексном режиме (одновременное чтение и запись данных).
- Увеличенная мощность для устройств, получающих питание от шины (900 мА (4,5 Вт) вместо 500 мА (2,5 Вт) в случае USB 1.1/2.0).
- Агрессивное управление питанием; в режиме простоя шина переходит в режим низкого энергопотребления.

- Контроллер упорядочивает все транзакции (без необходимости ожидания).
- Контроллеры и устройства осуществляют транзакции только при наличии данных.

Для обеспечения обратной совместимости концентраторы USB 3.0 также включают в себя контроллеры USB 2.0, что обеспечивает возможность одновременной работы в режимах USB 3.0 и USB 1.1/2.0. Стандарт USB 3.0 также поддерживает коммутацию, что позволяет концентратору работать с отдельными устройствами независимо, а не использовать широковещательную передачу данных всем подключенным устройствам. Это оказывается намного эффективнее, чем широковещательные методы стандарта USB 2.0 и более ранних версий. Устройства, сертифицированные на соответствие стандарту USB 3.0, могут иметь логотип SuperSpeed USB (рис. 14.9).



Рис. 14.9. Логотип сертификации SuperSpeed USB

Коннекторы и кабели USB 3.0 содержат пять дополнительных контактов для поддержки функций SuperSpeed (две дифференциальные сигнальные пары SuperSpeed плюс земля), а четыре контакта USB 1.1/2.0 оставлены для обеспечения полной обратной совместимости. В гнезде новые контакты расположены над и под существующими. В гнезда USB 3.0 можно вставлять устройства и кабели USB 3.0, а также устройства и кабели USB 1.1/2.0. Конструкция гнезда USB 3.0 представлена на рис. 14.10.

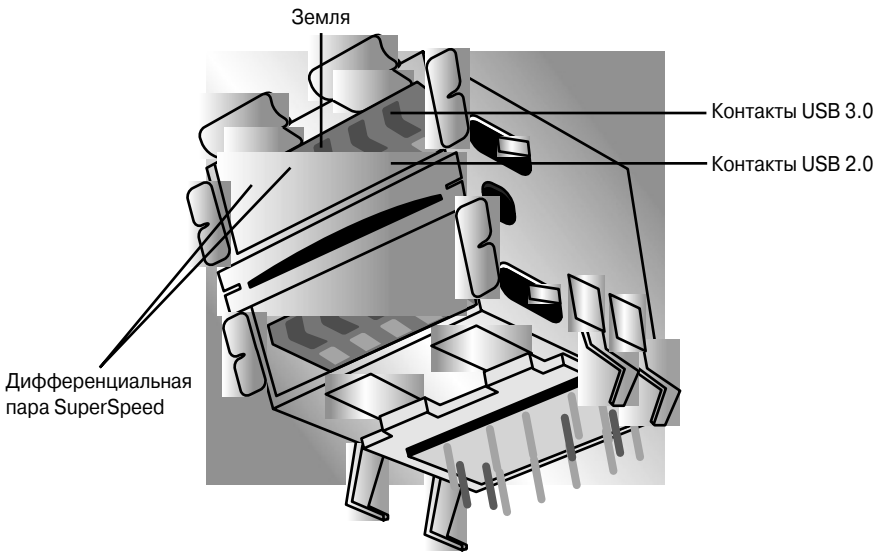


Рис. 14.10. Гнезда USB 3.0 для закрепления на печатной плате

Коннектор USB 3.0 содержит пять новых контактных разъемов, согласованных с особенностями конструкции гнезда. Контакты состоят из дифференциальных пар передачи и приема, а также земли (рис. 14.11).

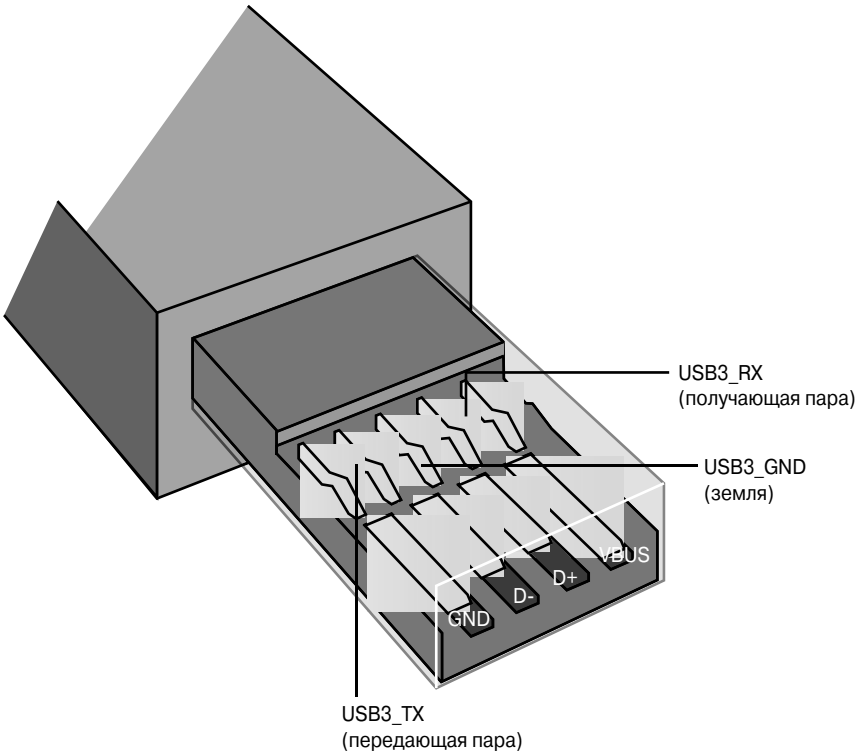


Рис. 14.11. Коннектор USB 3.0, содержащий пять дополнительных контактов USB 3.0 помимо четырех оригинальных контактов USB 1.1/2.0

Кроме того, на рис. 14.12 представлен значок кабеля USB 3.0, полностью соответствующего спецификации USB 3.0.

Спецификация USB 3.0 также определяет параметры оптических коннекторов, которые могут быть использованы будущими устройствами.



Рис. 14.12. Значок кабеля SuperSpeed USB 3.0

Стандарт USB On-The-Go

В декабре 2001 года USB-IF выпустила дополнение к стандарту USB 2.0, получившее название USB On-The-Go (или USB OTG, или просто OTG). Стандарт был разработан для того, чтобы устранить один из основных недостатков USB — обязательное наличие ПК для передачи данных между двумя внешними устройствами. Другими словами, невозможно было подключить две цифровые камеры одну к другой и перемещать между ними изображения без компьютера, выступающего в качестве "дирижера" передачи данных. Соответствующие устройства USB On-The-Go все равно можно подсоединять к ПК, а при прямом подключении к другим устройствам пользователь получает ряд новых возможностей.

Хотя стандарт USB On-The-Go и совместим с периферийными устройствами ПК, основной сферой его применения является бытовая электроника. Такие устройства, как цифровые видеомагнитофоны, теперь можно подключать к другим видеомагнитофонам для передачи записанных фильмов или клипов; с одного карманного компьютера пользователь сможет передать данные на другой и т.д. Это расширило область применения стандарта USB на сектор рынка потребительской электроники.

Текущая версия USB OTG 1.3 увидела свет в декабре 2006 года. В нее были внесены некоторые изменения, в том числе поддержка микропортов, которые заменили собой мини-порты

предыдущих версий. Уменьшив формфактор портов, спецификация USB OTG сделала возможным применение этой технологии в более компактных устройствах.

Стандарт Wireless USB

Стандарт Wireless USB (WUSB) описывает именно то, что отражено в его названии, — использование USB без проводов. Стандарт WUSB базируется на ультраширокополосной радиотехнологии UWB (ultrawideband), разработанной военными еще в 1962 году для обеспечения безопасной беспроводной передачи данных, а также для использования в радарах. Понимая, насколько данные беспроводные технологии полезны для массового пользователя, организация FCC (Federal Communications Commission) в 2002 году освободила частоты с 3,1 до 10,6 ГГц для внедрения технологии UWB.

В июне 2003 года с целью разработки стандарта интерфейса физического уровня для ультраширокополосного взаимодействия была сформирована рабочая группа MBOA-SIG (Multiband OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) Alliance Special Interest Group). Группа MBOA-SIG завершила работу над спецификацией UWB Physical Layer версии 1.0 в ноябре 2004 года, после чего, в марте 2005 года, объединилась с другой рабочей группой, WiMedia Alliance. Группа WiMedia Alliance была сформирована в 2002 году для продвижения стандартизации и внедрения беспроводных стандартов UWB.

Затем, в феврале 2004 года, несколько компаний, Agere, HP, Intel, Microsoft, NEC, Philips и Samsung, объявили о создании рабочей группы USB Promoter Group и начали работу над спецификацией Wireless USB, предполагающей использование радиоплатформы WiMedia MB-OFDM (multiband orthogonal frequency division multiplexing) Ultrawideband в качестве физического уровня соединения. Wireless USB Promoter Group разработала и представила спецификацию Wireless USB 1.0 12 мая 2005 года.

Устройства Wireless USB в настоящее время сертифицированы на соответствие стандарту, определенному организацией USB Implementers Forum и позволяющему устанавливать скоростные беспроводные подключения благодаря адаптации протоколов USB к радиоплатформе MB-OFDM Ultrawideband, разработанной группой WiMedia Alliance. Сертифицированные устройства Wireless USB содержат соответствующий логотип (рис. 14.13).



Рис. 14.13. Устройства, полностью соответствующие спецификации Wireless USB, содержат соответствующий логотип

Стандарт Wireless USB использует часть радиоспектра UWB, а том числе три канала шириной 528 МГц в диапазоне от 3168 МГц (3,1 ГГц) до 4753 МГц (4,8 ГГц). Эти широкополосные каналы обеспечивают высокую пропускную способность до 480 Мбит/с (60 Мбайт/с), полностью соответствующую показателям проводного стандарта USB 2.0.

Стандарт Wireless USB обеспечивает низкое энергопотребление, скоростные подключения с малым радиусом действия (480 Мбит/с (60 Мбайт/с) на расстоянии до 3 метров; 110 Мбит/с (13,75 Мбайт/с) — на расстоянии до 10 метров). Это сравнимо с радиусом действия Bluetooth, однако с обеспечением гораздо более высоких скоростей передачи данных. Ра-

диочастоты, отведенные под стандарт Wireless USB (от 3,1 до 4,8 ГГц), не пересекаются с частотами 2,4 ГГц (Wi-Fi 802.11b/g и Bluetooth), 5 ГГц (Wi-Fi 802.11a), а также с частотами, на которых работают мобильные телефоны и микроволновые печи.

Варианты использования стандарта Wireless USB практически безграничны; почти все устройства, которые можно подключить с использованием обычного проводного интерфейса USB, могут быть подключены и беспроводным способом. Вы только представьте себе ситуацию, когда после размещения жесткого диска с интерфейсом Wireless USB рядом с ПК устройство будет автоматически распознано и его можно будет использовать как производительное устройство хранения данных или как устройство резервного копирования. Точно так же камера с интерфейсом Wireless USB позволит быстро и легко передавать фотографии, не используя при этом никаких проводов. Существующие устройства USB также могут подключаться беспроводным образом к ПК, однако предварительно их следует подключить к адаптеру Device Wire Adapter (DWA), а к ПК подключить адаптер Host Wire Adapter (HWA). Пример подключения устройств с использованием подобного метода представлен на рис. 14.14.

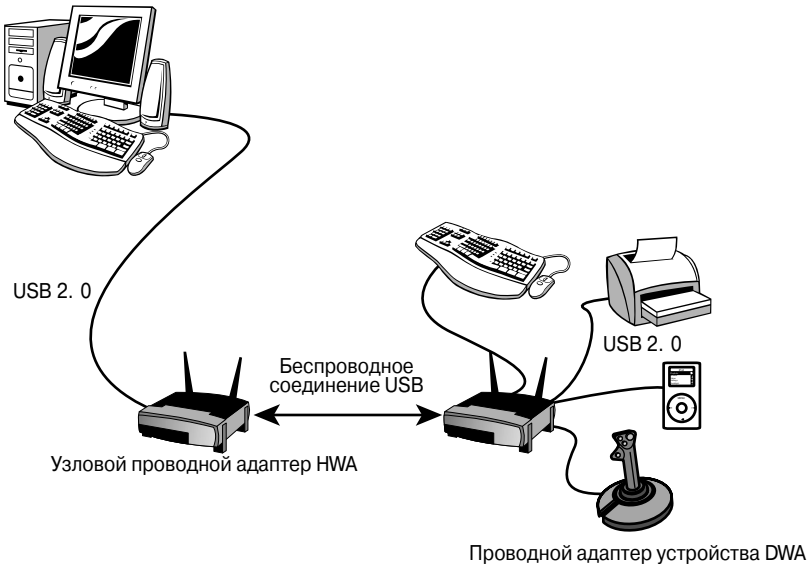


Рис. 14.14. Использование адаптеров Host Wire Adapter и Device Wire Adapter для беспроводного подключения обычных устройств USB к системе

Адаптер Host Wire Adapter совсем необязательно должен представлять собой внешнее устройство; это может быть плата расширения в виде адаптера PCI или PCI Express для настольной системы или адаптера Mini PCI, PC-Card или ExpressCard для ноутбука. Будущие настольные и портативные системы могут также сразу поставляться со встроенными адаптерами Wireless USB. Кроме того, функции Wireless USB могут быть реализованы и в сетевых адаптерах Wi-Fi. Адаптеры и периферийные устройства Wireless USB впервые появились на рынке в 2006 году.

Поддержка USB в Windows

Первой версией Windows с полной поддержкой USB была Windows 98. Хотя операционные системы Windows 95B и Windows 95C обеспечивали ограниченную поддержку устройств USB 1.1, многие устройства USB не работали корректно ни с одной версией Windows 95 из-за ограниченных возможностей драйверов. Ситуация изменилась только с выходом Windows 98,

которая обладала встроенной поддержкой USB 1.1; однако для поддержки USB 2.0 требовались дополнительные драйверы от производителя системной платы или адаптера.

Драйверы USB 2.0 не поставлялись и в составе первого выпуска Windows XP, однако они уже входили в состав пакета Service Pack 1 и последующих обновлений операционной системы. Конечно же, Windows Vista уже обладала встроенной поддержкой стандарта USB 2.0. Некоторые устройства USB также поставлялись с собственными драйверами, которые было необходимо устанавливать отдельно. Windows 7 не поставляется с драйверами USB 3.0, однако компания Microsoft обещает реализовать такую поддержку в будущих обновлениях Windows 7.

Поддержка USB также должна быть реализована в BIOS для таких устройств, как клавиатура и мышь. Такой поддержкой обладают все современные системы, оснащенные встроенными портами USB. Существуют и платы расширения в виде адаптеров PC Card и ExpressCards, позволяющие добавить порты в устаревшие системы. К периферийным устройствам USB относятся принтеры, внешние устройства хранения данных, модемы, сканеры, VOIP-телефоны, игровые контроллеры, клавиатуры и указательные устройства, такие как мыши и трекболы.

Адаптеры USB

Если у вас есть несколько устройств, а системная плата поддерживает последнюю версию спецификации USB, можно приобрести специальные адаптеры-преобразователи. Существует несколько типов таких адаптеров:

- USB-параллельный порт (принтер);
- USB-последовательный порт;
- USB-SCSI;
- USB-Ethernet;
- USB-клавиатура/мышь;
- USB-TV/video.

Адаптеры представляют собой кабель, на одном конце которого находится разъем USB (подключаемый к соответствующему порту USB), а на другом — интерфейсный разъем иного типа. В некоторых случаях стандартный кабель USB и кабель устройства подключаются к автономному адаптеру. Если модуль представляет собой однокомпонентное устройство, активные электронные схемы собираются вместе с кабелем в корпусе модуля либо монтируются на одном из концов кабеля. Электронные схемы, питание к которым подается по шине USB, преобразуют поступающие сигналы в сигналы, соответствующие интерфейсу второго устройства. Если у вас нет возможности установить плату базового адаптера, использовать устройство с помощью порта USB намного лучше, чем вообще отложить его в сторону.

При подключении двух компьютеров обратите внимание на адаптер прямого соединения USB. С помощью этого типа устройств можно создать USB-сеть, что пригодится любителям сетевых игр для двоих игроков, когда каждый из них использует собственную систему. Кроме того, такой тип соединения обеспечивает более высокую скорость передачи данных, чем прямое параллельное соединение. Также существуют специальные контроллеры USB, позволяющие периферийному устройству использовать две и более USB-шины. Как прямое соединение, так и контроллеры USB технически не определены в официальной спецификации USB, хотя все равно имеют право на существование.

IEEE 1394 (FireWire или i.Link)

В конце 1995 года отдел стандартов Института инженеров по электротехнике и электронике опубликовал стандарт IEEE 1394 (сокращенно — 1394). Эти цифры — порядковый номер нового стандарта, который стал результатом обширных исследований в области мультимедийных устройств. Его основное преимущество — высокая скорость передачи данных. Сегодня скорость передачи, поддерживаемая этим стандартом, достигает 400 Мбит/с.

Стандарты 1394

Текущая версия стандарта 1394 получила название 1394a (иногда ее называют по году опубликования стандарта — 1394a-2000). Стандарт 1394a предназначен для устранения проблем, присущих оригинальной версии стандарта 1394 и связанных с совместимостью и многофункциональностью. В этом стандарте используются те же разъемы и поддерживаются те же скорости передач, что и в оригинальном стандарте 1394.

Первые устройства, поддерживающие стандарт 1394b, были представлены в начале 2003 года. Первоначальная версия данного стандарта поддерживает скорость передачи данных, равную 800 Мбит/с; быстродействие будущих версий этого стандарта смогут достичь 3200 Мбит/с. Стандарт 1394b будет поддерживать более высокие скорости, чем существующие в настоящее время стандарты 1394 и 1394a. Это связано с внедрением новых сетевых технологий, в частности стеклянного и пластикового волоконно-оптических кабелей и кабеля UTP 5-й категории, а также с увеличением возможного расстояния между устройствами, использующими кабельное соединение 5-й категории, и улучшением принципа передачи сигналов. Стандарт 1394b будет обратно совместим с устройствами 1394a. Стандарт 1394 также известен под двумя другими названиями: *i.Link* и *FireWire*. Первое было предложено компанией Sony в маркетинговых целях. Многие компании, занимающиеся производством устройств 1394 для ПК, поддержали инициативу Sony. Название FireWire является зарегистрированной торговой маркой компании Apple. Несмотря на это, в мае 2002 года компания Apple и 1394 Trade Association приняли соглашение, позволяющее производителям и дилерам, входящим в ассоциацию, получать бесплатные лицензии торговой марки FireWire на разработку устройств, соответствующих стандарту 1394. При этом устройства должны предварительно пройти ряд специальных тестов. В компании Apple термин “FireWire” продолжает использоваться в качестве рыночного названия устройств IEEE 1394. Например, FireWire 400 относится к IEEE 1394a-совместимой продукции, а FireWire 800 — используется для обозначения устройств, отвечающих требованиям стандарта IEEE 1394b.

Технические характеристики 1394a

Высокоскоростная локальная последовательная шина FireWire способна передавать данные со скоростью 100, 200 и 400 Мбит/с (12,5, 25 и 50 Мбайт/с). Большинство адаптеров ПК поддерживает скорость 400 Мбит/с (50 Мбайт/с), хотя скорость современных устройств может отличаться от этой. К одному внутреннему адаптеру IEEE 1394 можно одновременно подключить до 63 устройств, которые размещаются по разветвленной цепочке или подключаются к единому шлейфу, не требуя отдельного концентратора, хотя он и рекомендован для устройств, которые будут отключаться/подключаться в оперативном режиме. Кабель устройств IEEE 1394 заимствован у игровой системы Nintendo GameBoy и состоит из шести проводов: по четырем передаются данные, а по двум — электропитание. Подключение к системной плате осуществляется с помощью выделенного интерфейса IEEE 1394 или платы PCI. На рис. 14.15 показаны кабель, гнездо и разъем IEEE 1394/1394a.

Шина данных 1394 создана на основе шины FireWire, изначально разработанной компаниями Apple и Texas Instruments. Эта шина использует простой 6-проводный кабель, состоящий из двух пар линий, предназначенных для передачи тактовых импульсов и информации, а также двух линий питания. Как и USB, IEEE 1394 полностью поддерживает технологию Plug and Play, включая возможность “горячего” подключения (установка и извлечение компонентов без отключения питания системы). По структуре шина 1394 не так сложна, как параллельная шина SCSI, и устройства, подключаемые к ней, могут потреблять от нее ток до 1,5 А.

Шина 1394 основана на разветвляющейся топологии и позволяет использовать до 63 узлов в цепочке и подсоединять при этом к каждому узлу до 16 устройств. Если этого недостаточно, можно дополнительно подключить до 1023 шинных перемычек, которые могут соединять более 64 тысяч узлов. Кроме того, шина 1394 может поддерживать устройства, работающие на разных скоростях передачи данных, как и SCSI. Большинство адаптеров 1394 имеет три узла, каждый из которых поддерживает 16 устройств.

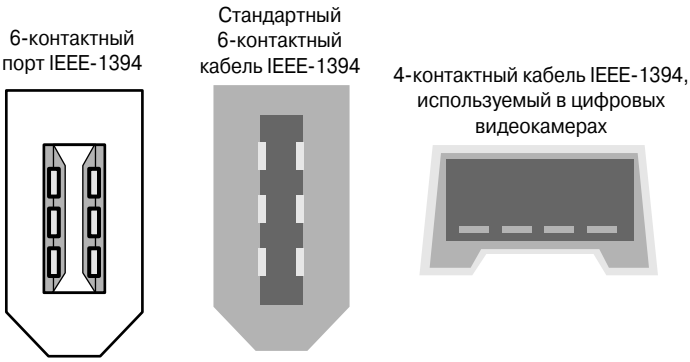


Рис. 14.15. Кабель, разъемы и соединитель шины IEEE 1394

Через шину 1394 к компьютеру можно подключить практически все устройства, которые могут работать со SCSI. Сюда входят все виды дисковых накопителей, включая жесткие, оптические, CD- и DVD-ROM. К шине 1394 могут подключаться цифровые видеокамеры, устройства с записью на магнитную ленту и многие другие высокоскоростные периферийные устройства. Шина 1394 используется в некоторых настольных и портативных компьютерах в качестве замены или дополнения внешних высокоскоростных шин данных, таких как USB.

В настоящее время наборы микросхем системной логики, поддерживающие шину 1394, уже предлагаются производителями. Появились адаптеры PCI, позволяющие добавить поддержку 1394 в существующие компьютеры. Поддержка работы с этой шиной встроена в Windows 9x и более поздние версии системы. В настоящее время шина 1394 получила наиболее широкое распространение в области цифровых видеоустройств (камеры, видеомагнитофоны и т.д.). Подобные устройства выпускают компании Sony, Panasonic, Sharp, Matsushita и др. Компания Sony не стала отступать от своих традиций и выпустила уникальный четырехконтактный разъем, который можно подключить к плате расширения IEEE 1394 только с помощью специального адаптера. Кроме того, Sony использует собственное название стандарта — i.Link. Наряду с цифровыми видеоустройствами стали появляться устройства обработки видеоданных. Среди некомпьютерных приложений стандарта IEEE 1394 — устройства видеоконференций, обработки потоков аудио- и видеоданных, получаемых со спутника, синтезаторы, DVD и прочие высокоскоростные устройства.

Цифровое видео и периферийные устройства IEEE 1394 становятся все более взаимосвязанными, поэтому многие адаптеры FireWire поставляются в комплекте с программным обеспечением по захвату и монтажу видео. Цифровая видеокамера или видеозаписывающее оборудование позволяет превратить ПК в настоящий центр монтажа фильмов и видеоклипов. Для этого, разумеется, нужна поддержка портов ввода-вывода IEEE 1394, реализация которых в системных платах встречается довольно редко.

Технические характеристики 1394b

Спецификация IEEE 1394b является вторым поколением стандарта 1394. Первые устройства, соответствующие стандарту IEEE 1394b (высокопроизводительные внешние накопители на жестких дисках), были представлены в январе 2003 года. В этом стандарте определены два новых 9-жильных кабеля и соответствующие 9-контактные разъемы, обеспечивающие передачу данных по медному или оптоволоконному кабелю со скоростью 800–3200 Мбит/с. В стандарт 1394b включены и другие новые возможности, позволяющие еще больше увеличить скорость передачи данных.

- **Самовосстанавливающиеся контуры**. При неправильном подключении устройств 1394b, которое приводит к образованию логической петли, интерфейс выполняет автоматическую коррекцию. Аналогичное подключение устройств 1394a делало их дальнейшую работу невозможной и требовало правильного подключения кабеля.

- **Постоянный сдвоенный симплекс**. При использовании сдвоенных пар проводов каждая пара передает данные “своему” устройству, поэтому скорость передачи данных остается постоянной.
- **Поддержка волоконно-оптического кабеля и сетевого кабеля CAT5**, а также стандартного медного кабеля 1394a и 1394b.
- **Улучшенная схема разрешения конфликтов между сигналами**, которая позволяет повысить производительность и длину используемого кабеля.
- **Поддержка сетевого кабеля CAT5**, несмотря на то, что пары контактов 1–2 и 7–8 используются только для повышения надежности. Это позволяет обойтись без пересекающихся кабелей.

В первых версиях стандарта IEEE 1394b используется новый 9-жильный интерфейс, содержащий две пары сигнальных проводов. Несмотря на это, были созданы две различные версии порта 1394b, которые обеспечивают возможность подключения 1394a-совместимых устройств к порту 1394b:

- бета-версия;
- двухстандартная версия.

Разъемы бета-версии используются только с устройствами 1394b, тогда как двухстандартная версия поддерживает разъемы обоих типов (т.е. 1394a и 1394b). Разъемы и кабели имеют одинаковые схемы расположения выводов, но отличаются формой и положением ключей (рис. 14.16).

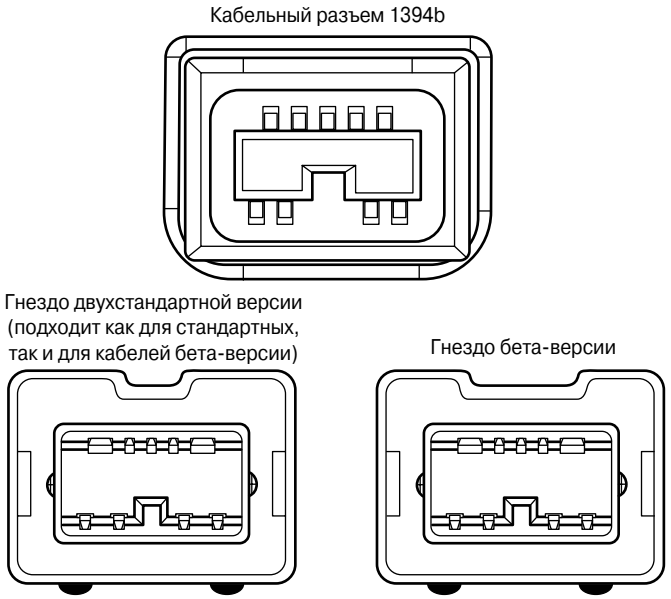


Рис. 14.16. Двухстандартные кабели, бета-кабели и разъемы 1394b. В устройствах 1394b часто используются разъемы обеих версий

Обратите внимание на то, что двухстандартные кабели и разъемы имеют более узкие пазы, чем кабели и разъемы бета-версии, что предотвращает случайное подключение кабелей, предназначенных для устройств 1394a, к бета-разъемам. На рис. 14.17 показаны различные типы кабелей.

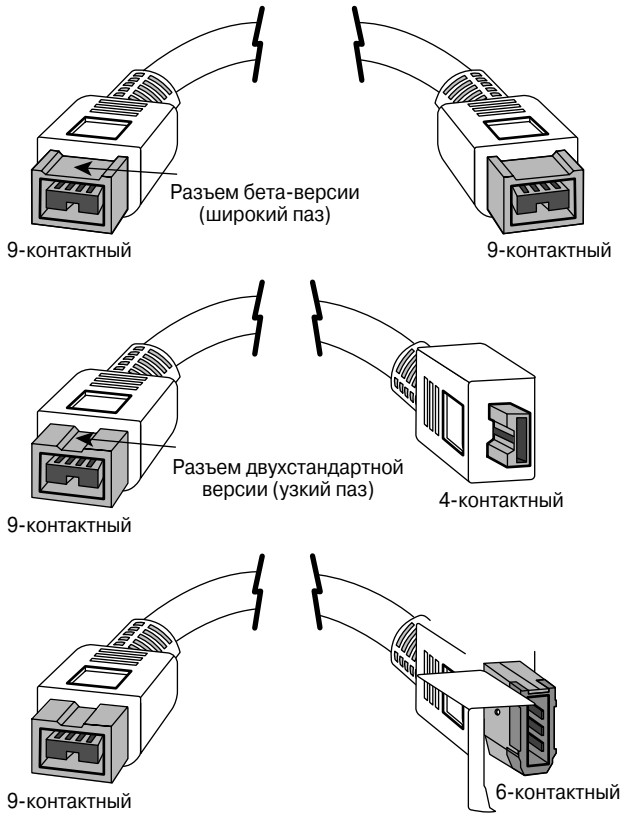


Рис. 14.17. Кабель бета-версии с 9-контактными разъемами (вверху) и двухстандартные кабели с 4-контактными (в центре) и 6-контактными (внизу) разъемами

Стандарт 1394b S3200 (FireWire 3200)

В декабре 2007 года организация 1394 Trade Association представила спецификацию 1394b S3200 (FireWire 3200), которая позволила в четыре раза увеличить производительность шины FireWire, до 3,2 Гбит/с (320 Мбайт/с при использовании кодирования 8b/10b). Новая спецификация предполагает использование существующих кабелей и коннекторов FireWire 800, а также обеспечивает обратную совместимость с устройствами FireWire 800 и даже с устройствами FireWire 400. Поскольку методы арбитража 1394, передачи данных, а также сервисные протоколы S3200 совпадают с параметрами стандарта S800, поставщики программного и аппаратного обеспечения могут воспользоваться преимуществами нового стандарта, избежав серьезной переделки своих продуктов. Основную конкуренцию FireWire 3200 составит более распространенный стандарт USB 3.0, который обеспечивает большую скорость передачи данных (5 Гбит/с по сравнению с 3,2 Гбит/с). В связи с широким распространением стандарта USB стандарту FireWire 3200 вряд ли суждено получить широкую популярность на рынке ПК.

Сравнение USB и IEEE 1394 (FireWire)

Хотя порты USB и IEEE 1394 подробно рассматриваются в следующих разделах, имеет смысл начать с их сравнения. Поскольку у данных портов много общего, достаточно сложно понять преимущества каждого из них. В табл. 14.7 приведена сравнительная характеристика технологий IEEE 1394 и USB.

Таблица 14.7. Сравнительная характеристика технологий IEEE 1394 и USB

	EEE 1394a (FireWire 400)	EEE 1394b S800 (FireWire 800)	IEEE 1394b S3200 (FireWire 3200)	USB 1.1	USB 2.0	USB 3.0
Необходим узловой ПК	Нет	Нет	Нет	Да	Да[1]	Да[1]
Максимальное количество устройств	63	63	63	127	127	127
Поддержка "горячей" замены	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Максимальная длина кабеля (между устройствами), метры	4,5	4,5	4,5	5	5	3
Мощность, доступная одному устройству, Вт	7[2]	7	7	2,5	2,5	4,5
Скорость передачи данных	400 Мбит/с (50 Мбайт/с)	800 Мбит/с (80 Мбайт/с)	3,2 Гбит/с (320 Мбайт/с)	12 Мбит/с (1,5 Мбайт/с)	480 Мбит/с (60 Мбайт/с)	5 Гбит/с (500 Мбайт/с)

1. Стандарт USB On-The-Go (OTG) не требует использования ПК как узла.

2. 7 Вт — это типичное значение; некоторые порты IEEE 1394 обеспечивают мощность до 18 Вт и больше.

В целом USB — наиболее популярный внешний интерфейс ПК, который вытеснил практически все остальные решения. Основная причина этого кроется в том, что компания Intel, один из основных разработчиков USB, встроила поддержку шины USB во все свои наборы микросхем, выпускаемые с 1996 года, и эту тенденцию поддержали другие производители. В то же время практически ни один из наборов микросхем системной логики не поддерживает порты 1394a и 1394b. В большинстве случаев для такой поддержки требовалась установка на материнскую плату дополнительной микросхемы, что увеличивало ее общую стоимость. Высокая стоимость схемы 1394 (включая 0,25 доллара лицензионного платежа, отчисляемых компании Apple Computer за каждую систему), а также то обстоятельство, что каждая системная плата уже содержит порты USB, ограничило распространение интерфейса 1394 (FireWire) на рынке ПК.

Несмотря на всю популярность USB, рынок для устройств 1394 все еще существует. Одно из основных различий между 1394 и USB состоит в том, что стандарт USB обычно требует использования ПК как узла, осуществляющего управление шиной. Это означает, что вам не удастся соединить два устройства USB непосредственно для передачи данных; вместо этого устройства должны быть подключены к компьютеру, выступающему в роли контроллера. С другой стороны, стандарт FireWire допускает прямое подключение устройств друг к другу, поскольку устройства могут самостоятельно осуществлять контроль над передачей данных. Например, шина 1394 позволяет подключить DV-камкордер к DV-видеомагнитофону для копирования или редактирования. Кроме того, скорость обмена данными между устройствами USB зависит от производительности ПК, управляющего шиной, в то время как скорость передачи по шине FireWire от ПК не зависит от ПКУ и в большей степени зависит от устройств, осуществляющих передачу данных.

Ситуация изменилась, когда в декабре 2001 года было представлено такое дополнение к спецификации USB 2.0, как USB On-The-Go; которое позволяет непосредственно взаимодействовать устройствам, как это имеет место в случае 1394 (FireWire). В результате основное преимущество стандарта 1394 над USB нивелируется. Однако на самом деле все несколько не так, поскольку на рынке доступно лишь немного устройств с поддержкой USB On-The-Go.

Итак, я использую FireWire только в том случае, когда другие типы подключений не доступны. Например, если цифровая видеокамера, которую вы решили приобрести, поддерживает только подключение 1394 (FireWire/i.LINK), необходимо подключать ее к порту FireWire вашей системы. Если система не оснащена встроенным портом FireWire, придется использовать плату расширения с соответствующим портом. Некоторые устройства оснащены интерфейсами USB и 1394/FireWire, что позволяют подключать их к любым современным компьютерам.

Производительность: мифы и реальность

Однажды студенты попросили меня прокомментировать следующую ситуацию. В одном из тестов спрашивалось, какой из интерфейсов производительнее, USB 2.0 или FireWire 400. Так как скорость передачи данных USB 2.0 составляет 480 Мбит/с, а FireWire 400 — 400 Мбит/с, практически все отдали предпочтение первому. Каково же было их удивление, когда выяснилось, что эти ответы неправильные. Дело в том, что, несмотря на паспортные характеристики, на практике FireWire оказывается более производительным вследствие меньших накладных расходов, и преподаватель об этом упомянул на лекции, на что многие не обратили внимания.

Мне пришлось серьезно задуматься над тем, какой же ответ можно считать правильным. Лично мне не нравятся вопросы, подобные этому, так как их некорректная постановка делает оба ответа с технической точки зрения одновременно и правильными, и неправильными. Во-первых, совершенно не ясно, что понимается под производительностью: паспортная скорость шины или реальная пропускная способность. Во-вторых, возникает вопрос: при каких условиях измеряется эта пропускная способность? В общем, если вам задают вопросы, подобные этому, можете, не задумываясь, давать любой ответ. Так как тестирование в реальных условиях включает множество неизвестных переменных, самый простой и определенный ответ основывается на паспортном, задокументированном быстродействии шины: производительность интерфейса USB выше.

Естественно, читатель, равно как и преподаватель, задавший студентам такой вопрос в тесте, могут с этим тезисом не согласиться. Многие считают (и это показали многочисленные тесты в реальных условиях), что, несмотря на задокументированную более высокую скорость интерфейса USB, интерфейс FireWire на самом деле более производительный. Поскольку я не люблю делать голословных утверждений, скажу, что, как и в любом другом компьютерном интерфейсе, на его производительность в конкретном случае влияет множество факторов, которые имели определенные значения при измерении паспортных характеристик интерфейсов. Все дело в том, что сами архитектуры интерфейсов USB и FireWire различаются, и никто не сможет предсказать реальные результаты сравнительных измерений в конкретных ситуациях.

Для тестирования производительности интерфейсов USB 2.0 и FireWire 400 я использовал внешний жесткий диск Maxtor емкостью 250 Гбайт со скоростью вращения шпинделя 7200 об/мин, поддерживающий оба этих интерфейса. Диск содержал один раздел FAT 32 и был заполнен наполовину. После этого я создал папку `TEMP`, в которую поместил видеофайл размером 300 Мбайт. Я специально выбрал слишком большой размер файла, чтобы он не смог поместиться в кэш ни системы, ни устройства.

После этого я подключал этот внешний диск к двум системам, содержащим интерфейсы USB 2.0 и FireWire 400. Характеристики этих систем следующие.

- **Система 1**. Настольный компьютер на базе процессора Pentium 4 3,6 ГГц, 1 Гбайт ОЗУ, Windows XP.
- **Система 2**. Ноутбук на базе процессора Pentium M 1,7 ГГц, 1 Гбайт ОЗУ, Windows XP.

Для тестирования пропускной способности я копировал файл и измерял время выполнения операции. Таким образом, во время операции файл считывался с внешнего устройства и записывался на него же, т.е. измерялась пропускная способность двустороннего обмена информацией по соответствующему интерфейсу. При этом я использовал две команды — `COPY` и `XCOPY` — по четыре раза подряд, записывая результаты только последних трех операций.

Примечание

Для измерения времени копирования можно использовать утилиту командной строки TimeIt. Утилита TimeIT.exe включена в инструментарий Windows Server 2003, ее также можно загрузить с сайта Microsoft:

`http://go.microsoft.com/fwlink/?linklb=4554`

Время копирования файла (в секундах) в настольной системе приведено в табл. 14.8.

Таблица 14.8. Приблизительное время копирования файла 300 Мбайт на настольном ПК с процессором 3,6 ГГц

Операция	При использовании USB 2.0 (секунды)	При использовании FireWire 400 (секунды)	Что быстрее?
COPY	20,67	23,32	USB на 12,82%
XCOPY	12,52	15,62	USB на 24,73%

Как видите, в быстродействующей настольной системе копирование файла показало превосходство интерфейса USB над FireWire от 13% (COPY) до 25% (XCOPY). Также обратите внимание на то, что в каждом из этих интерфейсов команда XCOPY выполняется быстрее, чем команда COPY, на 49–65%.

Результаты тестирования в более медленном ноутбуке приведены в табл. 14.9.

Таблица 14.9. Приблизительное время копирования файла 300 Мбайт на мобильном ПК с процессором 1,7 ГГц

Операция	При использовании USB 2.0 (секунды)	При использовании FireWire 400 (секунды)	Что быстрее?
COPY	30,50	24,13	FireWire на 26,37%
XCOPY	19,37	15,83	FireWire на 22,34%

Итак, копирование в более медленном ноутбуке показало более низкую производительность интерфейса USB по отношению к FireWire (от 22% (COPY) до 26% (XCOPY)). В любом из этих интерфейсов команда XCOPY выполняется быстрее, чем команда COPY, на 52–57%.

Так как же ответить на вопрос относительно того, какой из интерфейсов производительнее в реальных условиях? В нашем примере в настольной системе более быстрым оказался интерфейс USB 2.0, а в ноутбуке — FireWire 400. Но это еще не все. Я заметил одну интересную деталь: оказалось, что на производительность интерфейса USB 2.0 сильно влияет быстродействие самого компьютера, чего не скажешь об интерфейсе FireWire 400. В табл. 14.10 приведены сравнительные характеристики.

Таблица 14.10. Повышение быстродействия интерфейсов при копировании 300 -мегабайтного файла в настольном компьютере Pentium 4 3,6 ГГц по сравнению с ноутбуком Pentium M 1,7 ГГц

Операция	USB 2.0	FireWire 400
COPY	47,54%	3,49%
XCOPY	54,67%	1,37%

Итак, настольная система продемонстрировала на 48–55% лучшие показатели, чем портативная для интерфейса USB 2.0, и только на 1–3% лучшие — для FireWire 400. Другими словами, скорость передачи по интерфейсу FireWire оказалась примерно равной в обеих системах, несмотря на их различие в быстродействии. И это понятно, поскольку в архитектуре FireWire создается соединение “точка к точке”, не задействующее мощности компьютера. С другой стороны, в интерфейсе USB сам компьютер выступает в роли контроллера. Таким образом, благодаря архитектурным различиям интерфейсов FireWire и USB производительность процессора и всей системы оказывает гораздо большее влияние на USB, чем на FireWire.

Отметим еще одну интересную деталь. Сам метод копирования (COPY или XCOPY) оказал на результаты тестирования гораздо большее влияние, чем различие интерфейсов. Это выносит на повестку дня ряд вопросов. Какое влияние на показатели оказывает файловая система? Что будет, если отформатировать диск в системе NTFS, а не в FAT32? Что произойдет, если копироваться будет не один большой файл, а множество маленьких файлов? Какое влияние оказывает на быстродействие интерфейсов установленный в системе набор микросхем системной логики?

"Горячее" подключение (и отключение)

Поскольку внешние устройства USB и 1394 (FireWire) поддерживают "горячее" подключение, следует быть очень осторожным при отключении устройств, особенно, если речь идет об устройствах хранения данных. Чтобы избежать потери данных при работе с внешними накопителями и устройствами хранения, прежде чем отключить устройство, воспользуйтесь функцией безопасного извлечения устройств, щелкнув на соответствующем значке в области уведомлений. После этого щелкните на названии устройства, которое решили извлечь, и подождите, пока на экране не отобразится сообщение о том, что устройство можно извлечь.

Однако я регулярно извлекаю устройства, не обращаясь к функции безопасного извлечения, и это не приводит ни к каким последствиям. Так может быть, в безопасном извлечении устройств нет никакого смысла? Для того чтобы ответить на этот вопрос, позвольте рассказать вам, как работает кэширование в Windows и в устройствах.

Windows поддерживает кэширование записи, используя для этого системное ОЗУ. Данная технология используется в операционных системах на протяжении достаточно длительного времени. Для всех несъемных накопителей (например, внутренних жестких ATA) данная функция используется во всех версиях Windows начиная с версии 3.1 (`smartdrv.exe`), представленной в 1992 году. Разработанную Microsoft технологию порой называют *отложенной записью* (write-back caching).

В современных версиях Windows для управления кэшированием данных применяется диспетчер кэша. Это средство управляет кэшированием операций записи и регулярно очищает кэш для предотвращения потери данных. Кроме того, любое приложение, которое использует операции записи, может запросить выполнение данных операций с использованием отложенной записи. По умолчанию с целью предотвращения потери данных функция отложенной записи Windows отключена для съемных накопителей. Тем самым Microsoft решила проблему, которую назвала *неожиданным извлечением устройств*. Отложенная запись активизирована по умолчанию для внутренних устройств хранения данных (ATA или SATA), которые не могут быть неожиданно извлечены из компьютера. Отложенная запись также активна для некоторых производительных внешних устройств хранения, которые могут поддерживать "горячее" подключение, а могут и не поддерживать его. В данном случае речь идет, например, о внешних устройствах с интерфейсом eSATA или SCSI.

Многие полагают, что отложенная запись потенциально может привести к потере данных. В качестве примера наихудшего сценария можно привести отключение питания во время сохранения файла. Это определенно приведет к потере данных, которые не были сохранены на диске; более того, может оказаться поврежденным и весь файл. В подобных ситуациях очень кстати оказывается функция журналирования файловой системы NTFS (NT File system), и это одна из основных причин, по которым файловая система NTFS оказывается предпочтительнее файловой системы FAT (File Allocation Table).

Примечание

Если отключить питание при записи файла на устройство с файловой системой FAT, помимо потери файла, вы также столкнетесь с потерянными кластерами, перекрестными файлами и другими повреждениями файловой системы, которые могут привести к гораздо более серьезным потерям данных, а не только к потере файла, записываемого при возникновении проблемы. Однако, если отключить питание при работе с накопителем NTFS, файловая система вообще не будет повреждена. Конечно, независимо от используемой файловой системы, вы обязательно потеряете часть или все сохраняемые данные, поскольку даже при отключенной отложенной записи не сможете восстановить данные, которые никогда не сохранялись на диске.

В дополнение к кэшу Windows также существует встроенная кэш-память накопителя, которая по умолчанию активна для внутренних накопителей. В зависимости от конкретного оборудования и используемых драйверов данные функциональные возможности могут быть отключены Windows или могут управляться операционной системой. В данном случае на вкладке Policies (Политики) диспетчера устройства доступен параметр Enable Write Caching

on the Disk (Разрешить кэширование записи на диске), который позволяет Windows включать и отключать функцию кэширования устройства. Обратите внимание на описание параметра Enable Write Caching on the Disk (Разрешить кэширование записи на диске) в диалоговом окне:

```
"This setting enables write caching to improve disk performance,
 but a power outage or equipment failure might result in data
 loss or corruption."
 (Этот параметр включает кэширование записи для увеличения
 производительности диска, однако отключение питания может
 привести к потере данных.)
```

На мой взгляд, данное предостережение можно расценивать как отказ от гарантий, а не как предостережение о серьезной опасности. Правда состоит в том, что при сохранении файла во время перепадов с питанием с точки зрения потери данных разница между использованием кэширования записи и его отключения практически незаметна. Однако я должен сказать, что если система часто сталкивается со сбоями и отключением питания, то отключение отложенной записи в окне свойств может привести к меньшим потерям данных в целом ряде случаев.

В случае съемных устройств, таких как внешние накопители USB/FireWire, параметры отложенной записи можно изменять на вкладке Policies (Политики) в окне свойств, используя параметры Optimize for Quick Removal (Оптимизировать для быстрого извлечения) (отложенная запись отключена) или Optimize for Performance (Оптимизировать для быстродействия) (отложенная запись включена). Оптимизация для съемных носителей также приводит к отключению внутренней кэш-памяти накопителя. Стандартные настройки для внешнего накопителя USB представлены на рис. 14.18.



Рис. 14.18. Настройки кэширования записи и безопасного извлечения для внешних накопителей

Для внутренних накопителей данные параметры, как правило, не доступны (они затенены), что означает невозможность отключения отложенной записи или внутренней кэш-памяти подобных накопителей. Настройки внутренних накопителей, которые невозможно изменить, представлены на рис. 14.19.

Некоторые накопители поддерживают “горячую” замену, но характеризуются производительностью внутренних устройств. Например, мой ноутбук ThinkPad оснащен сменным отсеком, в который можно устанавливать целый ряд устройств, в том числе устройства с интер-

фейсом Parallel ATA и Serial ATA. При установке накопителя SATA по умолчанию задаются те же настройки, что и для внутренних накопителей, однако при необходимости их можно изменить. Настройки по умолчанию для накопителя, установленного в сменный отсек, представлены на рис. 14.20.

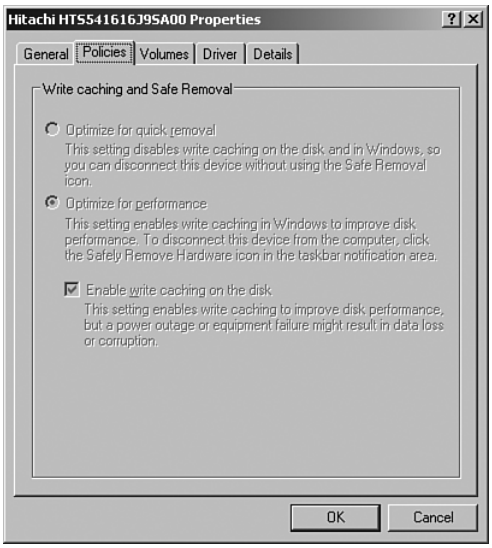


Рис. 14.19. Настройки кэширования записи и безопасного извлечения для внутренних накопителей

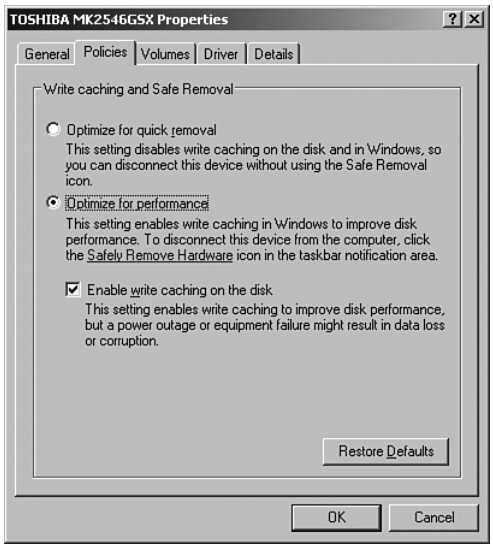


Рис. 14.20. Настройки кэширования записи и безопасного извлечения для накопителей, установленных в сменный отсек

Причина, по которой используются данные настройки, состоит в том, что для извлечения устройства вам потребуется нажать кнопку, что автоматически информирует систему об извлечении устройства; при этом автоматически осуществляется “безопасное” извлечение и очищается кэш-память.

В случае внешних накопителей доступные возможности могут различаться. Например, у меня есть внешний накопитель USB, и если для него задать параметр Optimize for Performance (Оптимизировать для быстродействия) (т.е. включить кэширование Windows), то флажок Enable Write Caching on the Disk (Разрешить кэширование записи на диске) (включение аппаратного кэширования записи) будет автоматически установлен и затенен. При этом появляется уведомление о том, что устройство не поддерживает отключение кэширования записи. Но у меня есть еще один внешний диск USB, для которого параметры кэширования записи не доступны, и еще один, для которого можно включить кэширование записи, однако после щелчка на кнопке OK флажок оказывается сброшенным, что означает невозможность включения кэширования записи для этого накопителя.

Для внутренних накопителей в большинстве случаев имеет смысл включать кэширование записи, чтобы обеспечить максимальное быстродействие. Для увеличения производительности внешних накопителей имеет смысл включить кэширование записи (Optimize for Performance (Оптимизировать для быстродействия)) и кэширование записи устройства (Enable Write Caching on the Disk (Разрешить кэширование записи на диске)), особенно если все тома накопителя отформатированы для файловой системы NTFS.

Низкоскоростные внешние подключения

Традиционно наиболее распространенными коммуникационными портами в любой компьютерной системе являются последовательные и параллельные порты, но в новых компьютерных системах на смену им пришел порт USB.

Последовательные порты (также известные как коммуникационные или COM-порты) изначально использовались для устройств, которым требовалось двунаправленное взаимодействие с системой. К таким устройствам относятся модемы, мыши, сканеры, дигитайзеры и другие типы устройств, которым необходимо не только получать данные от ПК, но и передавать их обратно. Параллельные порты изначально были разработаны как однонаправленные, хотя позже появились их двунаправленные реализации.

Задачи, традиционно выполняемые последовательными и параллельными портами, в настоящее время решаются более новыми типами портов, такими как USB и IEEE 1394 (FireWire), однако некоторые приложения до сих пор поддерживают только наследуемые порты.

Последовательные порты

Последовательный асинхронный интерфейс изначально создавался для обеспечения взаимодействия систем. Под *асинхронностью* понимается отсутствие сигнала синхронизации или тактовой частоты; таким образом, символы могут пересылаться по этому интерфейсу без какой-либо привязки ко времени.

Каждому символу, передаваемому через последовательное соединение, должен предшествовать стандартный стартовый сигнал, а завершать его передачу должен стоповый сигнал. Стартовый сигнал — это нулевой бит, называемый *стартовым битом*. Он должен сообщить принимающему устройству о том, что следующие 8 бит представляют собой байт данных. После символа передаются один или два *стоповых бита*, сигнализирующих об окончании передачи символа. В принимающем устройстве символы распознаются по появлению стартовых и стоповых сигналов, а не по моменту их передачи. Асинхронный интерфейс ориентирован на передачу символов (байтов), при этом примерно 20% информации используется только для идентификации каждого символа.

Термин *последовательный* означает, что передача данных осуществляется по одиночному проводнику, а биты при этом передаются последовательно, один за другим. Такой тип связи характерен для телефонной сети, в которой каждое направление обслуживает один проводник.

Расположение последовательных портов

Типичные системы включают в себя один или два последовательных порта, располагаемых обычно на задней панели системного блока. Существуют также компьютеры, созданные с учетом потребительских требований, содержащие последовательный порт цифровой камеры, расположенный на передней панели. Этот порт применяется для передачи данных из цифровых камер низшего класса. В современных конструкциях системных плат для управления встроенными последовательными портами этого типа используется высокоинтегрированная микросхема южного моста.

Для того чтобы увеличить количество последовательных портов, имеющихся в стандартной системе, следует приобрести *многопортовую плату ввода-вывода*, содержащую один или два последовательных, а также один или два параллельных порта.

Обратите внимание на то, что модемы, размещенные на платах, также включают в себя встроенный последовательный порт. На рис. 14.21 показан стандартный 9-контактный разъем, используемый многими современными внешними последовательными портами, а на рис. 14.22 — первоначальная версия стандартного 25-контактного разъема.

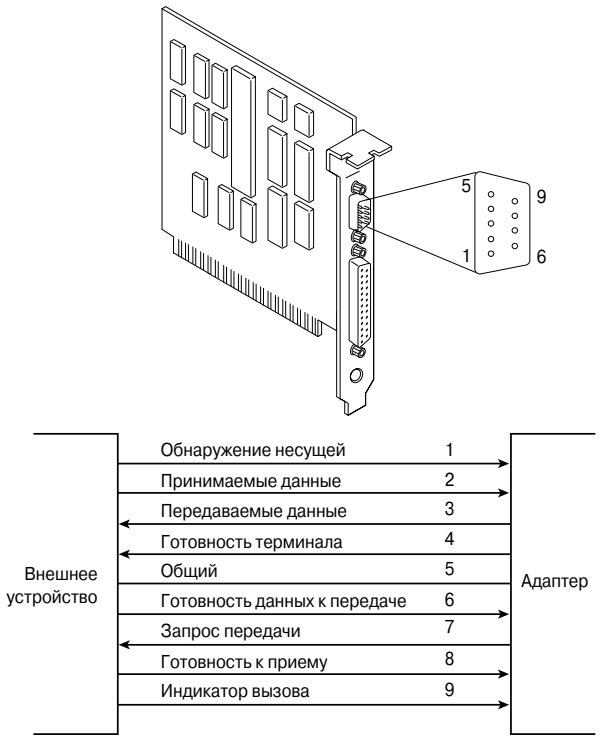


Рис. 14.21. Стандартный 9-контактный разъем последовательного порта типа AT

К последовательным портам можно подключить разнообразные устройства: модемы, плоттеры, принтеры, сканеры, другие компьютеры, устройства считывания штрих-кода и схему управления устройствами.

В официальных технических требованиях спецификации RS-232 рекомендуется максимальная длина кабеля не более 15 метров. Ограничивающим фактором является полная емкость кабеля и входных контуров интерфейса. Максимальная емкость определена на уровне 2500 пФ. Специально разработаны кабели с малой емкостью, их длина может достигать 150 метров и больше. Есть также усилители/повторители, которые позволяют еще больше увеличить длину кабеля.

Назначения выводов разъемов последовательных портов приведены в табл. 14.11 и 14.12, а соответствие выводов между 9- и 25-контактным разъемами — в табл. 14.13.

Таблица 14.11. Назначение выводов 9-контактного (AT) разъема последовательного порта

Вывод	Сигнал	Назначение	Тип вывода
1	CD	Обнаружение несущего сигнала	Вход
2	RD	Принимаемые данные	Вход
3	TD	Передаваемые данные	Выход
4	DTR	Готовность терминала	Выход
5	SG	Общий сигнал	---
6	DSR	Готовность данных к передаче	Вход
7	RTS	Запрос передачи	Выход
8	CTS	Готовность внешнего устройства к приему	Вход
9	RI	Индикатор вызова	Вход

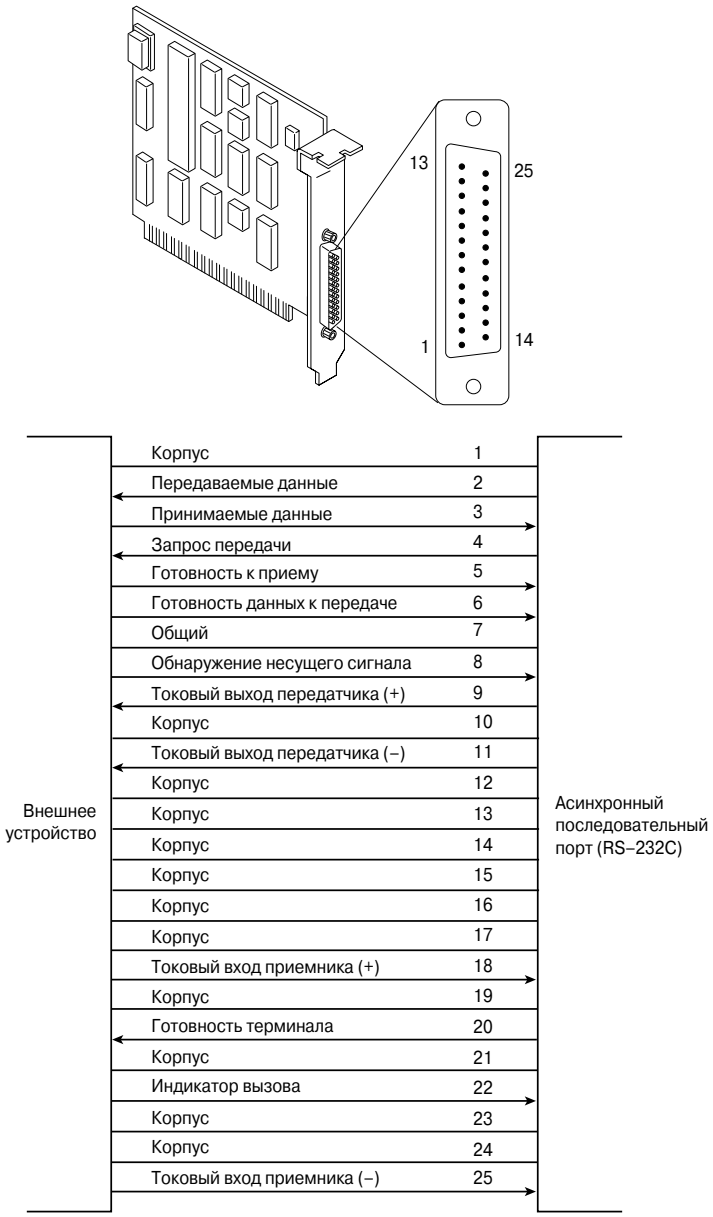


Рис. 14.22. Стандартный 25-контактный разъем последовательного порта

Таблица 14.12. Назначение выводов 25-контактного разъема последовательного порта

Вывод	Сигнал	Назначение	Тип вывода
1	---	Корпус	---
2	TD	Передаваемые данные	Выход
3	RD	Принимаемые данные	Вход
4	RTS	Запрос передачи	Выход
5	CTS	Готовность внешнего устройства к приему	Вход

Окончание табл. 14.12

Вывод	Сигнал	Назначение	Тип вывода
6	DSR	Готовность данных к передаче	Вход
7	SG	Общий сигнал	---
8	CD	Обнаружение несущего сигнала	Вход
9	---	Токовый выход передатчика (+)	Выход
11	---	Токовый выход передатчика (-)	Выход
18	---	Токовый вход приемника (+)	Вход
20	DTR	Готовность терминала	Выход
22	RI	Индикатор вызова	Вход
25	---	Токовый вход приемника (-)	Вход

Таблица 14.13. Соответствие выводов между 9- и 25-контактным разъемами

9-контактный разъем	25-контактный разъем	Сигнал	Назначение
1	8	CD	Обнаружение несущего сигнала
2	3	RD	Принимаемые данные
3	2	TD	Передаваемые данные
4	20	DTR	Готовность терминала
5	7	SG	Общий сигнал
6	6	DSR	Готовность данных к передаче
7	4	RTS	Запрос передачи
8	5	CTS	Готовность внешнего устройства к приему
9	22	RI	Индикатор вызова

Микросхема UART

Основой любого последовательного порта является микросхема UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter — универсальный асинхронный приемник/передатчик). С ее помощью осуществляется управление преобразованием данных из принятого от компьютера параллельного формата в последовательный и наоборот.

Конфигурация последовательных портов

Поступление в последовательный порт каждого очередного байта должно обязательно "привлекать внимание" компьютера. Осуществляется это подачей сигнала на линию запроса прерывания (IRQ). В 8-разрядной системной шине ISA предусмотрено восемь таких линий, а в 16-разрядной ISA — 16. Обычно запросы IRQ обслуживает микросхема контроллера прерываний типа 8259: в стандартной конфигурации для порта COM1 предназначена линия IRQ 4, а для COM2 — линия IRQ 3. Даже в самых современных системах конфигурация COM-портов осталась без изменений, что необходимо для совместимости со старыми версиями программного и аппаратного обеспечения.

При установке в компьютер последовательный порт необходимо настроить для использования конкретного адреса порта ввода-вывода и прерывания IRQ. Лучше всего при этом использовать стандарты, принятые для последовательных портов (табл. 14.14).

Таблица 14.14. Стандартные адреса ввода-вывода и прерывания для последовательных портов

Имя порта	Адрес порта	Прерывание
COM1	3F8h–3FFh	IRQ 4
COM2	2F8h–2FFh	IRQ 3
COM3	3E8h–3EFh	IRQ 4[1]
COM4	2E8h–2Efh[2]	IRQ 3[1]

1. Хотя порты COM3 и COM4 могут совместно с портами COM1 и COM2 использовать прерывания IRQ 3 и IRQ 4, не рекомендуется конфигурировать порты таким образом. Если необходимы дополнительные последовательные порты, то лучше установить COM3 на IRQ 5 или IRQ 10, а COM4 — на IRQ 11 (конечно, если эти прерывания IRQ не используются другими адаптерами).

Параллельные порты

Вначале параллельные порты использовались в основном для подключения принтера к компьютеру. Несмотря на столь узкую изначальную специализацию, параллельные порты стали применяться в качестве относительно быстрого интерфейса передачи данных (по сравнению с последовательными портами) между устройствами. Однако в современных системах они были практически вытеснены более быстродействующими портами USB 2.0, которые также позволяют подключать принтеры, сканеры и другие внешние устройства. Рекомендуется использовать порт USB вместо параллельного, за исключением тех случаев, когда старая операционная система или старая модель принтера этого не позволяет.

В параллельных портах для одновременной передачи байта информации используются восемь линий. Раскладка выводов стандартного параллельного порта приведена в табл. 14.15.

Таблица 14.15. Стандартный 25-контактный разъем параллельного порта

Вывод	Сигнал	Тип вывода	Вывод	Сигнал	Тип вывода
1	Строб (–)	Выход	14	Автоматический перевод строки (–)	Выход
2	Данные, бит 0 (+)	Выход	15	Ошибка (–)	Вход
3	Данные, бит 1 (+)	Выход	16	Инициализация принтера (–)	Выход
4	Данные, бит 2 (+)	Выход	17	Выбор входа (–)	Выход
5	Данные, бит 3 (+)	Выход	18	Данные, возврат бита 0 (–)/Общий	Вход
6	Данные, бит 4 (+)	Выход	19	Данные, возврат бита 1 (–)/Общий	Вход
7	Данные, бит 5 (+)	Выход	20	Данные, возврат бита 2 (–)/Общий	Вход
8	Данные, бит 6 (+)	Выход	21	Данные, возврат бита 3 (–)/Общий	Вход
9	Данные, бит 7 (+)	Выход	22	Данные, возврат бита 4 (–)/Общий	Вход
10	Подтверждение (–)	Вход	23	Данные, возврат бита 5 (–)/Общий	Вход
11	Занятость (+)	Вход	24	Данные, возврат бита 6 (–)/Общий	Вход
12	Закончилась бумага (+)	Вход	25	Данные, возврат бита 7 (–)/Общий	Вход
13	Выбор (+)	Вход			

Стандарт IEEE 1284

Этот стандарт был окончательно утвержден в марте 1994 года. В нем определены физические характеристики параллельных портов (режимы передачи данных и т.д.). Кроме того, в стандарте IEEE 1284 описан характер изменения внешних сигналов, поступающих на многорежимные параллельные порты компьютера, т.е. на порты, которые могут работать в 4- и 8-разрядном режимах, а также в режимах EPP и ECP. Хотя не все режимы определены в спецификации 1284, стандарт обеспечивает поддержку и дополнительных режимов.

Изначально IEEE 1284 был выпущен для стандартизации форм сигналов, с помощью которых компьютер "общается" с подключаемыми устройствами, в частности с принтером, тем не менее, он интересен и для производителей периферийных устройств, подключаемых к параллельным портам (дисководов, сканеров и др.).

Стандарт IEEE 1284 касается только устройств и управления линией и не влияет на то, как программное обеспечение взаимодействует с портом. Было разработано расширение исходного стандарта 1284, определяющее программный интерфейс. Для разработки программного обеспечения, используемого совместно с IEEE 1284-совместимым устройством, был сформирован комитет IEEE 1284.3. Соответствующий стандарт содержит спецификацию, описывающую поддержку режима EPP (Enhanced Parallel Port) через системную BIOS.

Стандартом IEEE 1284 предусмотрена более высокая пропускная способность соединения между компьютером и принтером или двумя компьютерами. Для реализации этой возможности стандартный кабель принтера не подходит. Стандартом IEEE 1284 для принтера предусмотрена витая пара.

В стандарте IEEE 1284 определены также новые разъемы. Разъем типа A определен как штыревой DB25, разъем типа B — как Centronics 36. Разъем типа C является разъемом высокой плотности. Такие разъемы (типа C) устанавливаются на некоторых принтерах, например производства Hewlett-Packard. Разъемы всех трех типов показаны на рис. 14.23.

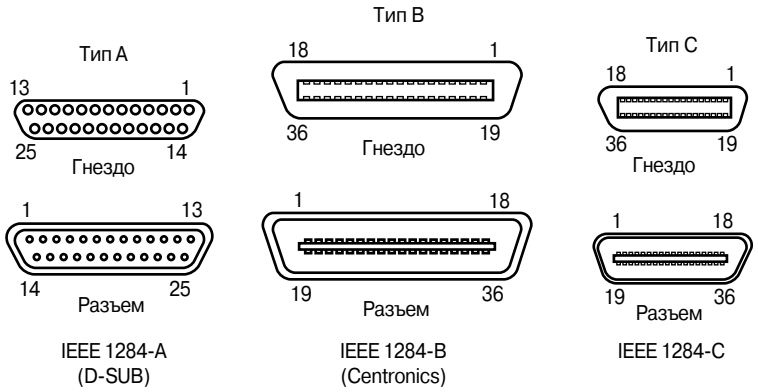


Рис. 14.23. Разъемы, определенные в стандарте IEEE 1284

Стандарт IEEE 1284 определяет пять режимов работы параллельного порта, которые комбинируются в порты четырех типов (табл. 14.16).

Таблица 14.16. Типы портов IEEE 1284

Тип параллельного порта	Режим ввода	Режим вывода	Комментарии
Стандартный параллельный порт (SPP)	Полубайтовый	Совместимый	4-битовый ввод, 8-битовый вывод
Двунаправленный	Байтовый	Совместимый	Ввод-вывод по 8 бит
Усовершенствованный параллельный порт (EPP)	EPP	EPP	Ввод-вывод по 8 бит
Порт с расширенными возможностями (ECP)	ECP	ECP	Ввод-вывод по 8 бит; используется прямой доступ к памяти

Определяемые стандартом IEEE 1284 режимы приведены в табл. 14.17.

Таблица 14.17. Режимы IEEE 1284

Режим параллельного порта	Направление	Скорость передачи, Кбайт/с
Полубайтовый (4 бит)	Только ввод	50
Байтовый (8 бит)	Только ввод	150
Совместимый	Только вывод	150
EPP	Ввод-вывод	500–2770
ECP	Ввод-вывод	500–2770

Каждый из данных типов портов описан в следующих разделах.

Стандартные параллельные порты

Старые системы не могли похвастаться большим количеством доступных параллельных портов. Единственным доступным портом был параллельный порт, предназначенный для передачи данных от компьютера к устройству, такому как принтер. Однонаправленная архитектура первого параллельного порта для ПК полностью соответствует его основному использованию — передаче данных на принтер. Однако в некоторых случаях был необходим двунаправленный порт, например, для получения информации от принтера, что было стандартным методом работы принтеров PostScript. Первая реализация параллельного порта не позволяла обеспечить двунаправленную передачу данных.

Хотя он никогда не предназначался для ввода, четыре сигнальные линии были изначально зарезервированы для потенциального ввода 4-битовых данных. Таким образом, параллельные порты могут осуществлять вывод 8-битовых (один байт) данных (в так называемом совместимом режиме), а также ввод 4-битовых данных (так называемый слоговый режим). Подоб-

ные режимы поддерживаются настольными системами начального уровня. Системы, созданные после 1993 года, оснащены более функциональными параллельными портами, такими как двунаправленные порты, а также порты EPP или ECP.

Стандартные параллельные порты способны обеспечить вывод данных со скоростью данных 150 Кбайт/с и ввод данных со скоростью данных 50 Кбайт/с.

Двунаправленные (8-битовые) параллельные порты

Представив семейство компьютеров PS/2 в 1987 году, компания IBM также представила двунаправленный параллельный порт. Данные порты широко распространены в современных ПК; они могут быть обозначены как двунаправленные, порты типа PS/2 или расширенные параллельные порты. Данная архитектура порта позволила обеспечить взаимодействие компьютера и периферийных устройств через параллельный порт. Все это стало возможно благодаря задействованию контактов, которые раньше не использовались. При этом специальный бит состояния определяет, в каком именно направлении передается информация. Благодаря эту возможен 8-битовый (байтовый режим) ввод данных.

Данные порты способны осуществлять 8-битовый ввод иди вывод данных, используя восемь стандартных линий данных, что гораздо быстрее, чем при использовании 4-битовых портов и внешних устройств. Двунаправленные порты обеспечивают скорость передачи 150 Кбайт/с как при выводе, так и при вводе данных. В большинстве новых систем подобный режим работы является стандартным.

Усовершенствованный параллельный порт (EPP)

Это новый тип параллельного порта, который иногда называют быстродействующим. Порт EPP (Enhanced Parallel Port) разработан компаниями Intel, Xircom и Zenith Data Systems и представлен в октябре 1991 года. Первыми устройствами, использующими возможности усовершенствованного параллельного порта, были портативные компьютеры компании Zenith Data Systems, сетевые адаптеры от Xircom и микросхема Intel 82360 SL I/O.

Усовершенствованный параллельный порт работает практически на всех скоростях, поддерживаемых шиной ISA, и предлагает десятикратное увеличение пропускной способности по сравнению с обычным параллельным портом. Этот тип портов разработан специально для таких подключаемых к параллельному порту устройств, как сетевые адаптеры, дисководы и накопители на магнитной ленте. EPP соответствует требованиям нового стандарта IEEE 1284 для параллельных портов и передает данные со скоростью до 2,77 Мбайт/с. Версия 1.7 порта EPP, выпущенная в марте 1992 года, была первой популярной версией, определяющей требования к аппаратному обеспечению. Эта версия не поддерживает стандарт IEEE 1284. В некоторой технической документации ошибочно ссылаются на EPP версии 1.9 как на некий стандарт EPP. Запомните: версии 1.9 EPP не существует, а все спецификации EPP, вышедшие после версии 1.7, являются частью стандарта IEEE 1284.

К сожалению, это вылилось в сосуществование двух несовместимых стандартов: EPP версии 1.7 и IEEE 1284. Однако благодаря тому, что они довольно похожи друг на друга, начался выпуск периферийного оборудования, поддерживающего оба стандарта, но в некоторых случаях устройства для EPP 1.7 могут не работать с портами IEEE 1284. По этой причине многие порты, поддерживающие несколько режимов, могут быть сконфигурированными в BIOS и позволяют выбрать либо режим EPP 1.7, либо EPP 1.9.

Порт с расширенными возможностями (ECP)

Другой тип высокоскоростного параллельного порта, называемый *портом с расширенными возможностями* (Enhanced Capabilities Port — ECP), разработан компаниями Microsoft и Hewlett-Packard и представлен в 1992 году. Подобно EPP, этот порт обладает повышенной производительностью и требует для своей работы специальной логики устройств.

Порт с расширенными возможностями соответствует требованиям стандарта IEEE 1284. Однако, в отличие от EPP, он не является портом, специально разработанным для подключе-

ния устройств к PC-совместимым компьютерам. Основная цель разработки и выпуска этого типа параллельных портов — поддержка недорогого подключения высокоскоростных принтеров и сканеров. Еще одним отличием ECP от EPP является то, что режим работы первого из них требует использования канала прямого доступа к памяти, который никак не определен в EPP, что зачастую приводит к конфликтам, связанным с устройствами, которые также используют прямой доступ к памяти (например, звуковыми картами ISA или ISA-контроллерами SCSI). Большинство компьютеров, выпущенных начиная с середины 1990-х годов, поддерживает оба режима: EPP и ECP. При использовании устройств с параллельным интерфейсом рекомендуется режим ECP (или комбинированный режим, известный как ECP/EPP) для повышения пропускной способности.

Конфигурация параллельных портов

Параллельные порты отличаются значительно более простой конфигурацией, чем последовательные. Даже в BIOS первой модели IBM PC было предусмотрено три порта LPT. В табл. 14.18 приведены стандартные адреса ввода-вывода и установки прерываний для параллельных портов.

Таблица 14.18. Стандартные адреса ввода-вывода и прерывания параллельных портов

Стандартный порт	Альтернативный порт	Ввод-вывод	Прерывание
LPT1	---	3BCh–3BFh	IRQ 7
LPT1	LPT2	378h–37Ah	IRQ 5
LPT2	LPT3	278h–27Ah	IRQ 5

Поскольку в BIOS и DOS всегда определены три параллельных порта, проблемы даже в старых компьютерах возникают редко.

ГЛАВА 15

Устройства ввода

Клавиатуры

Клавиатура — одно из важнейших устройств компьютера, используемое для ввода в систему команд и данных. В этом разделе рассматриваются типы клавиатур для PC-совместимых компьютеров. Речь идет о принципах их работы, взаимодействии с другими частями системы, а также о поиске и устранении неисправностей.

За время, прошедшее с момента выпуска первой модели PC, компания IBM разработала три типа компьютерных клавиатур, и еще одну — Microsoft. Они стали промышленными стандартами, которых придерживаются практически все производители совместимого оборудования.

Существуют такие основные типы клавиатур:

- 83-клавишная клавиатура PC и XT;
- 84-клавишная клавиатура AT;
- 101-клавишная расширенная клавиатура;
- 104-клавишная расширенная клавиатура Windows.

Рассмотрим устройство, раскладку символов и внешний вид каждой из них. Поскольку сегодня наиболее распространены 101- и 104-клавишная расширенные клавиатуры, основное внимание будет уделено именно им.

Расширенная 101-клавишная клавиатура

В 1986 году IBM выпустила расширенную 101-клавишную клавиатуру для новых моделей XT и AT. Эта клавиатура впервые появилась в RISC-компьютерах RT PC компании IBM. Теперь такая клавиатура поставляется фактически с каждой системой и терминалом IBM. Многие компании моментально скопировали эту модель, и очень скоро она стала стандартной для всех PC-совместимых систем, пока с выходом Windows 95 не появилась 104-клавишная клавиатура Windows.

Раскладка этой универсальной клавиатуры лучше 84-клавишной, за исключением, возможно, одного: клавиша <Enter> стала меньше. 101-клавишная клавиатура разработана в соответствии с международными требованиями и правилами. Фактически компании Digital Equipment Corporation (DEC) и Texas Instruments (TI) уже использовали клавиатуры, аналогичные 101-клавишной модели IBM. Первоначально эти устройства выпускались как со светодиодными индикаторами, так и без них, в зависимости от того, для какого компьютера (XT или AT) они предназначались. Сегодня существует великое множество вариантов клавиатур, в том числе и с интегрированными устройствами позиционирования (манипуляторами), сенсорными планшетами и "горячими" клавишами, которые программируются на решение определенных задач.

Существует несколько вариантов расширенной клавиатуры, но все они взаимозаменяемы и имеют аналогичные электрические параметры. IBM и ее дочерняя компания Lexmark, специализирующаяся на производстве клавиатур и принтеров, выпускают множество разновидностей этой клавиатуры, в том числе со встроенными устройствами позиционирования и новыми раскладками. Большинство расширенных клавиатур этого типа подключается к компьютеру с помощью 5-контактного разъема DIN, но в новых вариантах чаще используется 6-кон-тактный разъем mini-DIN, который устанавливается во многих системах, например PS/2.

Несмотря на различие разъемов, сами клавиатуры идентичны; при желании можно заменить их соединительные кабели или использовать переходной разъем. Некоторые клавиатуры, продаваемые в розницу, поставляются в комплекте с адаптером. Во многих клавиатурах наравне со стандартным разъемом mini-DIN есть и порт USB, позволяющий подключить клавиатуру к любой новой системе.

Расширенная 101-клавишная клавиатура может быть условно разделена на следующие области:

- область печатных символов;
- дополнительная цифровая клавиатура;
- область управления курсором и экраном;
- функциональные клавиши.

Раскладка 101-клавишной клавиатуры аналогична раскладке клавиатуры пишущей машинки Selectric (за исключением клавиши <Enter>). Клавиши <Tab>, <Caps Lock>, <Shift> и <Backspace> больше всех остальных по размеру и расположены так же, как и на пишущей машинке. Клавиши <Ctrl> и <Alt> размещаются по обе стороны от клавиши пробела.

Клавиши управления курсором образуют отдельную группу. Дополнительная цифровая клавиатура предназначена для ввода чисел; как и в других PC-клавиатурах, ее можно использовать для управления курсором при отключенном режиме Num Lock. На дополнительную цифровую клавиатуру добавлена клавиша знака деления (</>) и еще одна клавиша <Enter>.

Клавиши управления курсором расположены в виде перевернутой буквы "T". Над ними расположены клавиши <Insert>, <Delete>, <Home>, <End>, <PageUp> и <PageDown>. Функциональные клавиши, объединенные в группы по четыре, расположены в верхней части клавиатуры. Кроме того, введены две дополнительные функциональные клавиши (<F11> и <F12>), а клавиша <Esc> расположена в верхнем левом углу. Для выполнения самых распространенных операций предусмотрены специальные клавиши <PrintScreen/SysReg>, <Scroll Lock> и <Pause/Break>.

В двуязычных вариантах расширенной клавиатуры установлены 102 клавиши, и их раскладка несколько иная, чем в американской версии.

Одно из самых полезных нововведений в современных клавиатурах — возможность использования съемных колпачков. Это позволяет заменять сломанные клавиши, а также упрощает чистку и локализацию клавиатуры. Многие производители выпускают шаблоны для клавиатуры, в которых предусмотрены специальные инструкции.

104-клавишная клавиатура Windows

Когда компания Microsoft выпустила Windows 95, она также представила и клавиатуру Microsoft Natural Keyboard, в которой была реализована обновленная спецификация, содержащая три новые клавиши, используемые при работе с Windows.

Компания Microsoft выпустила спецификацию клавиатуры Windows, содержащую новые клавиши и их комбинации. Клавиатура, подобная 101-клавишной, выросла до 104-клавишной (рис. 15.1) с дополнительными левой и правой Windows-клавишами и клавишей <Application> (приложение). Они могут использоваться для получения комбинаций клавиш на уровнях операционной системы или приложения подобно комбинациям с <Ctrl> и <Alt> на 101-клавишной клавиатуре. Собственно, для работы с Windows 95/98 и Windows NT/2000 не требуется новых клавиш, но разработчики программного обеспечения наделили специфическими функциями Windows-приложения, в которых будет использоваться новая клавиша <Application> (она выполняет те же функции, что и правая кнопка мыши). Следует отметить, что общего стандарта на эти клавиши не существует, поэтому их расположение различается в разных моделях клавиатур.

В стандартной раскладке клавиатуры Windows клавиша пробела укорочена, две клавиши Windows расположены слева и справа (<WIN>), а клавиша <Application> — справа. Клавиши <WIN> вызывают меню Пуск, по которому можно перемещаться с помощью клавиш управления курсором. Клавиша <Application> эквивалентна нажатию правой кнопки мыши; в большинстве приложений она позволяет перейти к контекстно-зависимому меню. Несколько комбинаций с клавишей <WIN> связаны с макрокомандами. Например, нажимая комбинацию клавиш <WIN+E>, можно запустить программу Проводник (Windows Explorer). В табл.15.1 перечислены все новые комбинации клавиш, используемые в Windows.

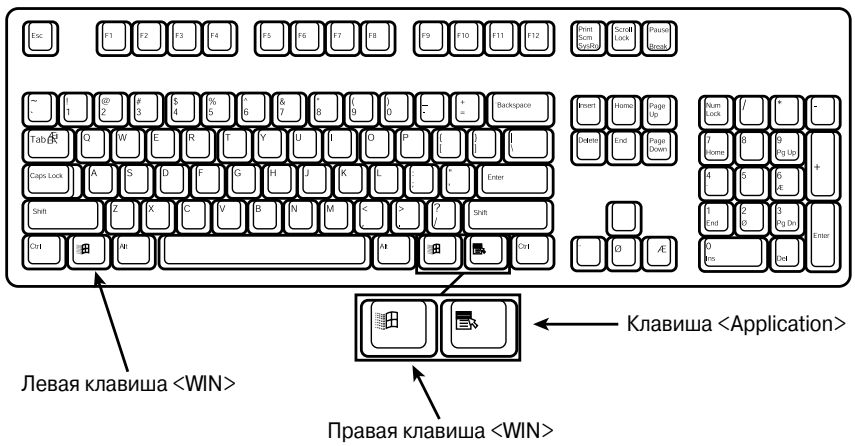


Рис. 15.1. 104-клавишная клавиатура Windows

Таблица 15.1. Комбинации клавиш в Windows 9x/Me/2000/XP

Комбинация клавиш	Назначение
<WIN+R>	Отображение диалогового окна Запуск программы
<WIN+M>	Минимизация всех окон
<Shift+WIN+M>	Отмена минимизации
<WIN+D>	Минимизация всех окон или отмена минимизации
<WIN+F1>	Вызов справки по Windows
<WIN+E>	Запуск программы Проводник
<WIN+F>	Поиск файлов или папок
<Ctrl+WIN+F>	Поиск компьютера

Окончание табл. 15.1

Комбинация клавиш	Назначение
<WIN+Tab>	Циклическое переключение кнопок на панели задач
<WIN+Break>	Отображение диалогового окна свойств системы
Клавиша приложения	Вывод контекстного меню для выбранного элемента

Использовать клавиши <WIN> не обязательно. По сути, существующие комбинации клавиш выполняют те же самые функции. Кроме того, необходимость постоянно держать руки на клавиатуре и использовать комбинации клавиш, актуальна только для опытных пользователей, которые, в отличие от остальных, реже используют мышь.

Спецификация клавиатуры Windows требует, чтобы производители увеличили количество трилограмм. *Трилограмма* — это комбинация трех одновременно нажимаемых клавиш, например <Ctrl+Alt+Del>, предназначенная для выполнения некоторой специальной функции. Сама по себе разработка клавиатуры, которая обеспечивала бы корректную обработку трилограмм, требует дополнительных затрат, а это приведет к увеличению ее стоимости.

Некоторые производители добавили на клавиатуру клавиши для работы с веб-браузером, упрощающие процесс навигации по веб-страницам и запуска разнообразных приложений; однако универсального стандарта на такие клавиши не существует.

Устройство клавиатуры

В этом разделе речь пойдет об устройстве обычной клавиатуры, ее подключении к системному блоку, о переходниках и скан-кодах.

Конструкции клавиш

В современных клавиатурах используется несколько типов клавиш. В большинстве клавиатур установлены механические переключатели, в которых происходит замыкание электрических контактов при нажатии клавиш. В некоторых клавиатурах высокого класса используются бесконтактные емкостные датчики. В этом разделе описываются разные типы переключателей и подробно рассматривается конструкция каждого из них.

Наиболее широко распространены контактные клавиатуры. Существуют следующие их разновидности:

- с механическими переключателями;
- с замыкающими накладками;
- с резиновыми колпачками;
- мембранные.

Механические переключатели

В механических переключателях (рис. 15.2) происходит замыкание металлических контактов. В них для создания "осязательной" обратной связи зачастую устанавливается дополнительная конструкция из пружины и смягчающей пластинки. При этом ощущается сопротивление клавиши и слышится щелчок.

Механические переключатели очень надежны, их контакты обычно самоочищающиеся. Они выдерживают до 20 млн. срабатываний и стоят вторыми по долговечности после емкостных датчиков. Обратная связь у них просто превосходная.

Клавиатуры с механическими переключателями, несмотря на свою долговечность и тактильную обратную связь, значительно менее распространены, чем мембранные клавиатуры, которые рассматриваются несколько ниже. Многие компании, занимающиеся производством клавиатур, используют механические переключатели только в некоторых дорогостоящих моделях. Резкое уменьшение стоимости клавиатур, а также других традиционных устройств (например, мыши или дисковода) заставило производителей значительно снизить затраты,

что привело к прекращению или перепрофилированию их производства в пользу менее дорогих мембранных клавиатур.

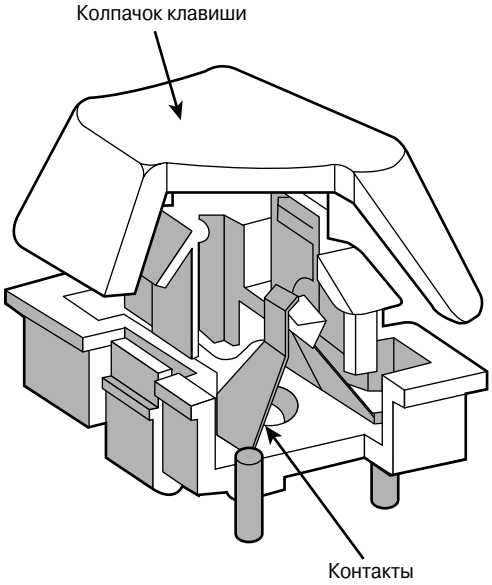


Рис. 15.2. Типичный механический переключатель, используемый в клавиатурах NMB. При нажатии клавиши происходит замыкание контактов

Механические переключатели компании Alps Electric используются многими производителями клавиатур механического типа, в том числе и самой Alps Electric. Также к числу производителей относятся компании Adesso, Inc. (`www.adessoinc.com`), Avant Prime и Stellar, продукция которых конкурирует с классическими клавиатурами Northgate (`www.ergonomicsmadeeasy.com`), Kinesis (`www.kinesis-ergo.com`) и SIIG (`www.siig.com`). Большая часть продукции этих производителей реализуется на рынке OEM, поэтому, просматривая подробные спецификации, обращайте внимание на то, не является ли та или иная клавиатура моделью с механическими переключателями.

Замыкающие накладки

Клавиши с замыкающими накладками широко применялись в старых клавиатурах. Они использовались в большинстве старых совместимых клавиатур компании Key Tronic и др. В них прокладка из пористого материала с приклеенной снизу фольгой соединяется с кнопкой клавиши (рис. 15.3).

При нажатии клавиши фольга замыкает печатные контакты на плате. Когда клавишу отпускают, пружина возвращает ее в исходное положение. При этом пористая прокладка смягчает удар, но клавиатура становится слишком "мягкой". Основной недостаток этой конструкции — отсутствие щелчка при нажатии (нет обратной связи), поэтому в системах с такой клавиатурой часто приходится программным образом выводить на встроенный динамик компьютера какие-нибудь звуки, свидетельствующие о наличии контакта. Ощущения от работы на них сугубо индивидуальные (лично мне эти клавиатуры не нравятся).

Еще один недостаток такой конструкции состоит в том, что она весьма чувствительна к коррозии фольги и загрязнению контактов на печатной плате. Если это происходит, нажимать клавишу иногда приходится несколько раз, что, конечно же, действует на нервы. К счастью, чистить такую клавиатуру гораздо проще, чем другие. Можно снять печатную плату и

получить доступ сразу ко всем накладкам, а не вынимать каждую клавишу в отдельности. После этого можно почистить накладки и саму плату — клавиатура будет как новенькая. Правда, через некоторое время ее снова придется чистить. Предотвратить коррозию и улучшить электрический контакт можно с помощью специального состава Stabilant 22a компании D.W. Electrochemicals (`www.stabilant.com`). Из-за отмеченных выше недостатков клавиатуры этого типа сейчас практически не используются; им на смену пришли конструкции с резиновыми колпачками.

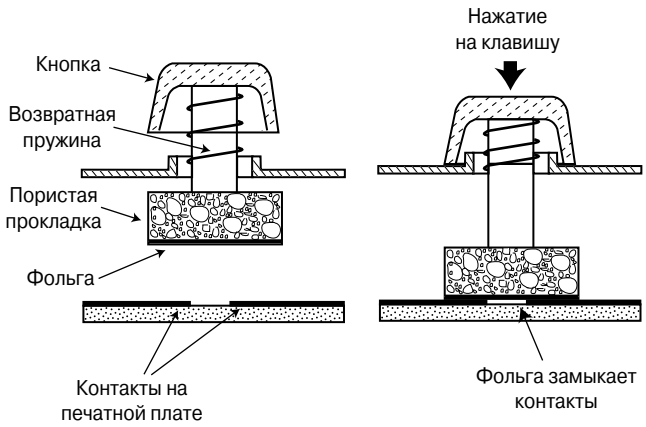


Рис. 15.3. Конструкция клавиши с замыкающей накладкой из фольги

Компания Key Tronic, наиболее известный производитель клавиатур на основе этой технологии, в настоящее время использует в конструкциях среднего и высшего уровней технологию мембранных переключателей с центрированием контактных пластин. Поэтому клавиатуры с замыкающими накладками, по всей видимости, могут встретиться только в очень старых системах.

Резиновые колпачки

Клавиатура с резиновыми колпачками похожа на предыдущую конструкцию, но превосходит ее во многих отношениях. Вместо пружины в ней используется резиновый колпачок с замыкающей вставкой из той же резины, но с угольным наполнителем. При нажатии клавиши шток надавливает на резиновый колпачок, деформируя его. Деформация колпачка сначала происходит упруго, а затем он проваливается. При этом угольный наполнитель замыкает проводники на печатной плате. При отпускании резиновый колпачок принимает первоначальную форму и возвращает клавишу в исходное состояние.

Замыкающие вставки изготавливают из очищенного угля, потому они не подвержены коррозии и сами по себе очищают металлические контакты, к которым прижимаются. Колпачки обычно прессуются все вместе в виде листов резины, покрывающих плату целиком и защищающих ее от пыли, грязи и влаги. Количество деталей в такой конструкции минимально. Все это обеспечивает высокую надежность клавиатуры и ее широкое распространение.

Мембранная клавиатура

Эта клавиатура является разновидностью предыдущей, но в ней нет отдельных клавиш: вместо них используется лист с разметкой, который укладывается на пластину с резиновыми колпачками. При этом ход каждой клавиши ограничен, и такая клавиатура не годится для обычной печати. Но, поскольку рассматриваемая клавиатура состоит фактически из трех пластин и минимума других деталей, она может оказаться незаменимой в экстремальных условиях. Мембранные клавиатуры часто используются в пультах управления (станками, агрегатами и т.п.), т.е. там, где не нужно вводить большие объемы данных.

Тем не менее мембранные клавиатуры используются не только в промышленности или в ресторанах быстрого питания. В течение последних лет мембранные переключатели со стандартными колпачками клавиш полностью вытеснили клавиатуры с резиновыми колпачками, получив при этом широкое распространение на рынке клавиатур низшего и среднего классов. Несмотря на то что срок жизни дешевых мембранных переключателей ограничен 5–10 млн. нажатий, лучшие модели выдерживают до 20 млн. нажатий, что доказывает надежность переключателей такого типа (рис. 15.4). Некоторые клавиатуры с мембранными переключателями еще более долговечные. Например, клавиатуры серии G8x производства компании Cherry (`www.cherrycorp.com`) выдерживают до 50 млн. нажатий.

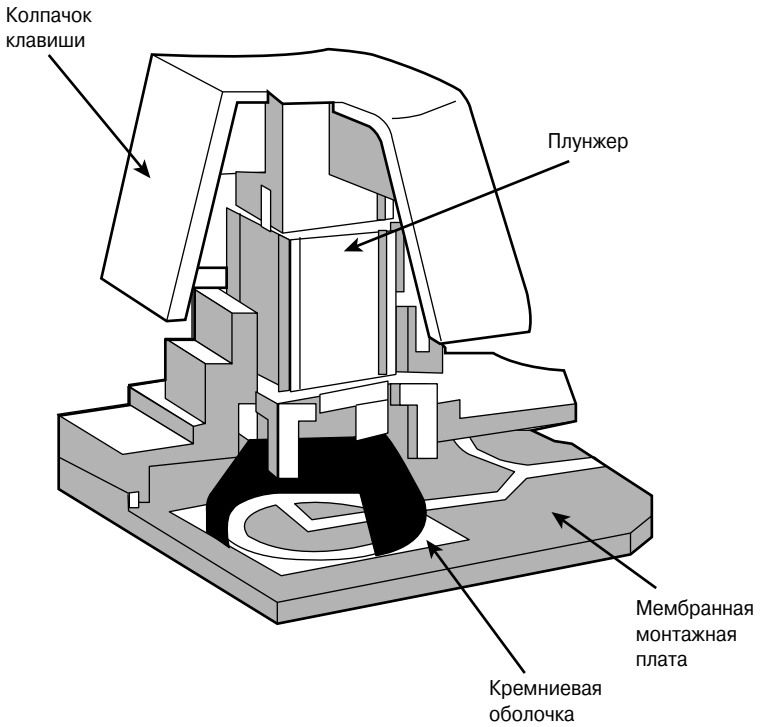


Рис. 15.4. Типичный мембранный переключатель, используемый в клавиатурах NMB

Мембранные клавиатуры обеспечивают более надежный и жесткий контакт, чем клавиатуры с резиновыми колпачками или устаревшие клавиатуры с замыкающими накладками, но по чувствительности уступают механическим или емкостным переключателям. Единственным исключением является серия клавиатур, разработанных компанией Key Tronic на основе технологии мембранных переключателей с центрированием контактных пластин. Их особенностью является технология Ergo, определяющая пять уровней удельной силы (от 35 до 80 г), которые зависят от относительной силы пальцев, нажимающих ту или иную клавишу. Так, например, чтобы нажать клавишу мизинцем левой руки (клавишу <Q>, <Z> или <A>), требуется усилие, равное 35 г. Для тех клавиш, которые используются другими пальцами, сила нажатия будет больше. Максимальное усилие приходится на клавишу пробела — 85 г. Для сравнения: стандартное усилие нажатия любых клавиш обычной клавиатуры равно 55 г (рис. 15.5). Для получения дополнительной информации, относящейся к клавиатурам Ergo, обратитесь на сайт компании KeyTronicEMS (`www.keytronic.com`).

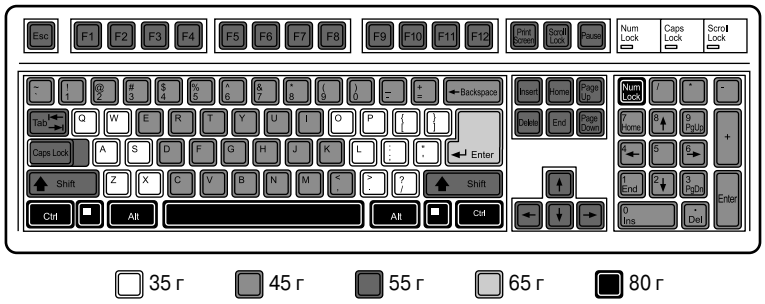


Рис. 15.5. Уровни силы для клавиатуры KeyTronic EMS, созданной на основе технологии Ergo

Пожалуй, наиболее распространенным типом мембранных клавиатур является “Модель M” от IBM/Lexmark, которая сочетает в себе легендарный механизм деформирующихся пружин IBM с высококачественными мембранными переключателями. Чтобы выбрать наилучшую мембранную клавиатуру из огромного числа существующих на рынке, следует в первую очередь обратить внимание на долговечность используемых переключателей. Надежные переключатели, хотя и увеличивают себестоимость клавиатуры, продлевают срок ее службы.

Емкостные датчики

Этот тип клавиатур входил в состав первых систем IBM PC, XT и AT. В них емкостные переключатели сочетаются с механизмом деформирующихся пружин, что обеспечивает высокую производительность и отличную обратную связь. Емкостные датчики являются единственным существующим в настоящее время немеханическим переключателем (рис. 15.6). Несмотря на то что движения клавиш механичны по своей природе, на самом деле они не замыкают и не переключают контакты. Из-за высокой себестоимости таких клавиатур компания IBM в середине 1980-х годов переключилась на выпуск мембранных клавиатур с механизмом *деформирующихся пружин* (buckling spring). Независимо от типа самих переключателей, сам механизм деформирующихся пружин считается одним из лучших в мире, именно он издает тот самый щелчок, который свидетельствует о срабатывании клавиши.

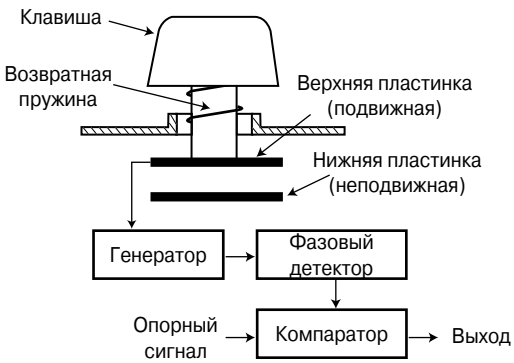


Рис. 15.6. Клавиша с емкостным датчиком

В емкостных датчиках нет замыкающихся контактов. Их роль выполняют две смещающиеся относительно друг друга пластинки и специальная схема, реагирующая на изменение емкости между ними. Клавиатура представляет собой набор таких датчиков.

При нажатии клавиши шток смещает верхнюю пластинку ближе к неподвижной нижней. Деформированная пружина слегка изгибается, после чего скачкообразно выгибается дугой и

ударяет по пластмассовой стенке (в этот момент слышится характерный щелчок), при этом сопротивление клавиши нажатию резко снижается. Когда верхняя пластинка приближается к нижней, емкость между ними увеличивается, что регистрируется схемой компаратора, установленной в клавиатуре.

Обратная связь механизма деформирующихся пружин так и осталась непревзойденной, поскольку относительно громкий щелчок и обратная отдача повышают скорость и точность печати. Единственным недостатком этой технологии является относительно высокая стоимость. Все клавиатуры, использующие данный механизм (будь то с емкостными или мембранными переключателями), относятся к верхнему ценовому сегменту. Однако их качество и долговечность сторицей окупают все затраты.

Несмотря на то что в старых клавиатурах IBM использовались емкостные датчики, тенденция к снижению себестоимости привела к тому, что в большинстве клавиатур, выпускаемых сегодня IBM, используются мембранные и прочие недорогие переключатели. В 1991 году из IBM выделилось подразделение Lexmark, специализирующееся на принтерах и клавиатурах, из которого, в свою очередь, в 1996 году выделилось подразделение Unicomp, занимающееся клавиатурами. Сегодня компания Unicomp выпускает под маркой IBM клавиатуры с механизмом деформирующихся пружин и мембранными переключателями. В качестве бонуса некоторые клавиатуры имеют встроенный механизм позиционирования TrackPoint.

Клавиатура EnduraPro/104 выделяется знаменитым механизмом деформирующихся пружин, встроенным устройством позиционирования TrackPoint и портом мыши mini-DIN. Она обладает широким диапазоном программируемых настроек и при этом не требует специальных драйверов. Непревзойденный механизм деформирующихся пружин (и характерный щелчок) привлек меня в лагерь ярых поклонников клавиатур от IBM (ныне — от Unicomp). Особенно мне нравится то, что при использовании механизма позиционирования TrackPoint не приходится снимать руки с клавиатуры, что существенно повышает производительность работы.

Лично я считаю их наилучшими клавиатурами в мире и единственными, которыми хочется пользоваться в настольных системах.

Интерфейс клавиатуры

Клавиатура состоит из набора переключателей, объединенных в матрицу. При нажатии клавиши процессор, установленный в самой клавиатуре, определяет координаты нажатой клавиши в матрице. Кроме того, процессор клавиатуры определяет продолжительность нажатия и может обработать даже одновременное нажатие нескольких клавиш. В клавиатуре установлен буфер емкостью 16 байт, в который заносятся данные при слишком быстрых или одновременных нажатиях. Затем эти данные в соответствующей последовательности передаются в систему.

Обычно при нажатии клавиш возникает дребезжание, т.е. контакт устанавливается не сразу, а после нескольких кратковременных замыканий и размыканий. Процессор, установленный в клавиатуре, должен подавлять это дребезжание и отличать его от двух последовательных нажатий одной и той же клавиши. Сделать это довольно просто, поскольку переключение контактов при дребезжании происходит гораздо быстрее, чем при нажатии клавиши пользователем.

Клавиатура ПК фактически представляет собой небольшой компьютер, связанный с основной системой одним из двух способов:

- с помощью специального последовательного канала передачи данных при использовании штекера PS/2;
- через порт USB.

Связь с системным блоком осуществляется через последовательный канал, данные по которому передаются по 11 бит, причем восемь из них собственно данные, а остальные — синхронизирующие и управляющие. Хотя это полноценный последовательный канал связи (данные передаются по одному проводнику), он не совместим со стандартным последовательным портом RS-232, который часто используется для подключения модемов.

В клавиатурах первых моделей PC использовался микроконтроллер 8048, а в более новых компьютерах применяется микросхема 8049 со встроенной памятью ROM или другие микросхемы, совместимые с контроллером 8048 или 8049. Например, в расширенной клавиатуре IBM всегда использовался специализированный вариант процессора 6805 компании Motorola, совместимый с микросхемами Intel. Встроенный процессор клавиатуры сканирует матрицу переключателей, устраняет дребезжание, вырабатывает при нажатии клавиши соответствующий скан-код и передает его на системную плату. Этот процессор имеет свою память, иногда небольшую память ROM и встроенный последовательный интерфейс.

В компьютере PC/XT последовательный интерфейс клавиатуры соединен с микросхемой 8255 *программируемого периферийного интерфейса* (Programmable Peripheral Interface — PPI) на системной плате. Эта микросхема, в свою очередь, подключена к контроллеру прерываний через линию IRQ 1, которая используется для сигнализации о том, что данные с клавиатуры доступны. Сами данные из микросхемы 8255 передаются в процессор через порт ввода-вывода с адресом 60h. Сигнал на линии IRQ 1 заставляет процессор компьютера перейти к подпрограмме обработки прерываний (INT 9h), которая интерпретирует скан-коды клавиатуры и определяет дальнейшие действия.

В компьютерах типа AT последовательный интерфейс клавиатуры подключен к специальному контроллеру клавиатуры на системной плате. В качестве такого контроллера используется микросхема 8042 *универсального интерфейса периферийных устройств* (Universal Peripheral Interface — UPI). Этот микроконтроллер фактически является еще одним процессором со встроенными ROM емкостью 2 Кбайт и RAM на 128 байт. Существует версия с микроконтроллером 8742, в котором используется микросхема EPROM; такой микроконтроллер позволяет стирать информацию и записывать ее заново. В комплекты ROM для модернизации старых системных плат входили и новые микросхемы контроллеров клавиатуры, поскольку в них есть свои микросхемы ROM, которые тоже должны быть модифицированы. В некоторых компьютерах можно использовать микросхемы 8041 и 8741, которые отличаются только емкостью встроенной памяти. В то же время в современных системах контроллер клавиатуры интегрирован в набор микросхем системной логики.

В системах AT микроконтроллер, установленный в клавиатуре (типа 8048), пересылает данные в контроллер клавиатуры (типа 8042) на системной плате; возможна также передача данных в обратном направлении. Когда контроллер на системной плате принимает данные от клавиатуры, он выдает запрос по цепи IRQ 1 и передает данные главному процессору через порт ввода-вывода с адресом 60h (как и в PC/XT). Играя роль посредника между клавиатурой и главным процессором, контроллер клавиатуры типа 8042 может также преобразовывать скан-коды и выполнять другие функции. Данные могут передаваться контроллеру 8042 через тот же порт 60h, после чего он пересылает их в клавиатуру. Кроме того, если необходимо передать команды или проверить состояние контроллера клавиатуры на системной плате, может быть использован порт ввода-вывода с адресом 64h. Передача команд обычно сопровождается пересылкой данных в одном из направлений через порт 60h.

В большинстве старых систем контроллер 8042 используется также для управления шиной адреса A20 при обращении к памяти, объем которой больше одного мегабайта. В современных системных платах эта функция возложена непосредственно на процессор и набор микросхем системной платы. Разъем клавиатуры AT был переименован в PS/2 после того, как в 1987 году было выпущено семейство компьютеров IBM PS/2. Именно тогда произошел переход от разъема DIN к mini-DIN; несмотря на то, что сигналы остались прежними, в дальнейшем версию mini-DIN стали называть PS/2.

Клавиатура, подключенная к порту USB, работает практически так же, как и при подключении к традиционному порту DIN или mini-DIN. Микросхемы контроллера, установленные в клавиатуре, используются для получения и интерпретации данных перед тем, как они будут переданы через порт USB в систему. Некоторые микросхемы включают в себя логическую часть концентратора USB, что позволяет клавиатуре работать непосредственно в качестве

концентратора USB. При получении данных от клавиатуры порт USB передает их на 8042-совместимый контроллер, который обрабатывает данные так же, как и любую другую информацию от клавиатуры.

Описанный процесс осуществляется уже после загрузки Windows. Но что же происходит в том случае, если пользователю приходится обращаться к клавиатуре при работе в командной строке или при конфигурировании системной BIOS? Как уже отмечалось, для работы с клавиатурой USB в режиме MS-DOS необходима поддержка технологии USB Legacy в BIOS.

Автоматическое повторение

Если удерживать нажатой какую-либо клавишу, возникает эффект *автоматического повторения*, т.е. клавиатура начинает непрерывно посылать на системную плату код нажатой клавиши. В клавиатуре AT можно регулировать частоту автоматического повторения, подавая соответствующие команды на ее процессор. В клавиатуре PC/XT этого сделать нельзя, так как интерфейс клавиатуры однонаправленный.

В клавиатурах AT существует возможность программной настройки частоты повторного набора символов и степень задержки. Настройка осуществляется с помощью системной BIOS (хотя некоторые микросхемы BIOS не поддерживают всех необходимых функций) или операционной системы. В Windows нужно открыть панель управления и щелкнуть на значке Клавиатура либо использовать команду `MODE`. В настройках можно задать скорость автоматического повторения от 2 до 30 символов в секунду и задержку от 0,25 до 1 секунды.

Для ускорения работы с клавиатурой я задаю максимальную частоту повторения (30 символов в секунду) и минимальную задержку (0,25 секунды). Такой режим можно определить с помощью следующей команды:

```
MODE CON: RATE=31 DELAY=0
```

Аналогично для снижения реакции клавиатуры можно задать минимальную частоту повторения (2 символа в секунду) и максимальное время задержки (1 секунду).

```
MODE CON: RATE=0 DELAY=3
```

Команда `MODE CON:` без задания параметров позволяет узнать текущие настройки клавиатуры. Настройки можно изменить и в диалоговом окне свойств клавиатуры панели управления (рис. 15.7). Ползунок Задержка перед началом повтора позволяет определить время нажатия клавиши, после которого символ начнет автоматически повторяться; ползунок Скорость повтора определяет частоту, с которой символы начинают автоматически повторяться по истечении времени ожидания.

Примечание

Деления на шкалах ползунков Задержка перед началом повтора и Скорость повтора соответствуют значениям параметров `RATE` и `DELAY` команды `MODE`. Каждое деление на шкале задержки соответствует 0,25 секунды, а на шкале скеорости повтора — одному символу в секунду.

В диалоговом окне также находится текстовое поле, посредством которого можно проверить измененные параметры до их применения в системе. Щелкните на текстовом поле, затем нажмите и удерживайте любую клавишу, после чего ввод символов будет осуществляться в соответствии с параметрами, определенными выше с помощью специальных ползунков.

Номера клавиш и скан-коды

При нажатии клавиши встроенный в клавиатуру процессор (8048 или 6805) определяет координаты замкнутого переключателя в матрице. После этого он передает на системную плату последовательный пакет данных, содержащий *скан-код* нажатой клавиши.

Это называется *кодом активизации*. Когда клавиша возвращается в первоначальное состояние, отправляется *код останова*, указывающий системной плате на то, что клавиша отпущена. Код останова аналогичен коду активизации плюс 80h. Например, если код активиза-

ции для клавиши <A> — 1Eh, то код останова будет 9Eh. С помощью этих кодов система определяет конкретную нажатую клавишу или комбинацию нескольких одновременно нажатых клавиш.

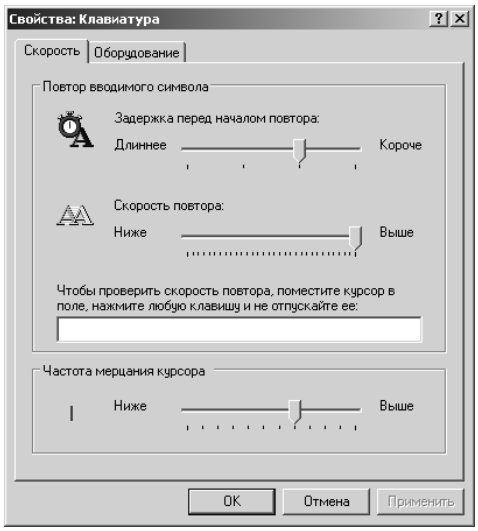


Рис. 15.7. Указание задержки перед началом повтора и скорости повтора для клавиатуры Windows

В компьютере AT контроллер клавиатуры 8042 преобразует текущий скан-код в один из предусмотренных в системе скан-кодов и направляет его в главный процессор компьютера. Иногда нужно знать эти скан-коды, особенно при поиске неисправностей в клавиатуре или при необходимости непосредственно прочитать скан-код в программе.

Когда клавиша "залипает" или выходит из строя, диагностическая программа, например процедура самоконтроля POST, обычно сообщает ее скан-код. Это означает, что вам придется идентифицировать конкретную клавишу по ее скан-коду. Зная скан-код неисправной клавиши, с помощью этих таблиц можно определить, какая клавиша вышла из строя или нуждается в чистке.

Примечание

Для 101-клавишной (расширенной) клавиатуры используются три набора скан-кодов, причем по умолчанию устанавливается набор 1. В некоторых компьютерах, включая PS/2, при выполнении процедуры POST используется один из двух других наборов скан-кодов. Например, в компьютере IBM P75 в процессе выполнения POST используется набор 2, а во время обычной работы — набор 1. И хотя подобное случается редко, это необходимо знать, если возникнут трудности при интерпретации скан-кода.

В клавиатурах IBM каждой клавише назначается уникальный номер, что позволяет отличать ее от остальных. Эти номера нужно знать для идентификации клавиш на иностранных клавиатурах, где на них могут быть нанесены другие символы. В расширенных клавиатурах и в большинстве других моделей исключена одна клавиша (№ 29), но установлены две другие (№ 42 и 45); в результате общее их количество возросло до 102.

Примечание

Номера клавиш и соответствующие им скан-коды могут быть использованы для устранения проблем, связанных с поломкой или "залипанием" клавиш. Диагностическая программа выводит скан-код поврежденной клавиши, позволяющий однозначно идентифицировать ее.

Существует множество "горячих" клавиш, которые в расширенных клавиатурах и клавиатурах USB могут использоваться как для выполнения определенных операций (например, за-

пуска браузера, перевода системы в режим ожидания, регулировки уровня громкости акустической системы), так и функций, определяемых пользователем. Каждая "горячая" клавиша имеет собственный скан-код. Клавиатуры USB используют специальный набор кодов Human Interface Device (HID), преобразованных в скан-коды стандарта PS/2.

Международные раскладки клавиатуры и языки

После того как контроллер клавиатуры в системе получит скан-коды, сгенерированные клавиатурой, и передаст их на главный процессор, операционная система преобразует коды в соответствующие алфавитно-цифровые символы. Ими, например, являются буквы, цифры и другие символы, находящиеся на стандартной американской клавиатуре.

Однако, независимо от изображенного на клавише символа, довольно просто настроить процедуру преобразования скан-кода для назначения клавишам других символов. В Windows можно установить несколько раскладок клавиатур для поддержки различных языков.

Используя различные раскладки клавиатуры, можно набирать тексты на разных языках. Например, для набора текста на французском языке необходимо установить раскладку символов с диакритическими знаками, на немецком — раскладку символов с умляутами, а на русском — раскладку с кириллическими символами. Кроме того, несколько раскладок может использоваться и для одного языка. Так, например, в различных странах, где жители говорят на французском языке, приняты разные соглашения относительно расположения на клавиатуре букв французского алфавита. Поэтому для некоторых языков Windows включает несколько различных раскладок клавиатуры.

Примечание

Важно понять, что добавление новой раскладки — это не то же самое, что установка операционной системы, локализованной для другого языка. Добавление новой раскладки клавиатуры не изменяет текст, уже набранный и отображенный на экране; оно только изменяет коды символов, вводимых с клавиатуры.

Альтернативные раскладки клавиатуры также не обеспечивают поддержку алфавитов, основанных не на латинице, таких, например, как русский или китайский. Символы с диакритическими знаками и другие, используемые в таких языках, как французский и немецкий, — часть стандартного набора символов кода ASCII. К ним можно получить доступ с помощью программы Таблица символов или комбинации <Alt+клавиша цифровой клавиатуры>. Альтернативная раскладка клавиатуры просто облегчает использование символов, характерных для того или иного языка.

Если в документах используется несколько языков, можно устанавливать все требующиеся раскладки клавиатуры по мере необходимости и переключаться между ними. После щелчка на индикаторе языка, расположенном на панели задач, открывается меню, позволяющее переключить язык. А во вкладке Язык можно указать комбинацию клавиш, которая позволит переключаться между установленными раскладками клавиатуры.

Разъемы для подключения клавиатуры и мыши

Клавиатуры выпускаются с кабелями, на концах которых может быть один из трех типов разъемов. Речь идет о том конце кабеля, который подсоединяется к системному блоку (в большинстве клавиатур другой конец кабеля подключен внутри корпуса, и, чтобы его отключить и проверить, нужно разобрать корпус). В клавиатурах IBM изначально использовался кабель с разъемными соединениями на обоих концах, что намного упрощало его замену. К сожалению, в современных клавиатурах IBM больше не используется разъемный кабель со штекером SDL или подобным телефонному.

Независимо от метода подключения кабеля к клавиатуре (или вообще отсутствия такового в беспроводных моделях), второй конец кабеля (или беспроводный ретранслятор) подключается к системному блоку с помощью одного из штекеров:

- **5-контактный DIN**, применяемый в PC-совместимых компьютерах с системными платами Baby-AT;
- **6-контактный mini-DIN** (часто называемый PS/2, так как впервые был использован в компьютерах семейства IBM PS/2);
- **USB**, используемый в клавиатурах с этим интерфейсом.

На рис. 15.8 показаны внешний вид и расположение контактов в этих разъемах, а в табл. 15.2 приведены сигналы, подаваемые на эти контакты (за исключением USB). Несмотря на то что стандартный разъем SDL не используется в указанной форме большинством производителей клавиатур, аналогичный разъем может применяться в клавиатурах для подключения кабеля. Табл. 15.2 можно использовать в данном случае для проверки согласования контактов на обоих концах кабеля.

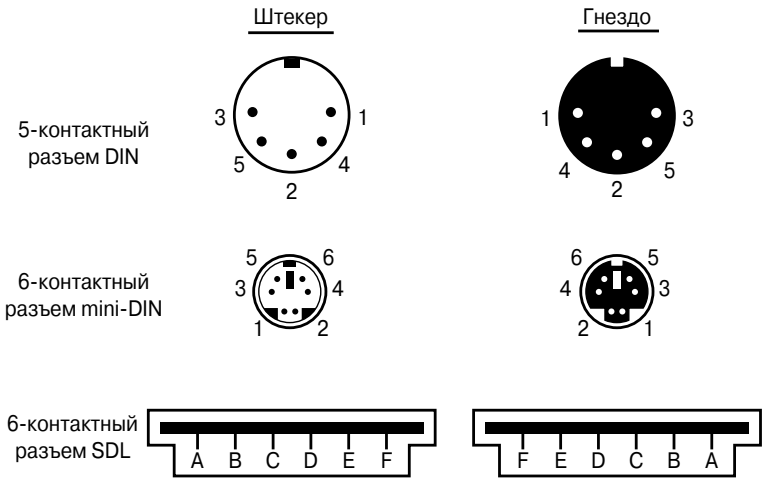


Рис. 15.8. Разъемы клавиатуры и мыши

Таблица 15.2. Сигналы на разъемах клавиатуры

Сигнал	5-контактный DIN	6-контактный mini-DIN	6-контактный SDL	Тестовое напряжение, В
Данные с клавиатуры	2	1	B	От +4,8 до 5,5
Общий	4	3	C	—
+5 В	5	4	E	От +2,0 до +5,5
Синхронизация клавиатуры	1	5	D	От +2,0 до +5,5
Не соединен	—	2	A	—
Не соединен	—	6	F	—
Не соединен	3	—	—	—

DIN — стандарт, созданный Немецким институтом стандартизации измерений.

SDL — тип экранированного разъема, созданный AMP и используемый IBM и другими компаниями для подключения кабеля к клавиатуре.

6-контактный разъем mini-DIN иногда называют PS/2.

Для подключения мыши к системной плате устанавливается 6-контактный разъем mini-DIN, расположение и назначение выводов которого такое же, как и у разъема клавиатуры, но структура передаваемых данных другая. Это означает, что вы можете нечаянно подключить мышь к разъему mini-DIN, предназначенному для клавиатуры, и наоборот. В этом случае ни одно из данных устройств работать не будет.

Предупреждение

Мне приходилось видеть компьютеры с внешними источниками питания, в которых для подключения клавиатуры и источника питания предусматривался один и тот же стандартный разъем mini-DIN. Хотя путаница с разъемами mini-DIN клавиатуры и мыши не принесет никакого вреда, подключение источника питания к разъему клавиатуры приведет к непоправимым последствиям.

В современных компьютерах для подключения клавиатуры USB к встроенному порту USB используется USB-разъем типа A. Более подробную информацию о шине USB см. в главе 14.

Клавиатуры с интерфейсом USB

В последнее время становятся все более популярными клавиатуры, подключаемые к компьютеру с помощью универсальной последовательной шины USB вместо стандартных портов клавиатуры и мыши. Поскольку USB является универсальной шиной, она с успехом может заменить обычные параллельные и последовательные порты, а также порты клавиатуры и мыши. В настоящее время все системы пока еще выпускаются и с USB, и со стандартными портами. Однако в последнее время появились так называемые компьютеры "legacy-free", в которых отсутствуют устаревшие конструктивные элементы, в том числе стандартные порты клавиатуры и мыши. Для подключения внешних устройств в них используются только порты USB.

Практически все производители клавиатур и устройств позиционирования выпускают USB-устройства. Клавиатура Natural Keyboard Elite, созданная в компании Microsoft, стала первой широко распространенной моделью, которая обеспечивала поддержку портов как USB, так и PS/2. В настоящее время аналогичными характеристиками обладают также проводные и беспроводные модели от Microsoft, Logitech, Belkin и других компаний. Кроме того, можно приобрести адаптеры USB-to-PS/2, выпускаемые сторонними компаниями, но эти устройства отличаются высокой стоимостью и работают далеко не со всеми моделями клавиатур.

Не все системы могут нормально работать с клавиатурой USB, поскольку стандартная BIOS поддерживает только стандартную клавиатуру, подключенную к порту клавиатуры. При использовании исключительно клавиатуры USB в подобных системах не только могут появляться сообщения об ошибках при загрузке, но возможна даже полная остановка.

Для использования клавиатуры, подключенной к универсальной последовательной шине, необходимо обеспечить следующие условия:

- в системе должен быть установлен порт USB;
- на компьютере должна быть установлена операционная система Windows 98 или более новая, которая поддерживает клавиатуры USB;
- поддержка режима USB Legacy должна осуществляться на уровне системной BIOS и наборов микросхем системной логики.

Поддержка *USB Legacy* означает, что набор микросхем системной платы и драйверы ROM BIOS позволяют использовать клавиатуру USB вне среды пользовательского графического интерфейса Windows. Практически все системы, выпускаемые с 1998 года, содержат BIOS с поддержкой режима USB Legacy, хотя по умолчанию эта поддержка может быть отключена.

Режим USB Legacy позволяет использовать клавиатуру USB практически в любых ситуациях, но, несмотря на это, отказываться от клавиатуры со стандартным портом еще рано. Если система оснащена портами клавиатуры и мыши PS/2, их можно будет использовать при запуске диагностических утилит, обновлении BIOS системной платы или для устранения неполадок в работе клавиатур и мышей USB. Мне также приходилось использовать клавиатуры и мыши при установке устаревших версий Windows на современных системах в связи с отсутствием нормальной поддержки USB до установки драйверов. Настоящие специалисты по устранению неполадок ПК всегда имеют в своем распоряжении клавиатуру и мышь PS/2.

При возникновении каких-либо проблем, связанных с USB Legacy, воспользуйтесь одной из следующих рекомендаций:

- чтобы получить данные об используемом аппаратном обеспечении, обратитесь к базе данных Microsoft Knowledge Base;
- получите новые драйверы у изготовителя клавиатуры;
- попробуйте установить обновленную версию BIOS, которую можно получить у производителя системной платы или микросхемы BIOS;
- подключите клавиатуру к порту PS/2 через соответствующий адаптер или воспользуйтесь клавиатурой PS/2, пока не найдете решение этой проблемы.

Клавиатуры с дополнительными функциональными возможностями

Существуют клавиатуры, отличающиеся от стандартных дополнительными функциональными возможностями. Они могут быть как простыми (со встроенными калькулятором и часами), так и сложными (со встроенными устройствами позиционирования (манипуляторами), особой раскладкой или формой и возможностью перепрограммирования клавиш).

Примечание

В 1936 году Август Дворак запатентовал упрощенную раскладку клавиатуры, которая и получила его имя. Клавиатура Дворака предназначалась для замены стандартной раскладки QWERTY, используемой до сегодняшнего дня практически на всех клавиатурах. В 1982 году клавиатура Дворака была предложена в качестве стандарта ANSI, однако получила весьма ограниченное распространение.

Эргономичная клавиатура

С конца 1990-х годов наметилась тенденция к изменению формы клавиатуры вместо изменения раскладки клавиш. В результате было выпущено несколько так называемых *эргономичных* конструкций, учитывающих естественное положение рук во время набора. Как правило, в таких конструкциях клавиатура преломлялась в центре, разворачивая клавиши под прямым углом к естественному положению кистей рук при наборе. В некоторых моделях (например, Goldtouch от Lexmark и Kinesis Maxim) угол разворота можно было изменять. В остальных эргономичных клавиатурах (таких, как Microsoft Natural, PC Concepts Wave и Cirque Smooth Cat) угол разворота был фиксированным. Эргономичная конструкция позволяла повысить производительность и избежать опасности некоторых хронических заболеваний, таких как туннельный кистевой синдром. Некоторыми производителями предлагались и более радикальные конструкции, такие как клавиатуры Comfort и ErgoMagic из трех частей и трансформируемые в трехмерном пространстве клавиатуры Kinesis. Хорошим источником информации об эргономичных клавиатурах является сайт Ergonomic Resources (`www.eergonomicsmadeeasy.com`).

В целом использование таких клавиатур весьма заманчиво, но пользователи слишком консервативны, и ни одна из новых моделей еще не смогла серьезно потеснить на рынке клавиатуры традиционного дизайна. Если эргономичная клавиатура слишком дорога для вашего бюджета, а кистевой туннельный синдром не за горами, приобретите кистевой держатель или гелиевую подставку, присоединяемую к клавиатуре. Таким образом, можно сэкономить на покупке эргономичной клавиатуры.

Поиск неисправностей и ремонт клавиатуры

Ошибки клавиатуры чаще всего вызваны двумя простыми причинами (могут возникнуть и более сложные ошибки, однако это происходит довольно редко):

- неисправный кабель;
- “залипающие” клавиши.

Многие старые клавиатуры имеют заменяемые кабели. Такой кабель при возникновении ошибки легко отсоединить и заменить другим. Если произошел полный отказ клавиатуры, т.е.

нажатие любой клавиши вызывает ошибку или ввод некорректных символов, наиболее вероятным источником проблемы является кабель. В этом случае попробуйте снять кабель с заведомо работающей клавиатуры и заменить им существующий. Если проблема исчезла, значит, источник проблемы — кабель, и его нужно заменить. Если клавиатура так и не заработала, источник проблемы кроется в чем-то другом.

Большинство современных клавиатур имеет несъемные кабели, по крайней мере не отсоединяемые с внешней стороны. В некоторых случаях можно разобрать клавиатуру и посмотреть, не вставлен ли кабель в разъем внутри корпуса. К сожалению, кабели клавиатуры не продаются в розничной торговле отдельно, так что единственным источником замены может стать другая клавиатура, что иногда экономически невыгодно.

Если кабель съемный, можно проверить в нем соединения с помощью цифрового мультиметра, предварительно отсоединив кабель от клавиатуры. Проверить его будет значительно проще, если в мультиметре предусмотрен режим пробника со звуковым сигналом. При проверке каждого проводника слегка покачивайте концы кабеля, проверяя устойчивость контакта. Обнаружив разрыв одного из проводников, замените кабель или всю клавиатуру (если это будет дешевле). Из-за низкой стоимости клавиатуры иногда лучше заменить все устройство, чем заказывать новый кабель (разумеется, если клавиатура не дорогой модели). Для клавиатуры модели "M" от IBM сменные кабели можно заказать на сайте `www.clickykeyboards.com`.

Более подробно об использовании мультиметра речь пойдет в главе 20.

Часто первое сообщение о неисправности клавиатуры появляется во время выполнения процедуры POST. Код ошибки при этом обычно начинается с цифры 3. Если появилось такое сообщение, запишите код ошибки. В некоторых BIOS выводится не код ошибки, а что-нибудь наподобие "Keyboard stuck key failure".

Подобное сообщение при "залипании" клавиши выводит BIOS компании Phoenix. К сожалению, по такому сообщению нельзя определить, какая именно клавиша неисправна.

Если перед кодом ошибки (`XX 3xx`) стоит двузначное шестнадцатеричное число, значит, это и есть скан-код неисправной клавиши. С помощью таблиц можно определить, какой клавише соответствует конкретный скан-код. Снимите колпачок с подозрительной клавиши и прочистите контактирующие поверхности — в большинстве случаев этого бывает достаточно.

Определить неисправность разъема клавиатуры на системной плате можно, измерив напряжения на некоторых контактах. Чтобы избежать повреждения клавиатуры или системного блока, выключите компьютер. Затем отсоедините клавиатуру и включите питание. Проверьте напряжения между общим проводом и остальными контактами (см. рис. 15.8). Если все напряжения находятся в указанных в табл. 15.2 пределах, значит, узлы на системной плате, имеющие отношение к клавиатуре, исправны.

Если измеренные напряжения отличаются от указанных, возможно, вышла из строя системная плата. В противном случае неисправность следует искать в кабеле или клавиатуре. Попробуйте подсоединить к системному блоку заведомо работающую клавиатуру; если нормальная работа не возобновится, значит, все-таки вышла из строя материнская плата и ее нужно заменить.

В некоторых новых компьютерах цепь питания разъемов клавиатуры и мыши на системной плате защищена плавким предохранителем, который можно заменить. Посмотрите, нет ли на системной плате поблизости от разъемов клавиатуры или мыши какого-нибудь предохранителя. В некоторых компьютерах контроллер клавиатуры (например, 8042) установлен в гнезде, т.е. является съемным. В этом случае можно отремонтировать схему управления клавиатурой на системной плате, просто заменив микросхему контроллера. Поскольку в этих микросхемах есть встроенная память ROM, для замены лучше покупать микросхему у производителя системной платы или BIOS. Если системная плата содержит впаянную микросхему контроллера клавиатуры или набор микросхем, в котором контроллер клавиатуры интегрирован с другими микросхемами ввода-вывода, системную плату придется заменить.

Разборка клавиатуры

Несмотря на то что разборка клавиатуры возможна, учитывая предельно малую стоимость новых клавиатур и большую трудоемкость процесса, вам вряд ли захочется этим заниматься.

Чистка клавиатуры

Чтобы поддерживать клавиатуру в рабочем состоянии, ее необходимо прочищать. Для профилактики рекомендуется раз в неделю (или хотя бы раз в месяц) чистить ее пылесосом, при этом лучше использовать мягкую щетку. Вместо пылесоса для выдувания пыли и грязи можно использовать миниатюрный компрессор. Во время чистки с помощью компрессора держите клавиатуру клавишами вниз.

Во всех клавиатурах колпачки-кнопки съемные, чем можно воспользоваться, если клавиша работает плохо. Например, типична ситуация, когда клавиша срабатывает не при каждом нажатии. Причиной обычно оказывается грязь, скопившаяся под клавишей. Снимать колпачки с клавиш удобно U-образным захватом, предназначенным для извлечения из гнезд микросхем. Подведите загнутые концы захвата под колпачок, сведите их так, чтобы они зацепились за его нижнюю кромку, и потяните вверх. IBM выпускает и специальное приспособление для снятия колпачков, но зажим для микросхем лучше. Сняв колпачок, удалите грязь струей сжатого воздуха. Затем наденьте колпачок на место и проверьте работу клавиши.

Предупреждение

Не снимайте клавишу пробела на 83- или 84-клавишной клавиатуре — ее очень трудно поставить на место. В 101-клавишной клавиатуре используется другая конструкция, позволяющая снимать и устанавливать эту клавишу.

В некоторых клавиатурах удаление колпачка клавиши приводит к непосредственному отделению клавиши от переключателя. Поэтому во время разборки или сборки клавиатуры будьте особенно осторожны, чтобы не повредить переключатель. В классических клавиатурах модели M IBM/Lexmark (которые в настоящее время производятся компанией Unicomp) используются сменные колпачки, при удалении которых клавиша остается на прежнем месте. Это позволяет значительно уменьшить опасность повреждения переключателя во время чистки клавиатуры.

Может случиться, что вы чем-либо зальете клавиатуру. Катастрофы при этом не произойдет, если быстро промыть клавиатуру дистиллированной водой, затем частично разобрать ее и ополоснуть той же водой все детали. Если пролитая жидкость высохла, дайте частям клавиатуры отмокнуть. После этого еще раз промойте ее детали примерно в пяти литрах воды; все незамеченные остатки грязи исчезнут окончательно. Когда клавиатура полностью высохнет, она будет работать. Не удивляйтесь, но клавиатуру действительно можно промывать водой, не нанося ущерба ее компонентам; только вода обязательно должна быть дистиллированной, т.е. без осадка и растворенных минеральных солей. И еще одно замечание: клавиатуру нужно полностью высушить, прежде чем подключать к компьютеру. Остатки влаги могут привести к коротким замыканиям в схеме. Не забывайте, вода — хороший проводник.

Совет

Поскольку условия, в которых эксплуатируется ПК, и место его нахождения могут приводить к тому, что на клавиатуре оседает слой грязи или пыли, некоторые компании выпускают тонкое мембранное покрытие, накладываемое поверх клавиш. Покрытие защищает клавиатуру от разлитой жидкости, пыли, грязи и прочих загрязняющих веществ. Поскольку мембрана очень тонкая и прочная, она практически не мешает набору текстов и общей работе с клавишами.

Рекомендации по выбору клавиатуры

Зачастую гораздо проще и дешевле заменить клавиатуру, чем заниматься ее ремонтом, особенно если неисправна электронная “начинка” или одна из клавиш. Достать запасные де-

тали практически невозможно, но даже если они есть, сама процедура их замены довольно трудоемка. Кроме того, большинство клавиатур, которые продаются вместе с дешевыми компьютерами, далеки от совершенства. Они, как правило, слишком "мягкие". Плохо работающая клавиатура вызывает сильное раздражение. Поэтому лучше сразу заменить клавиатуру более подходящей.

Похоже, самые качественные клавиатуры выпущены IBM или, точнее, Unicomp. Компания Unicomp производит более 1400 моделей клавиатур IBM и Lexmark, а также развивает линию традиционных и усовершенствованных клавиатур, включая эксклюзивные модели для некоторых университетов.

Если вы пользователь ThinkPad и вам нравятся устройства TrackPoint и UltraNav (TrackPoint с кнопкой прокрутки и сенсорной панелью), можно приобрести клавиатуру ThinkPad UltraNav в стандартном и портативном (без цифрового блока) исполнении:

- ThinkPad Full-Size UltraNav USB Keyboard (P/N 31P8950);
- ThinkPad Travel UltraNav USB Keyboard (P/N 31P9490).

"Мобильная" версия в отличие от полноразмерной версии лишена цифровой клавиатуры и поставляется с чехлом для переноски. Обе версии клавиатуры оснащены двухпортовым концентратором USB для подключения дополнительных устройств, таких как традиционные мыши. И хотя данные клавиатуры не отличаются уникальным дизайном, они обладают высочайшим качеством, как и легендарные ноутбуки серии ThinkPad; кроме того, они оснащены указательным устройством UltraNav TrackPoint и при этом очень легкие. Использование подобных клавиатур позволяет комфортно перейти с ноутбука на настольный ПК, поскольку в обоих случаях используется одна и та же клавиатура и указательное устройство.

Устройства позиционирования

Мышь изобрел в 1964 году Дуглас Энгельбарт, работавший в Стэнфордском научно-исследовательском институте. Официально она была названа "указатель XY-координат для дисплея". В 1973 году компания Xerox применила мышь в своем новом компьютере Alto. К сожалению, тогда подобные системы были экспериментальными и использовались только в исследовательских целях.

В 1979 году компьютер Alto и его программное обеспечение были показаны нескольким инженерам компании Apple, в том числе Стиву Джобсу. Увиденное, особенно использование мыши в качестве устройства позиционирования для графического интерфейса, произвело на Джобса огромное впечатление. Apple тут же решила ввести это приспособление в свой компьютер Lisa и пригласила к себе на работу около двадцати сотрудников компании Xerox.

Сама Xerox в 1981 году выпустила компьютер Star 8010, в котором использовалась мышь. Но этот компьютер оказался слишком дорогим и не имел успеха потому, что, возможно, опередил свое время. Apple выпустила компьютер Lisa в 1983 году, но стоил он около 10 тыс. долл. Стив Джобс в это время работал над более дешевым преемником Lisa — компьютером Macintosh, который появился в 1984 году. Сначала этот компьютер не вызвал сенсации, но вскоре его популярность начала расти.

Многие считают, что появление и распространение мыши и графического интерфейса пользователя — это заслуга Apple, но очевидно, что сама идея и технология были заимствованы у SRI и Xerox. Хотя, конечно, операционная система Macintosh, а затем Windows и OS/2 немало способствовали продвижению этой технологии в мире PC-совместимых компьютеров.

Поначалу на рынке PC-совместимых компьютеров мышь не пользовалась особым спросом, но с появлением Windows и OS/2 стала почти обязательной принадлежностью всех систем. Сейчас мышь входит в комплект практически каждого компьютера. Правда, поставляемые в комплекте мыши редко принадлежат современному модельному ряду и бывают высокого качества, так что рано или поздно перед любым пользователем встает вопрос приобретения другого удобного устройства позиционирования.

Эти устройства выпускаются различными производителями, имеют разнообразные конструкции и размеры. Некоторые компании, взяв за основу стандартную мышь и перевернув ее, создали устройство *трекбол*. При его использовании нужно двигать рукой шарик, а не все устройство. В большинстве случаев в трекболе установлен шарик гораздо большего размера, чем в стандартной мыши. Что касается дизайна, то трекбол идентичен мыши по базовым функциям и электрической "начинке", но отличается ориентацией и размером шарика. В настоящее время появились эргономичные модели устройств типа трекбол, а также модели, использующие механизмы оптической регистрации перемещений, применяемые в современных конструкциях мыши компаний Microsoft и Logitech.

Среди производителей этого устройства наиболее крупными являются Microsoft и Logitech. Несмотря на внешнее разнообразие, все устройства работают одинаково. Ниже представлены основные компоненты мыши.

- Корпус, который пользователь держит в руке и передвигает по рабочему столу.
- Механизм отслеживания перемещения мыши: шарик/ролик или оптические датчики.
- Несколько кнопок (обычно две или более) для подачи (или выбора) команд.
- Ролик для вертикальной прокрутки. Некоторые ролики можно наклонить и использовать для горизонтальной прокрутки, а также нажимать и выполнять с их помощью некоторые действия.
- Интерфейс соединения мыши с системой. В традиционных конструкциях для этого используются кабель и разъем; в беспроводных конструкциях применяются радиочастотные или инфракрасные приемопередатчики, расположенные в корпусе мыши и специальном модуле компьютера, который необходим для взаимодействия мыши с системой.

Корпус мыши сделан из пластмассы, и в нем практически нет движущихся компонентов. В верхней части корпуса, под пальцами, располагаются кнопки. Количество кнопок может быть разным, но обычно их только две. С 1996 года мыши стали оборудоваться роликом для прокрутки. Последние версии Windows поддерживают работу колесика прокрутки, функционирование всех дополнительных кнопок и механизмов обеспечивается специальным драйвером, поставляемым производителем мыши.

Мышь шарового типа

В нижней части мыши располагается небольшой покрытый резиной металлический шарик, который вращается при перемещении мыши по столу. Вращение шарика преобразуется в электрические сигналы, которые по кабелю передаются в компьютер.

Внешне мышь шарового типа выглядит довольно просто. Шарик контактирует с двумя валиками, один из которых отслеживает перемещение мыши по оси X, а другой — по оси Y. Эти валики соединены с небольшими ребристыми дисками, через которые периодически проходят (или не проходят) лучи от источника света. Небольшие оптические датчики регистрируют вращение осей, улавливая отблески инфракрасных лучей, проходящих при вращении валиков через ребра дисков. Отблески света преобразуются в сигналы перемещения вдоль соответствующей оси координат. Устройства подобного типа, называемые оптико-механическими датчиками, являются наиболее распространенным типом механизмов мыши (рис. 15.9), хотя оптическая мышь становится все более и более популярной. На рис. 15.10 показан разъем мыши PS/2.

Оптическая мышь

Оптический метод регистрации перемещений является одним из самых перспективных. В первых конструкциях оптической мыши компании Mouse Systems, а также в некоторых других применялся датчик, для работы которого требовался специальный коврик с координатной сеткой. Это привело к тому, что устройства этой конструкции, несмотря на их высокую точность, не получили широкого распространения.

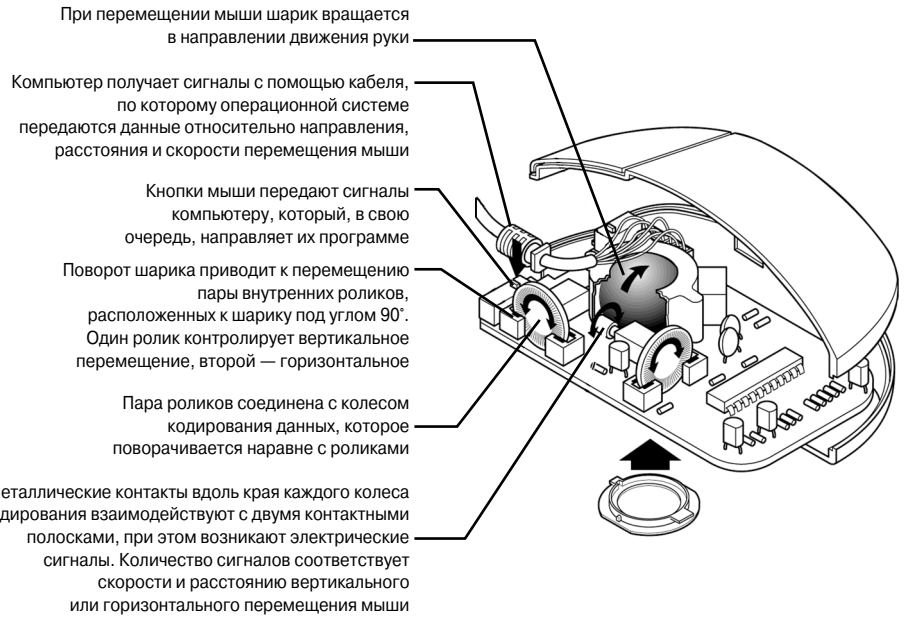


Рис. 15.9. Механизм оптико-механической мыши

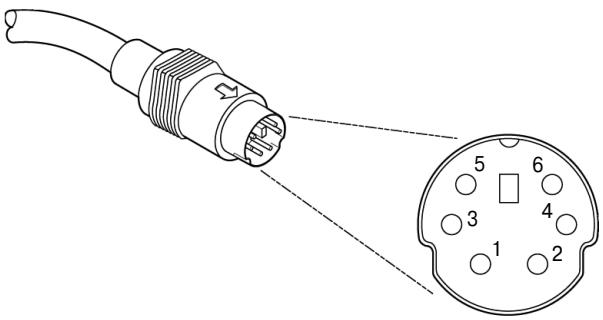


Рис. 15.10. Девятиконтактный разъем mini-DIN мыши PS/2

Компания Microsoft возобновила производство этих устройств, создав IntelliMouse Explorer. В этой модели, как и в прежних конструкциях оптической мыши, для регистрации перемещений используется оптическая технология. В этой мыши нет движущихся элементов, кроме колесика прокрутки и кнопок, расположенных в верхней части корпуса. Не требуется и специальный коврик, так как мышь может работать практически на любой поверхности. В этой конструкции вместо относительно простого оптического датчика, который применялся в предыдущих версиях оптической мыши, используется улучшенная модель *сканера с зарядовой связью* (CCD). Этот сканер, в сущности, является упрощенной версией датчика видеокамеры, который регистрирует перемещение, отслеживая изменение той поверхности, где расположена мышь. Функцию освещения поверхности выполняет светоизлучающий диод (LED).

Модель IntelliMouse Explorer стала первой из постоянно растущего семейства оптических устройств, созданных компанией Microsoft. Вначале Logitech, а затем постепенно и все остальные производители мышей перешли на оптические технологии, выпустив на рынок ши-

рокий спектр самых разнообразных оптических мышей во всех ценовых категориях. На рис. 15.11 показана типичная оптическая мышь.

Благодаря своей универсальности и простому техническому обслуживанию (не говоря уже о непревзойденной точности позиционирования) оптическая мышь является достойным выбором для любой системы, а многообразие моделей позволяет приобрести такую мышь по ценам качественных традиционных устройств. На рис. 15.12 показано внутреннее устройство типичной оптической мыши.

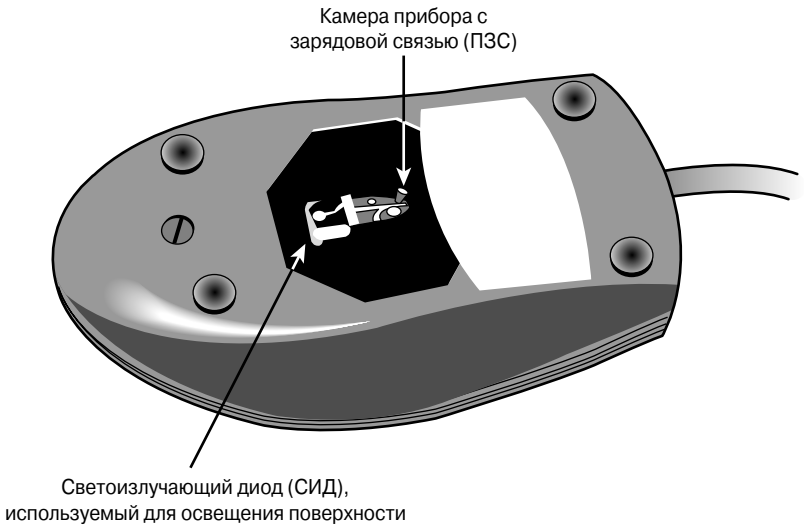


Рис. 15.11. Оптическая мышь Logitech iFeel (вид снизу)

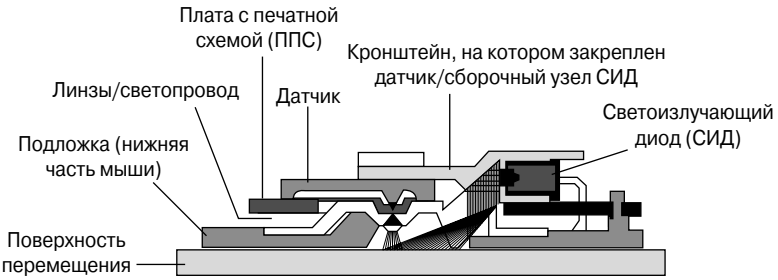


Рис. 15.12. Светоизлучающий диод, находящийся внутри оптической мыши, освещает поверхность, посылая импульсы света несколько раз в секунду. Свет, отражаемый от поверхности (будь то стол или коврик мыши), улавливается датчиком, который преобразует информацию в цифровые данные и передает их компьютеру

Различные типы оптической мыши имеют разрешение не менее 400 точек на дюйм и как минимум один датчик. Тем не менее некоторые устройства имеют настраиваемую чувствительность датчика, вплоть до 2000 точек на дюйм. Часто такие мыши продаются как “игровые”, поскольку повышенная чувствительность позволяет быстрее перемещаться в виртуальном пространстве трехмерных игр. Многие современные мыши оснащены инфракрасными лазерными сенсорами, что позволяет перемещать их по зеркальным и прозрачным поверхностям.

Оптическая мышь, как и традиционная, принадлежит к шаровому типу и бывает проводной и беспроводной. В беспроводных мышах информация передается на инфракрасный дат-

чик или на радиочастотах. Приемник вставляется в порт мыши или USB, а питаемая от батарейки мышь содержит совместимый с ним передатчик. Беспроводная шаровая мышь больше обычной, что связано с необходимостью размещения батарей и громоздкого шарового механизма. При этом беспроводная оптическая мышь имеет примерно такие же габариты, как и высококачественные проводные устройства.

Совет

Хотя кабели бывают разные, обычно их длина составляет 120–180 см. Если есть возможность выбора, то предпочтение следует отдавать более длинному кабелю, так как он избавит от некоторых неприятных моментов и позволит перемещать мышь более свободно. При необходимости можно использовать и специальные удлинители.

Взаимодействие мыши и компьютера осуществляется с помощью специальной программы-драйвера, которая либо загружается отдельно, либо является частью системного программного обеспечения. Например, для работы с Windows или OS/2 отдельный драйвер для мыши не нужен, но для большинства DOS-приложений он необходим. Загрузку DOS-драйвера можно определить в файлах `Autoexec.bat` и `Config.sys`. В любом случае драйвер (встроенный или отдельный) преобразует получаемые от мыши электрические сигналы в информацию о положении указателя и состоянии кнопок.

Стандартные драйверы Windows предназначены для традиционной двухкнопочной мыши с колесиком прокрутки или без него. Тем не менее постоянно выпускаются новые модели с дополнительными кнопками и колесиками прокрутки, для использования которых необходим специальный драйвер, поставляемый производителем манипулятора.

Интерфейсы устройств позиционирования

Мышь можно подключить к компьютеру одним из следующих способов:

- через последовательный интерфейс;
- через специальный порт мыши (PS/2) на системной плате;
- через порт универсальной последовательной шины (USB);
- с помощью Bluetooth или беспроводного соединения иного типа.

Последовательный интерфейс

В большинстве старых PC-совместимых компьютеров мышь подключается через последовательный интерфейс. Как и у других последовательных устройств, соединительный кабель мыши оканчивается 9- или 25-контактным разъемом. В этих разъемах (DB-9 или DB-25) используется всего несколько контактов — остальные лишние.

Поскольку в большинстве старых компьютеров предусмотрено два последовательных порта (COM1 и COM2), мышь можно подключать к любому из них. При запуске программа-драйвер проверяет порты и определяет, к какому из них подключена мышь. Если в качестве последовательного порта определен другой порт — COM3 или COM4, — то драйвер мыши может работать некорректно. Следует заметить, что большинство современных драйверов работает с любым из портов COM1–COM4.

В связи с тем, что последовательная мышь не подключается непосредственно к системе, она не использует ее ресурсов — оказываются занятыми лишь ресурсы того последовательного порта, к которому она подключена. Если, например, она подключена к порту COM2, то используются линия IRQ 3 и адреса порта ввода-вывода 2F8h–2FFh.

Порт мыши на системной плате (PS/2)

В большинстве новых компьютеров предусмотрен специальный порт мыши, встроенный в системную плату. Впервые он появился в 1987 году в компьютерах PS/2, поэтому его часто называют “интерфейсом мыши PS/2”. Это совсем не значит, что такая мышь может работать

только с PS/2; подразумевается, что ее можно подключить к любому компьютеру, в котором порт установлен на системной плате.

Кабель мыши, подключаемой к подобному порту, заканчивается таким же разъемом mini-DIN, как и кабель новой клавиатуры. Электрически порт мыши подключен к контроллеру клавиатуры 8042, установленному на системной плате. Во всех компьютерах PS/2 для клавиатуры и мыши используются разъемы mini-DIN. В других компьютерах для подключения мыши применяются обычные разъемы, поскольку в большинстве стандартных корпусов не предусмотрен разъем mini-DIN для мыши. В этом случае приходится использовать переходной кабель между обычным штыревым разъемом системной платы и разъемом mini-DIN мыши PS/2.

Предупреждение

Как уже упоминалось, разъемы mini-DIN, используемые для подключения клавиатуры и мыши во многих системах, физически и электронно совместимы, что не относится к передаваемым пакетам данных. Неправильное подключение устройств приводит к тому, что клавиатура и мышь не будут работать. Если же вы подключили устройство в другой порт, не волнуйтесь: поскольку электрические сигналы портов аналогичны друг другу, с устройством или портом ничего не случится.

Лучше подключать мышь к встроенному порту, так как при этом не придется занимать дополнительные слоты расширения или последовательные порты, а возможности мыши не ограничиваются возможностями схем последовательного порта. Для порта мыши на системной плате используются прерывание IRQ12 и адреса порта ввода-вывода 60h и 64h. Поскольку порт мыши на системной плате соединен с контроллером клавиатуры 8042, его адреса ввода-вывода те же, что и у этой микросхемы. Прерывание IRQ12 не должно использоваться для других устройств в любых системах с шиной ISA, в которых порт мыши установлен на системной плате, так как в шине ISA не допускается совместное применение прерываний. При использовании мыши USB, возможно, понадобится отключить порт мыши, чтобы освободить линию запроса прерывания IRQ12 для другого устройства.

Комбинированная мышь

Эта мышь предназначена для подключения к портам двух типов. Большинство дешевых устройств, поступающих в розничную продажу, подключаются либо к последовательному порту, либо к порту PS/2; для подключения более дорогих устройств обычно используются порты PS/2 и USB. По сравнению с манипуляторами обычного типа, предназначенными для работы исключительно с портами PS/2 и USB, комбинированная мышь более функциональна.

Комбинированная мышь сама определяет, к какому порту подключена, и настраивается соответствующим образом. Обычно такие устройства выпускаются с разъемом mini-DIN на конце кабеля и переходным адаптером на 9- или 25-контактный разъем последовательного порта. Как показано на рис. 15.13, комбинированная мышь PS/2-USB обычно имеет кабель с разъемом USB и поставляется вместе с адаптером mini-DIN (PS/2).

Некоторые пользователи пытаются с помощью подобных переходников подключить “чистую” последовательную мышь к порту на системной плате или мышь PS/2 — к последовательному порту. В таком сочетании они работать не будут, и дело здесь не в переходном устройстве. Если явно не сказано, что мышь комбинированная (т.е. одновременно и последовательная, и PS/2), то она может работать только с тем интерфейсом, для которого спроектирована. В большинстве случаев тип мыши указывается на нижней крышке корпуса. Как показывает практика, если мышь продается без адаптера или поставляется вместе с компьютером, то она, скорее всего, с адаптером работать не будет.

Интерфейс USB

В последнее время порт USB все чаще и чаще используется для подключения мыши, клавиатуры и других устройств ввода-вывода. Мышь USB, как и прочие USB-устройства позиционирования (например, трекбол), имеет по сравнению с другими интерфейсами целый ряд преимуществ.

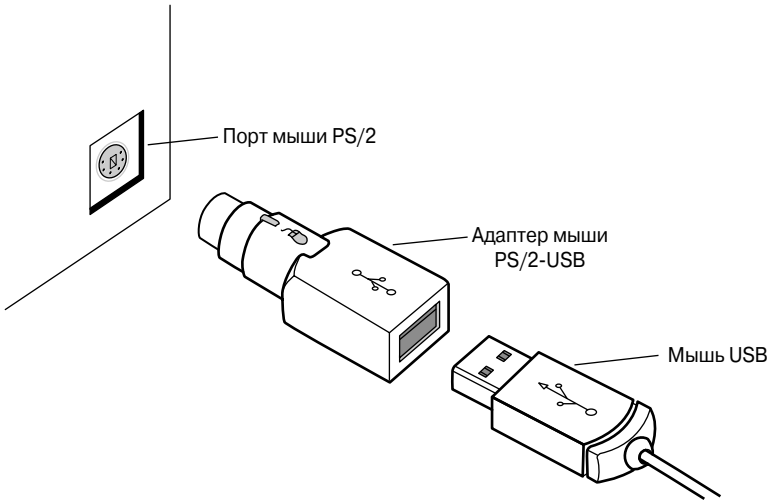


Рис. 15.13. Типичная мышь USB с адаптером PS/2

- **Мышь USB позволяет позиционировать указатель более точно и плавно, чем традиционная мышь PS/2.** Типичная мышь PS/2 имеет частоту оповещения 40 Гц, в то время как мышь USB характеризуется средней частотой 125 Гц (большинство беспроводных устройств имеет частоту оповещения 40–50 Гц). Существуют утилиты, которые позволяют тестировать и корректировать эту частоту.
- **Мышь, как и другие устройства USB, может заменяться без выключения питания системы.** В том случае, если вам удобнее работать с трекболом, а ваш коллега предпочитает мышь, разверните системный блок тыльной стороной к себе, отключите мышь и подключите собственное устройство. Возможность "горячей" замены — уникальная особенность порта USB.
- **Возможность подключения нескольких устройств позиционирования.** К порту USB можно одновременно подключить несколько устройств позиционирования и без труда переходить между ними в процессе работы. Недавно компания Microsoft представила технологию *MultiPoint*, позволяющую в одной системе параллельно работать нескольким устройствам позиционирования, при этом указатель каждого из них окрашен в отличный от других цвет.
- **Мышь USB может быть подключена к концентраторам USB, содержащимся в некоторых клавиатурах USB, или к автономному концентратору.** Концентратор позволяет упростить процесс подключения или отключения мыши. Иначе говоря, вам не придется пролезать под столом для того, чтобы добраться до задней панели компьютера. Во многих компьютерах порт USB располагается на передней панели системного блока, что упрощает отключение мыши и дает возможность подключать ее без использования внешнего концентратора.

Несмотря на то что первые устройства позиционирования USB постоянно находились в высшей ценовой категории, в настоящее время можно приобрести приличную мышь USB за ту же цену, что и высококачественную комбинированную мышь с последовательным и PS/2-портом. Короче говоря, самая современная "игровая" оптическая мышь премиум-класса обойдется не дороже 50 долларов, в то время как обычная — не дороже десяти.

Если вы собираетесь использовать мышь USB в режиме MS-DOS, при работе в командной строке или для установки параметров BIOS, убедитесь, что система поддерживает режим

USB Legacy, о чем упоминалось в начале главы. Этот режим позволяет системе распознать на этапе включения клавиатуру и мышь, подключенные к порту USB.

Четвертым, и давно устаревшим, типом соединения является шинная мышь (называемая в компании Microsoft мышью Inport), для подключения которой требуется специальная плата ISA-адаптера.

Устранение неисправностей мыши

Если мышь работает плохо или не работает вообще, нужно проверять как аппаратные средства, так и программное обеспечение. Поскольку устройство мыши достаточно простое, ее проверка не отнимет много времени. Однако на устранение проблем, связанных с программным обеспечением, времени может потребоваться гораздо больше.

Если система не распознает мышь, попробуйте подключить мышь, которая гарантировано работает. Если это не устранит проблему, скорее всего, она связана с портом. Если клавиатура подключена к порту USB, попробуйте подключить ее к другому порту. Если поврежден порт PS/2, вам придется заменить всю системную плату целиком или же использовать мышь с интерфейсом USB.

Я сталкивался с ситуациями, когда проблема с мышью с интерфейсом PS/2 приводила к "зависанию" системы после загрузки драйверов или запуска диагностических утилит. Попробуйте отключить мышь и проверить, загрузится ли система. Если нет, проблема связана именно с портом PS/2 системной платы.

Устранение неполадок в работе беспроводной мыши подробно рассмотрено далее.

Чистка мыши

Если указатель перемещается по экрану рывками, то, по-видимому, пришло время почистить мышь. Неравномерное перемещение и "застревание" указателя обычно происходит из-за пыли и грязи, накопившихся на шарике и валиках.

Почистить мышь очень просто. Переверните ее так, чтобы был виден шарик. Он удерживается в гнезде крышкой, которую можно снять. На ней может быть даже нарисовано, как это сделать (в некоторых конструкциях, чтобы добраться до шарика, придется открутить несколько винтов). Откройте крышку — и вы увидите шарик и гнездо, в которое он вставлен.

Переверните мышь, и шарик выпадет. Внимательно осмотрите его. Он может быть серым или черным, но на нем не должно быть грязи и мусора. В случае необходимости промойте шарик в мыльной воде (или протрите спиртом) и высушите его.

Затем осмотрите гнездо, в которое укладывается шарик. Вы увидите два или три небольших ролика, или валика, которым с помощью шарика передается вращение при движении мыши. Если на валиках или вокруг них скопились пыль и грязь, удалите их. Лучше всего для выдувания пыли использовать компрессор. Сами валики можно протереть жидкостью для чистки контактов. Остатки пыли и грязи обязательно нужно смыть, иначе они будут мешать вращению шарика.

По окончании чистки уложите шарик на место и аккуратно закройте крышку. Мышь должна выглядеть так же, как и до начала "водных процедур" (разве что будет более чистой).

Одним из основных преимуществ нового поколения оптических устройств является отсутствие подвижных элементов. Достаточно вытереть пыль с оптического датчика, и на этом процесс чистки мыши будет завершен.

Колесо прокрутки

В конце 1996 года Microsoft представила новую модель мыши — IntelliMouse. Новое устройство выглядит практически так же, как стандартная мышь Microsoft, но между правой и левой кнопками у нее есть маленькое колесико. Это была не первая модель с колесиком прокрутки, представленная на рынке (в 1995 году компания Mouse Systems представляла модели ProAgio и Genius EasyScroll), однако раньше такое технологическое решение не имело успеха. С тех пор Logitech, IBM и другие производители мышей начали выпуск моделей с колесиком

прокрутки, совместимых со стандартом Microsoft. Такие мыши стали входить в стандартный комплект выпускаемых компьютеров.

У колесика две функции. Во-первых, оно работает, как устройство для прокрутки изображений на экране: очень удобно просматривать документы или веб-страницы, слегка прокручивая колесико вверх и вниз указательным пальцем. Во-вторых, если нажать на колесико, оно сработает, как третья кнопка мыши.

Программные драйверы устройств типа мыши различных производителей позволяют расширить основные функциональные возможности мыши. Например, драйвер MouseWare компании Logitech дает возможность выбрать несколько вариантов использования кнопок мыши (колесико прокрутки рассматривается в качестве третьей кнопки), а также определить параметры перемещения (три строки, шесть строк или полный экран), щелкнув колесиком прокрутки. Драйвер компании Microsoft включает новую возможность, получившую название *ClickLock* (т.е. блокировка нажатия), которая позволяет перетаскивать элементы рабочего стола, не удерживая нажатой левую кнопку мыши. Кроме того, драйвер содержит функцию *Universal Scroll*, с помощью которой можно внедрить поддержку устройств прокрутки в приложения, не имеющие такой возможности. Чтобы расширить функциональность используемых устройств, постарайтесь периодически загружать и устанавливать новые драйверы мыши.

Устройство TrackPoint II/III/IV

В октябре 1992 года компания IBM внедрила на своих новых компьютерах ThinkPad 700 и 700C качественно новое устройство позиционирования, названное *TrackPoint*. Это устройство представляет собой небольшой резиновый рычажок, находящийся на клавиатуре между клавишами <G>, <H> и <B>. После появления мыши это был самый решительный шаг вперед в развитии технологии манипуляторов.

Такое устройство практически не занимает места на клавиатуре, не имеет подвижных частей, которые могли бы сломаться или испачкаться. А самое главное — не нужно убирать руки с клавиатуры, что очень удобно, если вы печатаете вслепую.

Мне посчастливилось встретиться с создателем этого устройства на весеннем показе Compex/Windows World в 1992 году. При осмотре выставки мое внимание привлек мужчина в подтяжках, демонстрирующий небольшое устройство у стенда компании IBM. Он привлек мое внимание тем, что был одет не “по протоколу” (в деловой костюм) и внешне напоминал скорее ученого или инженера. Я оказался прав, и этот человек впервые продемонстрировал мне экспериментальный прототип клавиатуры с маленьким рычажком посредине. На рычажок был надет кирпичного цвета резиновый колпачок, который позволял управлять рычажком, не уколов палец. Я узнал, что этот манипулятор был вручную вмонтирован в стандартную клавиатуру и представлен на выставке с целью проведения маркетинговых исследований. Мне было предложено немного поработать с этой клавиатурой, подключенной к одной из демонстрационных систем. Оказалось, что нажимая на рычажок указательным пальцем, я могу с легкостью перемещать указатель мыши по экрану. Сам рычажок при этом не перемещался, как джойстик. Вместо этого он был соединен с датчиками, регистрирующими прилагаемые пальцем усилия в одном из направлений, куда и перемещался затем указатель. Чем сильнее я надавливал на рычажок, тем быстрее двигался указатель. После нескольких минут тренировки я уже довел процесс управления манипулятором до автоматизма. Мне казалось, что я только успеваю подумать о том, куда следует переместить указатель, как он уже оказывался в нужном месте.

Человек в подтяжках оказался доктором Тедом Селкером, изобретателем устройства. Вместе с Джозефом Рутледжем он создал этот революционный манипулятор в исследовательском центре IBM T.J. Watson. Я поинтересовался у него, когда данное устройство будет выпущено на рынок, но он не смог сказать ничего определенного. В то время компания IBM только анализировала реакцию общественности на новое устройство и еще не планировала

его выпуск. Я заполнил предложенную мне анкету, указав, что меня очень заинтересовало это революционное устройство и что я с удовольствием бы его приобрел.

Шесть месяцев спустя компания IBM анонсировала выпуск новой модели ноутбуков ThinkPad 700, в которую было включено это революционное устройство (тогда оно называлось TrackPoint II). С тех пор вышли еще две версии этого устройства с повышенной чувствительностью и управляемостью.

Примечание

Устройство *TrackPoint II* не имеет отношения к устройству с аналогичным названием *TrackPoint*, которое являлось гибридом мыши/трекбола и просуществовало совсем недолго. В настоящее время на рынке представлены устройства TrackPoint III и IV, поэтому, чтобы не запутать читателя, ниже эти устройства будут именоваться просто TrackPoint.

Конечный вариант TrackPoint представляет собой маленький резиновый рычажок красного цвета, расположенный между клавишами <G>, <H> и <B>. Основная и дополнительные кнопки, аналогичные кнопкам мыши, расположены под клавишей пробела, и до них легко дотянуться большими пальцами. Это позволяет вообще не убирать руки с клавиатуры. В новые версии манипулятора включена третья кнопка, выполняющая функцию прокрутки.

Исследования, проведенные изобретателями этого устройства, показали: на то, чтобы перенести руку с клавиатуры на мышь и обратно, уходит около 1,75 секунды. Если вы печатаете со скоростью 60 знаков в минуту, то теряете на этом около двух слов. При работе с TrackPoint практически все это время экономится. Одновременно нажимая на рычажок и кнопку, можно легко перемещать объекты на экране.

Исследования IBM также подтвердили, что использование устройства TrackPoint вместо мыши позволяет достичь 20%-ного повышения производительности, особенно если пользователю приходится много работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами и прочими офисными приложениями. В ходе тестовых испытаний TrackPoint III группе пользователей настольных компьютеров предоставили как традиционные устройства типа “мышь”, так и TrackPoint. Через две недели 80% пользователей отключили мыши и полностью перешли на TrackPoint, поскольку по сравнению с мышью это устройство обладает рядом неоспоримых преимуществ.

Еще одно достоинство TrackPoint состоит в том, что его можно использовать *вместе* с мышью, обеспечив двойное управление указателем. На экране присутствует только один указатель, но его можно перемещать как с помощью TrackPoint, так и подключенной мыши. С этими устройствами могут работать два пользователя (перемещая при этом один и тот же указатель!). Приоритетом пользуется устройство, начавшее перемещение, и управление указателем сохраняется за ним до окончания движения. Второе устройство позиционирования при этом автоматически блокируется.

Компания IBM/Lenovo предложила несколько вариантов устройства TrackPoint, используемых в портативных компьютерах и высококачественных клавиатурах, реализуемых под торговыми марками IBM, Lexmark и Unicomp. Производители портативных компьютеров HP/Compaq, Dell и Toshiba приобрели лицензию на устройство TrackPoint и оснащают им выпускаемые ноутбуки (в моделях от Toshiba оно называется Accupoint).

Я сравнивал TrackPoint с другими устройствами позиционирования для портативных компьютеров, в частности с TouchPad, но ничего подобного с точки зрения точности и управляемости так и не нашел.

К сожалению, многие производители портативных систем отказались приобрести лицензию на технологию TrackPoint у IBM и вместо этого пытаются копировать ее, используя худшие датчики и программное обеспечение. Большинство недостатков этих контрафактных устройств состоит в том, что они работают не очень хорошо и, как правило, медленнее; кроме того, они менее чувствительны и точны.

Устройства TrackPoint III/IV отличаются от предыдущего в основном материалом, из которого изготовлен резиновый колпачок. Если в TrackPoint II от IBM и в Accupoint от Toshiba

колпачки изготавливались из силиконовой резины, которая легко пачкалась и становилась липкой, что требовало очистки, то колпачки TrackPoint III/IV изготовлены из другого, более шероховатого материала. Недавно были представлены и другие типы колпачков, не имеющие шероховатой поверхности, но с более широкой шляпкой для более удобного позиционирования указательного пальца. В настоящее время компанией IBM/Lenovo выпускаются три типа колпачков, предназначенных для разных условий работы (все эти колпачки взаимозаменяемы со старыми типами) (рис. 15.14).

- **Classic dome (84G6537).** Традиционная резинка для стирания карандаша с шероховатой поверхностью.
- **Soft rim (91P8423).** Колпачок с расширенной, плоской и не шероховатой шляпкой, требующий для перемещения указателя меньших усилий.
- **Soft dome (91P8422).** Расширенная выпуклая конструкция колпачка с гладкой поверхностью.

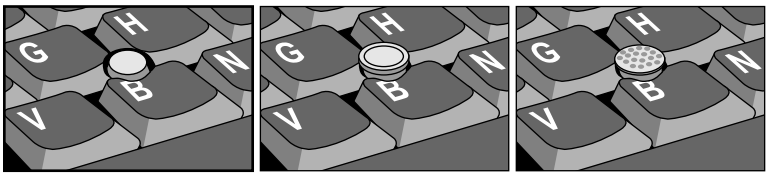


Рис. 15.14. Типы колпачков манипулятора TrackPoint: Classic dome, Soft rim и Soft dome

Примечание

Если в вашей клавиатуре используется один из колпачков конструкции IBM/Lenovo, можете заменить его другим. Набор колпачков можно приобрести у любого дилера IBM по цене около 15 долларов. Замена выполняется просто: старый колпачок снимается, а новый надевается.

Еще одно различие между TrackPoint II и TrackPoint III/IV связано с программным обеспечением. IBM добавила элементы так называемого *обратного инерционного воздействия*, или технологию *QuickStop*. Программное обеспечение учитывает не только то, насколько быстро перемещается указатель, но и то, как быстро вы нажимаете и отпускаете устройство. Исследования показали, что усовершенствованное программное обеспечение и колпачки способны ускорить операции выделения на 8%.

Последняя версия устройства, TrackPoint IV, имеет дополнительную кнопку прокрутки и предоставляет возможность нажать на сам манипулятор, чтобы выбрать элементы аналогично тому, как это делается с помощью левой кнопки мыши. Новые возможности еще больше расширили эффективность TrackPoint. Естественно, на привыкание к новому манипулятору требуется некоторое время, но затраченные усилия будут окуплены сторицей. Мне встречались люди, которые с удовольствием перешли от TouchPad к TrackPoint, и такие, которые предпочли остаться на другой платформе.

Преимуществами TrackPoint могут насладиться не только пользователи портативных систем. Этот манипулятор встречается и в обычных настольных клавиатурах, например компании Lexmark, которая выпускает ряд моделей, оснащенных TrackPoint. В результате пользователю как настольной, так и портативной систем не придется адаптироваться для работы с ними. Некоторые клавиатуры подобного рода продаются компаниями Unicomp и IBM/Lenovo.

Альтернативные устройства

В операционной системе Windows устройства позиционирования играют весьма заметную роль, поскольку используются так же часто, как и клавиатура. Следует заметить, что, кроме мыши и устройств позиционирования различных типов, которые уже рассматривались

в этой главе, существует множество других механизмов, наиболее известными из которых являются следующие:

- планшеты, такие как Cirque GlidePoint;
- шаровые указатели (трекболы) разных конструкций;
- указательный джойстик типа 3M Renaissance Mouse.

Все эти устройства, рассматриваемые операционной системой как обычная мышь, предлагают пользователю множество дополнительных, совершенно разных возможностей. Если вас по каким-либо причинам не устраивает стандартная мышь или интегрированное устройство позиционирования типа TrackPoint II/III/IV, рассмотрите эти альтернативы.

Сенсорная панель

Первая сенсорная панель была включена в состав "мертворожденной" модели портативного компьютера Gavilan в 1982 году, однако с тех пор эта технология была предана забвению на долгие годы. В 1994 году компания Cirque создала новое устройство позиционирования, которое было названо *сенсорной панелью* (touch pad) или *указательным планшетом* (track pad). Эта технология, получившая название *GlidePoint*, была приобретена компанией Alps Electric, которая применяла термин "GlidePoint" для обозначения сенсорных панелей. В устройстве используется плоский квадратный планшет, который реагирует на положение пальца. Это устройство работает по тому же принципу, что и емкостные датчики, используемые в качестве кнопок управления лифтами, которые устанавливаются в некоторых офисах и гостиницах.

В портативных компьютерах сенсорные панели размещаются не между клавишами, а под клавишей пробела и измеряют давление, оказываемое пальцем на планшет. Датчик под планшетом преобразует движение пальца в движение указателя на экране. Несколько производителей портативных компьютеров приобрели лицензию на это устройство в компании Circue и оснащают им свои системы. Сенсорные панели часто встраиваются в различные клавиатуры среднего и высшего классов для настольных систем и обычно располагаются справа.

Для того чтобы щелкнуть на кнопке на экране компьютера, пользователю достаточно установить на ней курсор и один или два раза легко ударить кончиком пальца по сенсорной панели. Кроме того, сенсорные панели оснащены кнопками, аналогичными по своим функциям кнопкам мыши. В процессе перетаскивания элементов эти кнопки не используются, так как достаточно установить курсор на перемещаемый объект, нажать на сенсорную панель пальцем и, удерживая его, переместить курсор в нужное место. Потом нужно всего лишь отпустить палец, и элемент окажется на новом месте. Более современные модели включают в себя кнопки с дополнительными функциями, которые действуют примерно так же, как "горячие" клавиши клавиатур.

Сенсорные панели в основном используются в портативных компьютерах и настольных клавиатурах с интегрированными устройствами позиционирования, хотя отдельные версии сенсорных панелей компаний Cirque и Alps продаются в качестве замены мыши в настольных системах. В настоящее время сенсорные панели Cirque реализуются в розницу под торговой маркой Fellows или могут быть заказаны непосредственно на сайте компании Cirque. Устройство Internet Touchpad (реализуемое также компанией Fellows) имеет улучшенное программное обеспечение, поддерживающее различные жесты, программируемые "горячие" кнопки, а также другие возможности, которые упрощают работу с веб-страницами.

Несмотря на достаточно широкое применение, эта технология имеет ряд недостатков. Управление устройством зависит от влажности кожи, а также от чувствительности и подвижности пальцев. Но самым большим недостатком является то, что для работы с сенсорным датчиком необходимо снимать руки с клавиш, а это существенно замедляет работу. С другой стороны, если вы не печатаете вслепую, то управлять сенсорным датчиком будет проще, чем TrackPoint. Для портативных систем устройства указания типа сенсорной панели предпочтительнее трекбола или внешней громоздкой мыши.

Если в портативной системе обычная мышь вам не нужна, то идеальным вариантом станет компьютер, имеющий сенсорную панель и устройство позиционирования TrackPoint. Попробуйте набрать текст, поработайте с файлами и с какой-нибудь графической программой и решите, какое из устройств больше подходит.

Трекболы

Первым трекболом, который я увидел за пределами зала игровых автоматов, был трекбол Wico, популярный среди любителей компьютерных и видеоигр середины 1980-х годов (например, Missile Command и т.п.). Этот указатель являлся копией восьмипозиционного аналогового джойстика Atari 2600, но отличался от него гораздо большей гибкостью.

Современные трекболы, в отличие от выпускаемых ранее моделей, применяются не в компьютерных играх, а, прежде всего, в делопроизводстве. В трекболах чаще всего используется стандартный "мышиный" механизм позиционирования, единственным отличием которого является различное расположение (в верхней или боковой части корпуса) и увеличенные размеры шарика. Сам корпус шарового указателя не перемещается; пользователь вращает шарик, а валики и диски, расположенные в корпусе трекбола, преобразуют его вращение в соответствующее перемещение курсора на экране компьютера.

Существует множество конструкций трекболов, к которым относятся эргономичные модели, соответствующие по форме правой руке пользователя, билатеральные модели, одинаково хорошо подходящие для правой и левой рук, оптические устройства, использующие вместо валиков и дисков оптические датчики, применяемые в наиболее современных конструкциях мыши, а также многокнопочные монстры, напоминающие блок дистанционного управления.

Увеличенные размеры корпуса шарового указателя позволяют разместить дополнительные электронные схемы и батареи питания, необходимые для беспроводных конструкций. Компания Logitech предлагает несколько беспроводных моделей шаровых указателей, использующих радиочастотные приемопередатчики.

Трекбол использует те же драйверы и разъемы, что и стандартная мышь. Драйверы, поставляемые с операционной системой, обеспечивают выполнение основных операций, но, чтобы достичь максимальной эффективности современных моделей, обратитесь к их производителям за последними версиями драйверов.

Устранение проблем в работе трекболов во многом похоже на устранение проблем в работе мыши. Поэтому все вопросы, не связанные с чисткой трекбола, уже рассматривались ранее.

Поскольку шарик трекбола перемещается рукой пользователя, а не в результате движения по столу, чистить трекбол приходится гораздо реже, чем мышь. Однако я все равно рекомендую регулярно чистить трекбол, особенно в том случае, если он поддерживает механизмы определения вращения шарика. Если указатель не перемещается, "замирает" или дергается, обязательно почистите устройство.

Поскольку выпускается немало моделей трекболов, конкретные указания по чистке можно найти на сайте компании-производителя трекбола. Как правило, при чистке используются ватные палочки, смоченные в изопропиловом спирте. С их помощью протирают все детали механизма в трекболе (подробности можно найти в руководстве пользователя, прилагаемом к трекболу).

Манипулятор Ergonomic Mouse

Многие пользователи ПК, выросшие на первых видеоиграх, испытали своеобразный "интерфейсный шок", сменив привычный джойстик на мышь. И даже проработав с мышью несколько лет, некоторые пользователи вопрошали, растирая затекшие руки, действительно ли мышь настолько эргономична, как об этом говорят.

Устройство компании 3M, разработанное в конце 2000 года, сохранило механизм позиционирования обычной мыши с шариком, полностью изменив пользовательский интерфейс. Вместо традиционной "мыльницы" или "шайбы", которые использовались на протяжении многих лет, была представлена наклонная рукоятка, напоминающая джойстик. Устройство

Ergonomic Mouse компании 3M подключается к портам PS/2 и USB (последовательные порты не поддерживаются). В настоящее время существуют два типоразмера этой модели. На верхней части рукоятки находится кнопка, представляющая собой кулисный переключатель; при перемещении вправо или влево он работает так же, как правая или левая кнопка мыши соответственно. Указательный джойстик также обеспечивает функцию прокрутки, для поддержки которой следует установить специальный программный драйвер.

Устройство Ergonomic Mouse поставляется с программным обеспечением, поддерживающим функцию прокрутки и другие дополнительные возможности. За более подробной информацией, относящейся к этим свойствам, обратитесь на сайт компании 3M.

Беспроводные устройства ввода данных

В течение нескольких последних лет появилось множество беспроводных версий мыши и клавиатуры от разных производителей. Чаще всего в этих устройствах используются инфракрасные или радиочастотные коротковолновые приемопередатчики, подключенные к стандартному последовательному порту или порту PS/2, а также соответствующие приемопередатчики, расположенные в мыши или клавиатуре. Беспроводные устройства ввода данных предназначены для удобной работы в условиях ограниченного рабочего пространства, а также при использовании телевизора/монитора с большим экраном в качестве домашнего кинотеатра или вычислительной системы.

Многие производители, в том числе Microsoft, Logitech и менее крупные компании, предлагают аппаратный комплект, в который входят беспроводные мышь и клавиатура, совместно использующие один приемопередатчик. Поскольку подобные устройства поддерживают наиболее современные возможности, включая программируемые, мультимедийные клавиши, клавиши доступа к Интернету и оптические датчики, эти комплекты содержат не только наиболее эффективные модели, выпущенные данным производителем, но и обходятся дешевле, чем отдельное приобретение мыши и клавиатуры.

Существуют следующие типы беспроводных устройств:

- инфракрасные;
- радиочастотные;
- с поддержкой Bluetooth.

Во всех этих технологиях используется приемопередатчик, подключенный к порту PS/2 или USB. Многие беспроводные приемопередатчики предназначены для применения вместе с мышью и клавиатурой, поэтому в PS/2-совместимой версии имеется два кабеля, один из которых подключается к порту мыши, а другой — к порту клавиатуры. Если система поддерживает традиционные функции USB, то при использовании USB-совместимого приемопередатчика для подключения обоих устройств потребуется только один порт USB. Напряжение на приемопередатчик, подключенный к компьютеру, подается через порт.

Приемопередатчик, подключенный к системному блоку, получает сигналы от такого же приемопередатчика, который встраивается в мышь или клавиатуру. Питание устройств осуществляется с помощью батарей, поэтому сбои в их работе связаны в большинстве случаев с падением напряжения. В первых поколениях беспроводных устройств использовались специальные нестандартные батареи, которые впоследствии были заменены обычными алкалиновыми батареями AA или AAA. Многие современные модели поставляются вместе с литий-ионными или никель-металлогидридными аккумуляторами; в качестве зарядного устройства часто выступает приемник, подключенный к ПК.

Питание устройств ввода различных типов, созданных по той или иной технологии, осуществляется с помощью батарей, но на этом сходство между ними заканчивается. Инфракрасные устройства отличаются сравнительно коротким радиусом действия (примерно 4 метра) и должны иметь свободную линию визирования (прямого доступа), соединяющую устройство ввода с приемопередатчиком. Что угодно — от бутылки колы до листа бумаги —

может блокировать инфракрасный луч, поэтому точное позиционирование передатчика, встроенного в устройство ввода данных, имеет первостепенное значение. В некоторых инфракрасных устройствах более поздних моделей используются приемопередатчики, которые позволяют улавливать сигналы в диапазоне до 120°; однако такая технология оказалась более сложной, поэтому многие производители отказались от ее использования.

Недостатки инфракрасных устройств привели к тому, что в настоящее время многие производители беспроводных устройств стали использовать радиочастоты для передачи сигналов между устройством и приемопередатчиком. Радиочастотные беспроводные устройства отличаются отсутствием проблем, связанных с отклонением от линии визирования, но имеют более ограниченный радиус действия, не превышающий двух метров.

Несмотря на то что отклонение от линии визирования не влияет на работу радиочастотных устройств, при использовании их ранних версий существовала высокая вероятность влияния помех со стороны других устройств, находящихся в том же помещении. Это было связано с ограниченным количеством доступных радиочастотных каналов. Например, при работе с одной из первых беспроводных мышей MouseMan, созданных в компании Logitech, пользователю приходилось вручную выбирать канал, используемый мышью и приемопередатчиком. Если в небольшой комнате находилось более шести пользователей, работающих с радиочастотными устройствами, это практически всегда приводило к возникновению интерференции и ошибкам при перемещении указателя мыши на экране компьютера.

К счастью, расширение диапазона используемых частот и их автоматическая настройка исключают появление помех со стороны других электронных устройств или устройств того же типа. Например, в серии современных беспроводных устройств, выпускаемых компанией Logitech, используется запатентованная технология Palomar. Несмотря на то что частота 27 МГц, определяемая этой технологией, стала фактическим стандартом для большинства современных устройств ввода данных (эта частота также используется в беспроводных устройствах Microsoft и IBM), компания Logitech предоставляет функцию цифровой безопасности, которая поддерживает более 4000 уникальных кодов. Эти коды предотвращают случайную активизацию другого компьютера беспроводным устройством и перехват сигналов другими пользователями. Подобная технология, характеризующаяся значительно меньшим числом кодов, используется и другими производителями. Радиус действия радиочастотных устройств, применяющих частоту 27 МГц, не превышает 6 футов (2 метра), но в этом случае передатчик может находиться за компьютером или под столом, что нисколько не влияет на прохождение сигнала.

В настоящее время в большинстве беспроводных устройств используется соответствующий приемопередатчик. Тем не менее в некоторых применяется стандарт беспроводных устройств Bluetooth. Эффективный радиус действия устройств, созданных по технологии Bluetooth, достигает 30 футов (примерно 10 метров), причем эти устройства могут быть совместимы с подобными устройствами других торговых марок.

Опыт работы с беспроводными инфракрасными и радиочастотными устройствами ввода говорит о том, что радиочастотные устройства больше подходят для домашнего использования или работы в небольших служебных помещениях, рассчитанных на одного или двух человек. Условием корректной работы инфракрасных устройств является возможность беспрепятственного прохождения сигнала к приемопередатчику, поэтому при использовании комплекта “клавиатура/джойстик” на клиентском компьютере иногда приходится неоднократно “перенацеливать” клавиатуру для того, чтобы предотвратить потерю сигнала. Единственным преимуществом инфракрасных устройств является их сравнительно невысокая стоимость, но проблемы надежности имеют более важное значение, чем вопросы экономии. Помимо этого, благодаря широкому диапазону цен на беспроводные инфракрасные устройства, в том числе и на комплекты “мышь/клавиатура”, эти аппаратные средства стали доступны практически каждому пользователю. Если вы собираетесь использовать компьютер для работы с широкоэкранным телевизором или в качестве презентационной системы, подумайте о приобретении Bluetooth-совместимых устройств с увеличенным радиусом действия, которые выпускаются Microsoft, Logitech и другими компаниями.

Возможности управления режимом питания беспроводных устройств ввода

Когда батареи садятся, беспроводная мышь становится практически бесполезной, поэтому производители аппаратного обеспечения разработали функции управления режимом питания, которые позволяют увеличить срок службы батарей. Это особенно важно для оптической мыши, в которой используются энергоемкие светоизлучающие диоды (СИД), необходимые для освещения поверхности. Например, датчик СИД, встроенный в беспроводную мышь Cordless Mouse Optical от компании Logitech, имеет четыре рабочих режима (табл. 15.3).

Таблица 15.3. Режимы питания мыши Logitech Cordless Mouse Optical

Режим	Количество световых импульсов в секунду	Примечание
Нормальный режим	1500	Используется только во время перемещения мыши
Режим накаливания	1000	Используется в момент остановки
Селекторный режим	10	Мышь не двигается более 2 минут
Импульсный режим	2	Мышь не двигается более 10 минут

Беспроводные клавиатуры активизируются только при нажатии какой-либо клавиши или использовании колесика прокрутки, существующего в некоторых моделях, поэтому их батареи служат гораздо дольше. Традиционная мышь шарового типа имеет более низкий уровень энергопотребления, чем оптическая, но практичность и точность последней имеют для большинства пользователей более важное значение, чем срок службы батарей.

Возможные проблемы беспроводных устройств

В том случае, если беспроводное устройство ввода данных не работает, необходимо обратить внимание на ряд факторов.

- **Отказ батарей.** На приемопередатчики, подключенные к системному блоку, напряжение питания подается непосредственно от компьютера; источником питания самих устройств ввода данных являются батареи. Обратите внимание на срок годности батарей и, если устройство не работает, попробуйте заменить батареи или отключите устройство.
- **Устройство и приемопередатчик не синхронизированы.** Используемые частоты устройства ввода данных и приемопередатчика должны совпадать друг с другом. В зависимости от конструкции синхронизация устройств может быть осуществлена простым нажатием кнопки или заменой батарей, после чего придется подождать несколько минут до полного восстановления контакта.
- **Интерференция модулей.** Обратите внимание на диапазон частот приемопередатчиков, используемых в беспроводных модулях. Для того чтобы получить подробную информацию о способах уменьшения интерференции устройств, обратитесь на сайт изготовителя. Как правило, в беспроводных устройствах, применяемых на смежных компьютерах, используются разные частоты.
- **Блокировка линии прямой видимости.** При использовании инфракрасных беспроводных устройств необходимо тщательно выверить линию прямой видимости, расстояние между устройством и компьютером, а также проверить работоспособность самого устройства. Пальцы, случайно закрывшие инфракрасный глазок устройства, могут стать причиной прерывания сигнала — это примерно то же самое, что закрыть пальцем объектив фотоаппарата во время съемки.
- **Конфликты, связанные с прерываниями последовательного порта.** Если беспроводная мышь, подключенная к последовательному порту, перестает работать после установки платы расширения, то причиной этого, по всей видимости, являются конфликты

прерываний, используемых данными устройствами. Для проверки этого воспользуйтесь диспетчером устройств Windows.

- **Отключение приемопередатчика.** Перемещение компьютера может привести к отключению приемопередатчика от клавиатуры, мыши PS/2, последовательного порта или порта USB. Устройство USB может быть подсоединено к системе без отключения электропитания. Но для корректной работы устройств других типов необходимо выключить систему, подсоединить кабель и перезагрузить компьютер.
- **Не включена поддержка режима USB Legacy.** Если беспроводное устройство, использующее приемопередатчик, подключенный к порту USB, работает в Windows, но отказывается работать в режиме командной строки, убедитесь, что поддержка режима USB Legacy осуществляется на уровне базовой системы ввода-вывода.

ГЛАВА

16

Подключение к Интернету

Способы подключения к Интернету

В настоящее время ведущую роль играют связи между компьютерами. Используя модем или локальную сеть, можно получить доступ к другим компьютерам, отправить и получить электронную почту или подключиться к Интернету. В данной главе рассматриваются способы подключения компьютера к глобальной сети.

Несмотря на то что некоторые пользователи все еще используют коммутируемые модемы, большинство пользователей ПК уже давно отдали предпочтение широкополосному доступу. В соответствии с данными портала WebSiteOptimization.com, в июле 2004 года количество широкополосных подключений к Интернету в США превысило количество коммутируемых — свыше 50,69% активных пользователей Интернета использовало скоростные подключения, в то время все остальные пользователи ограничивались подключениями с помощью коммутируемых модемов. Через четыре года, в июне 2008 года, количество пользователей широкополосного доступа к Интернету возросло до 90,49%, а значит, пользователи коммутируемых модемов составляли менее 10% от общего количества активных интернет-пользователей. Это очень неплохие результаты, ведь в 1995 году никто из домашних пользователей не мог воспользоваться преимуществами широкополосного доступа, а в 2000 году количество пользователей широкополосного доступа составляло лишь 8,9%.

Хотя широкополосные методы доступа к Интернету практически вытеснили коммутируемые, существует достаточно много пользователей коммутируемых модемов. Это связано с отсутствием или высокой стоимостью широкополосных методов доступа в определенных регионах. Коммутируемый доступ все еще часто используется пользователями, которым приходится много путешествовать. Кроме того, коммутируемые модемы часто рассматриваются как резервное средство доступа к Интернету. Коммутируемые модемы подробно рассмотрены во второй части настоящей главы.

Широкополосный доступ к Интернету

Сочетание внушительных многомегабайтовых загрузок, необходимых для обновления существующего программного обеспечения и поддержки аппаратных средств, динамических сайтов с музыкой и цифровыми видеофильмами, а также увеличение числа разнообразных сетевых сервисов ощутимо повышают интенсивность использования Интернета. Поэтому все больше пользователей переходят к различным типам широкополосного доступа к Интернету, в числе которых:

- кабельный модем;
- DSL;
- беспроводная связь;
- спутниковая связь;
- ISDN;
- выделенные линии.

Вам наверняка доступен по крайней мере один из перечисленных способов. Для жителей большого города количество возможных широкополосных решений увеличивается. Именно технологиям широкополосного доступа и посвящен первый раздел главы.

Кабельные модемы

Подключение к Интернету возможно по сетям кабельного телевидения (CATV), что позволяет совмещать телевизионное вещание и передачу данных. Как и в случае ISDN, устройство, используемое для подключения компьютера к сети кабельного телевидения, по привычке называют модемом. Так называемый "кабельный модем" (именно этот термин будет использоваться далее) и в самом деле служит для модуляции и демодуляции сигнала, но, кроме того, он выполняет функции тюнера, сетевого моста, дешифратора, агента SNMP и концентратора. Вместо этого большинство современных подключений предполагает кабельное подключение к внешнему модему, который подключен кабелем Ethernet к маршрутизатору, к которому, в свою очередь, с помощью кабеля Ethernet может быть подключено от 1 до 255 компьютеров. Несмотря на возможность прямого подключения ПК к кабельному модему с помощью кабеля Ethernet или (в некоторых случаях) USB, я не рекомендую данный способ подключения, поскольку он исключает использование маршрутизатора. Я всегда рекомендую использовать маршрутизатор между кабельным, DSL- или спутниковым модемом и ПК, поскольку маршрутизатор не только позволяет подключить к Интернету несколько компьютеров, но и обеспечивает функции брандмауэра, защищающего компьютеры от вирусных атак из Интернета. Некоторые кабельные модемы оснащены маршрутизатором, а значит, вам не потребуется приобретать отдельное устройство.

Совет

Для достижения максимальной скорости передачи данных и эффективного доступа к информации рекомендуется подключить кабельный модем к маршрутизатору, который затем подключить к порту Ethernet компьютера. Доступны также комбинированные устройства, объединяющие в себе как модем, так и маршрутизатор.

Использование кабельного модема

Такой модем подключается к сети кабельного телевидения с помощью обычного коаксиального кабеля (рис. 16.1). Кабельный модем служит мостом между домашней сетью, реализованной с помощью витой пары или беспроводных технологий, и гибридной сетью оператора кабельного телевидения.

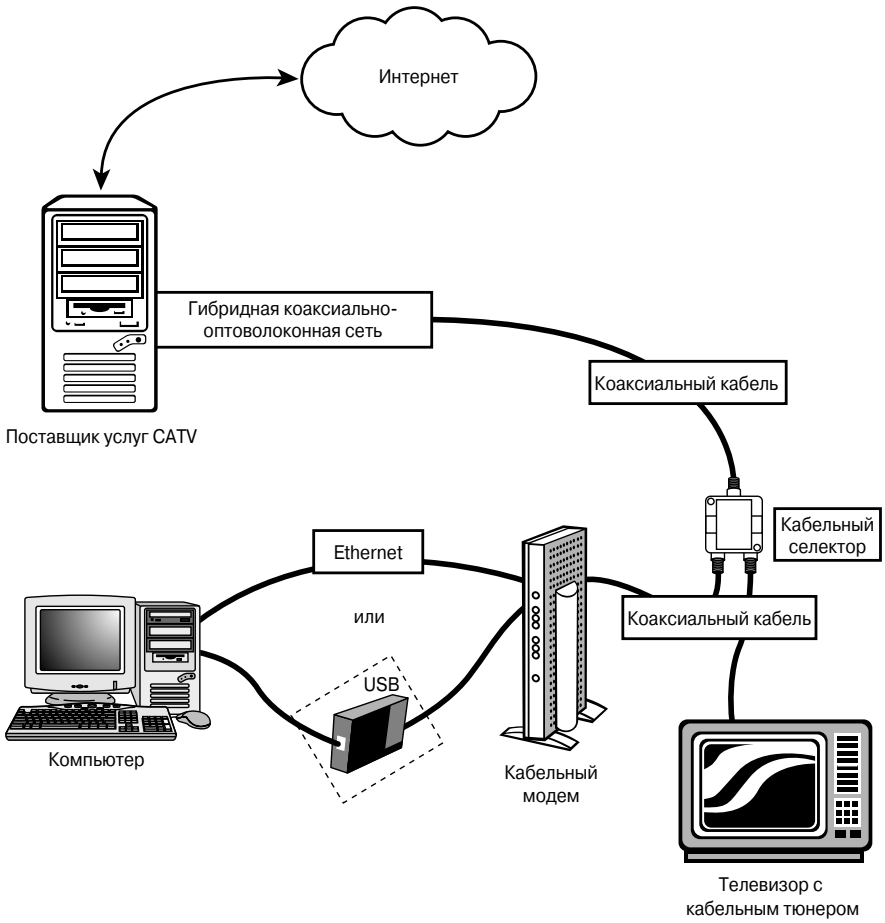


Рис. 16.1. Типичная комбинированная оптико-коаксиальная кабельная система с двусторонним кабельным модемом

Изначально компании, предоставляющие доступ к Интернету, арендовали кабельные модемы пользователям службы CATV. Это было связано с тем, что каждый кабельный модем, предназначенный для определенной сети CATV, должен был соответствовать конкретной системе передачи данных, используемой поставщиком услуг CATV. В конце 1998 года компании стали использовать модемы, совместимые со стандартом *DOCSIS* (Data Over Cable Service Interface Specification — спецификация интерфейса передачи данных по телевизионному кабелю), разработанным компанией CableLabs. Модемы, соответствующие стандарту DOCSIS, проходят сертификацию CableLabs. Полный список сертифицированных кабельных модемов представлен на сайте `www.cablelabs.com`.

Многие производители традиционных модемов и различных коммуникационных устройств, к которым относятся Zoom Telephonics, 3Com, Motorolla, Cisco, D-Link и другие компании, в настоящее время разрабатывают модемы, совместимые со стандартом CableLabs Certified Cable Modem. Модели, поддерживаемые поставщиком интернет-услуг, могут отличаться одна от другой, что зависит от используемого стандарта DOCSIS. Основные характеристики этих стандартов приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1. Основные характеристики стандартов DOCSIS

Стандарт DOCSIS	Особенности	Примечание
1.0	Основная служба широкополосного кабельного телевидения (кабельный модем)	Исходная версия стандарта DOCSIS; вышла в марте 1997 года
1.1	Поддержка дифференциальной системы оплаты (когда стоимость услуг зависит от быстродействия кабельного соединения), увеличенная скорость передачи данных, возможность создания домашних сетей и поддержка интернет-телефонии на базе пакетной передачи данных за уменьшенную плату	Обратная совместимость с DOCSIS 1.0; вышла в апреле 1999 года
2.0	Более высокая по сравнению с DOCSIS 1.0 и 1.1 скорость передачи входящих/исходящих данных; поддержка высокоскоростных двусторонних бизнес-служб	Обратная совместимость DOCSIS 1.0 и 1.1; вышла в декабре 2001 года
3.0	Повышенная производительность; объединение каналов, поддержка протокола IP версии 6 (IPv6)	Обратная совместимость с DOCSIS 2.0; вышла в августе 2006 года

Большинство кабельных операторов требуют наличия модема, поддерживающего как минимум стандарты DOCSIS 2.0 и 3.0. Обязательно узнайте у оператора конкретные минимальные требования к оборудованию перед тем, как покупать и устанавливать кабельный модем. Чтобы проверить уровень сертификации кабельного модема, загрузите список сертифицированных модемов с сайта `www.cablemodem.com`. Большинство кабельных модемов также поддерживают собственную веб-страницу администрирования, содержащую сведения о версии DOCSIS и статусе модема. Для просмотра страницы введите `192.168.100.1` в адресной строке браузера и нажмите клавишу <Enter>. Если вы неожиданно столкнулись с проблемами в работе кабельного модема, рекомендую обратиться за помощью к провайдеру. Порой провайдеры реализуют новые функции или просто вносят изменения в параметры работы сети, для поддержки которых может потребоваться обновление прошивки модема.

Примечание

Кабельные провайдеры Интернета значительно увеличили скорость передачи данных за последние несколько лет. Если вашему модему несколько лет, он может соответствовать только стандарту DOCSIS 1.1 или более ранним, что ограничивает возможные скорости передачи данных. Например, при использовании модема DOCSIS 1.1 мне удалось достичь скорости загрузки до 8 Мбит/с и скорости выгрузки — 2 Мбит/с (согласно результатам сайта `www.Speedtest.net`). После замены модема новой моделью с поддержкой стандарта DOCSIS 2.0 скорость загрузки возросла до 20 Мбит/с, а выгрузки — 8 Мбит/с. Как видите, достигнуто трехкратное увеличение производительности! Убедитесь, что ваш модем соответствует стандарту DOCSIS 2.0, чтобы гарантировано получить быстродействие, за которое вы платите.

В большинстве случаев стоимость кабельного модема составляет примерно 50–100 долларов (для сравнения: аналоговый модем стоит 5–40 долларов); тем не менее перед приобретением модема узнайте, какие модели поддерживаются поставщиком интернет-услуг и не придется ли брать кабельный модем в аренду в обязательном порядке.

Если планируется пользоваться кабельным модемом больше года, лучше приобрести устройство, совместимое со стандартом CableLabs. В то же время аренда модема может пригодиться тем пользователям, которые не уверены в продолжительности пользования услугами CATV. Аренда модема обойдется примерно в 5 долларов в месяц плюс 20–40 долларов ежемесячной абонплаты за услуги поставщика кабельного доступа к Интернету.

Обычно кабельный модем выглядит, как внешний блок, имеющий разъем подключения телевизионного кабеля, а также порты USB и/или Ethernet. Кабельный модем можно подключить и к отдельному компьютеру, хотя, учитывая вопросы безопасности и совместного использования канала, такой подход не рекомендован. Некоторые кабельные модемы имеют встроенный маршрутизатор, но я предпочитаю использовать отдельные устройства; в этом случае встроенный маршрутизатор можно отключить. Типичный кабельный модем показан на рис. 16.2.



Рис. 16.2. Кабельный модем BEFCMU10, сертифицированный компанией CableLabs для стандарта DOCSIS 2.0

Полоса пропускания сети CATV

Кабельное телевидение иногда называют *широкополосной сетью*. Это означает, что для одновременной передачи нескольких сигналов полоса пропускания разбивается на части. Разные диапазоны соответствуют разным транслируемым телевизионным каналам. Ширина полосы пропускания гибридной коаксиально-оптоволоконной сети равна приблизительно 750 МГц, а для каждого канала требуется 6 МГц. Поскольку для работы телевизионных каналов используются частоты, начиная с 50 МГц, второму каналу будет соответствовать диапазон частот 50–56 МГц, третьему — 57–63 МГц и т.д. При таких условиях гибридная коаксиально-оптоволоконная сеть может поддерживать около 110 каналов.

При передаче данных кабельными системами для входящего потока данных (идущего от сети кабельного телевидения к кабельному модему) обычно выделяется полоса пропускания одного канала из диапазона частот 50–750 МГц. В этом случае кабельный модем выполняет функцию тюнера в телевизоре.

Для исходящего потока данных (передаваемых компьютером через сеть) используется другой канал. Для исходящих сигналов различного типа (например, позволяющих выполнять программирование) системами кабельного телевидения обычно резервируется диапазон 5–42 МГц. В зависимости от доступной полосы пропускания может оказаться, что ваш провайдер кабельного телевидения не позволяет передавать данные с такой же высокой скоростью, как принимать. Такую сеть называют *асимметричной*.

Пропускная способность входного канала зависит от типа используемой модуляции главного узла (от системы, к которой подключается компьютер с помощью сети кабельного телевидения). При использовании технологии 64 QAM существует возможность принимать данные со скоростью 27 Мбит/с. Разновидность этой технологии — 256 QAM — позволяет повысить скорость входящих данных до 36 Мбит/с. К сожалению, данные скорости являются чисто теоретическими; большинство провайдеров ограничивают полосу пропускания значением 6–8 Мбит/с. Скорость исходящего потока еще меньше, обычно от 284 до 768 Кбит/с.

Стоимость услуг CATV-доступа к Интернету

Стоимость подключения к Интернету через сеть кабельного телевидения составляет 20–40 долларов в месяц, что дороже услуг коммутируемого доступа, но при этом не используется телефонная линия и обеспечивается круглосуточный доступ к Интернету. Единственным препятствием может быть то, что в вашем регионе такие услуги не предоставляются. Эта технология превосходит все остальные способы доступа к Интернету по скорости, экономичности и удобству. Наиболее близким конкурентом CATV является цифровая абонентская линия (DSL), пока что не получившая достаточно широкого географического распространения

ввиду слабой координации систем между ISP и телефонными компаниями. Подключение к Интернету с помощью кабельного модема позволяет решить одновременно множество задач, установить в считанные дни соответствующее оборудование и избежать каких-либо проблем, связанных с другими типами широкополосных технологий Интернета.

Цифровая абонентская линия (DSL)

Новейшим средством быстрого доступа к Интернету является DSL (Digital Subscriber Line). Услуги DSL предоставляются телефонными компаниями, которые используют обычные аналоговые телефонные линии связи, подходящие для большинства видов DSL, за исключением самых быстрых и дорогих. DSL применяется там, где невозможно использовать кабельный модем и требуется высокоэффективная, более дешевая альтернатива ISDN или линиями T-1/T-3

Примечание

В некоторых технических документах вместо термина "DSL" используется "*x*DSL". Символ *x* обозначает версию технологии DSL, которая предлагается локальными телефонными компаниями и провайдерами интернет-услуг. В общем случае термин "DSL" используется для обозначения практически любого типа цифровой абонентской линии.

Принцип работы DSL

Широкополосная технология DSL предназначена для телефонных сетей и использует возможности телефонной инфраструктуры по передаче данных на разных частотах, что позволяет проводить высокоскоростную передачу данных и телефонный разговор одновременно. Для передачи и получения сигналов асимметричной DSL (ADSL) применяются два метода:

- метод амплитудной/фазовой модуляции с подавлением несущей (Carrierless Amplitude/Phase — CAP);
- метод дискретной многотоновой модуляции (Discrete Multitone — DMT).

В ранних системах DSL преимущественно использовался метод CAP, при котором полоса пропускания телефонной линии подразделялась на три частотных диапазона. В зависимости от типа системы использование каждой частоты имеет определенные отличия, однако существуют параметры, типичные для всех диапазонов:

- голосовые вызовы используют частоту от 30 Гц до 4 кГц (эта же частота применятся автоответчиками, факсами и охранными системами);
- передача данных, например запросов веб-страниц или электронной почты, осуществляется на частоте 25–160 Гц;
- получение данных, например содержимого веб-страниц и электронной почты, проводится на частоте от 240 кГц до 1,5 МГц.

В некоторых системах для получения данных используется частотный диапазон 300–700 Гц, а для передачи — 1 МГц и выше.

Поскольку передача голоса, получение и отправка данных осуществляются на разных частотах, пользователь имеет возможность говорить по телефону, работать в Интернете и отправлять электронную почту одновременно.

При использовании метода DMT, который нашел применение в технологии ADSL (разновидность DSL), телефонная линия подразделяется на 247 каналов по 4 кГц. Если использование какого-то канала вызывает определенные проблемы, вместо него автоматически применяется канал, обладающий лучшими характеристиками. В отличие от CAP система DMT характеризуется применением частотного диапазона канала для отправки и получения данных, начиная примерно с 8 кГц.

Оба метода подвержены интерференции, связанной с телефонной линией и другими устройствами. Для предотвращения интерференции телефонных сигналов с частотным диапазо-

ном свыше 4 кГц, т.е. там, где начинаются сигналы DSL, применяются низкочастотные фильтры. Расположение фильтров зависит от типа используемой службы DSL и ее первоначальной настройки.

В центральном коммутаторе данные DSL передаются устройству, получившему название *мультиплексор DSL-доступа* (DSL Access Multiplier — DSLAM), которое передает исходящие сигналы в Интернет, а полученные сигналы — приемопередатчику (*трансиверу*) DSL. Именно так более корректно называется DSL-модем, подключаемый к компьютеру пользователя.

Использование DSL

Расстояние до центрального телефонного узла является важным параметром как для пользователей ISDN, так и при DSL-подключении. Например, большинство служб DSL требуют, чтобы конечный пользователь находился на расстоянии не более трех миль от телефонного узла, предоставляющего службы DSL. В некоторых случаях это расстояние сокращается до 2,5 миль, поскольку чем больше расстояние, тем меньше скорость передачи данных. Для установления соединения на большем расстоянии применяются репитеры (ретрансляторы) или локальные повторители, реализуемые на телефонном узле с помощью волоконно-оптических линий. Скорость DSL-соединения меняется в зависимости от расстояния: чем ближе пользователь к телефонной станции, тем выше скорость. Многие телефонные станции, на которых организуются службы DSL, имеют сайты, где представлена вся необходимая информация о типах DSL, доступных для сторонних пользователей.

Чтобы найти нужных поставщиков услуг DSL, сравнить ценовую политику и узнать мнения пользователей о применении DSL в Северной Америке, посетите сайт `www.dslreports.com`. На нем представлены обзоры множества провайдеров, отклики пользователей и рейтинг каждого поставщика услуг DSL в пяти категориях.

Основные типы DSL

Термин *DSL*, используемый в рекламных объявлениях и технических документах, может быть отнесен практически к любой разновидности цифровой абонентской линии. Существует великое множество типов линий DSL, которые используются в самых разных ситуациях. В этом разделе рассматриваются наиболее распространенные формы DSL, а также приводится таблица, в которую сведены основные параметры различных типов сервиса DSL. Несмотря на все разнообразие сервисов DSL, провайдеры, как правило, предлагают варианты, описанные ниже.

- **ADSL (Asymmetrical DSL).** Используется чаще всего. Скорость входящих потоков данных при использовании ADSL значительно выше скорости исходящих. Однако для большинства пользователей это не проблема, поскольку к Интернету обычно подключаются для того, чтобы загружать веб-страницы и файлы. При этом максимальная скорость входящих данных составляет 9 Мбит/с, а исходящих — 640 Кбит/с. Фирмы, осуществляющие подключение к ADSL, предлагают разные наборы услуг с меньшей скоростью передачи данных за более низкую цену. Для передачи речи выделяется небольшая часть полосы пропускания, что позволяет использовать ту же линию, что и для передачи данных. По сравнению с некоторыми другими типами DSL стоимость подключения линии ADSL выше.
- **CDSL (Consumer DSL).** Более "медленный" тип DSL, позволяющий загружать данные со скоростью 1 Мбит/с; разработан компанией Rockwell — производителем наборов микросхем для модемов.
- **G.Lite (также используются названия Universal DSL, DSL Lite и splitterless DSL).** Тип DSL, для которого скорость входящего потока данных находится в пределах 1,544–6,0 Мбит/с, а скорость исходящего потока — 128–384 Кбит/с. Это наиболее популярный вид DSL, поскольку позволяет использовать самонастраивающееся оборудование. Следует отметить, что поставщик услуг DSL может использовать более низкие скорости передачи данных, так что перед подключением лучше ознакомиться с его условиями.

- **SDSL (Symmetrical DSL).** Этот тип DSL обеспечивает одинаковую скорость как для входящих, так и для исходящих потоков данных. Как правило, SDSL больше подходит для компаний, а не для индивидуальных пользователей, так как для организации линии SDSL требуется новая кабельная разводка (вместо существующей телефонной линии). Довольно часто требуется заключать долгосрочный контракт на пользование услугой.

В цифровых абонентских линиях любого типа внешнее устройство, получившее название *DSL-модем*, подключается к компьютеру с помощью таких кабелей:

- кабель типа "витая пара", идущий к сетевому адаптеру Ethernet или к порту системного блока;
- кабель USB, идущий к порту USB системного блока.

Как и в случае с кабельным модемом, DSL-модем следует подключать к компьютерам через маршрутизатор. DSL-модем отличается от кабельного тем, как осуществляется подключение к Интернету. К телефонной розетке DSL-модем подключается обычным телефонным проводом с разъемом RJ-11.

Чтобы предотвратить интерференцию между телефонными и высокочастотными сигналами в каналах DSL, используются разветвители или микрофильтры.

При инсталляции системы DSL устанавливают небольшие устройства, называемые *микрофильтрами*, которые позволяют избежать интерференции телефонов, автоответчиков и других подобных устройств. Микрофильтры обычно располагают за лицевой панелью сетевой розетки, используемой для DSL, или же устанавливают между телефоном/автоответчиком/аппаратом факсимильной связи и сетевой розеткой (рис. 16.3).

Совет

Если к телефонной линии подключена какая-либо система защиты, выбор DSL в качестве широкополосной линии может вызвать ряд существенных проблем. Системы безопасности зачастую предназначены для полного управления телефонной линией и способны прервать телефонный разговор, чтобы отправить сигнал тревоги охранной компании. Эта функция неработоспособна при использовании стандартных микрофильтров, поэтому, для того чтобы охранная система сосуществовала со службой DSL, необходимо приобрести специальный фильтр.

Стоимость услуг DSL-доступа к Интернету

Цены на доступ DSL существенно различаются; в данном случае многое зависит от обеспечиваемой телефонной компанией скорости передачи данных, а также от используемой технологии. Большинство современных предложений предполагает использование асимметричных подключений DSL — скорость загрузки данных превышает скорость их выгрузки. Соединения ADSL используют обычные телефонные линии, тогда как для соединений SDSL требуется прокладывать высококачественные медные провода.

За доступ к Интернету без ограничения по трафику придется заплатить от 20 до 80 долларов в зависимости от типа IP-адреса (статический или динамический) и скорости передачи данных (обычно от 256 Кбит/с до 1,5 Мбит/с). Для организаций, как правило, предлагаются тарифные планы стоимостью от 50 до 500 долларов в месяц.

Такой разброс цен в значительной мере зависит от обеспечиваемой скорости выгрузки данных. Дешевые тарифные планы предполагают низкую скорость выгрузки (как правило, речь идет об ADSL-подключениях); в то же время высокая стоимость характерна для SDSL-соединений. Поэтому, прежде чем принимать решение о подключении, ознакомьтесь со всеми ценовыми предложениями в своем регионе.

Фиксированная беспроводная широкополосная сеть

Если вы находитесь вне зоны досягаемости сети кабельного телевидения CATV или цифровой абонентской линии (DSL), а также не испытываете особого желания устанавливать на крыше спутниковую антенну, воспользуйтесь услугами провайдеров беспроводной широко-

полосной сети, которые предоставят широкополосный доступ к Интернету. Эти службы используют для подключения к Интернету сигналы на разных радиочастотах, но чаще всего применяется частота 2,4 ГГц, характерная для беспроводных адаптеров Wi-Fi (с протоколом 802.11). Подключение к этим службам требует направленной антенны, монтируемой в наивысшей точке дома; при этом должна обеспечиваться прямая видимость до передатчика, обычно находящегося на телевышке. Эти службы имеют локальный характер, так что ищите их поставщиков в близлежащем районе. Лично я считаю, что этот тип подключения более приемлем, чем спутниковые каналы, для мест, где нет возможности кабельного или DSL-подключения. Беспроводное фиксированное подключение меньше зависит от погодных условий, к тому же стоимость оборудования, необходимого для установки, значительно ниже.

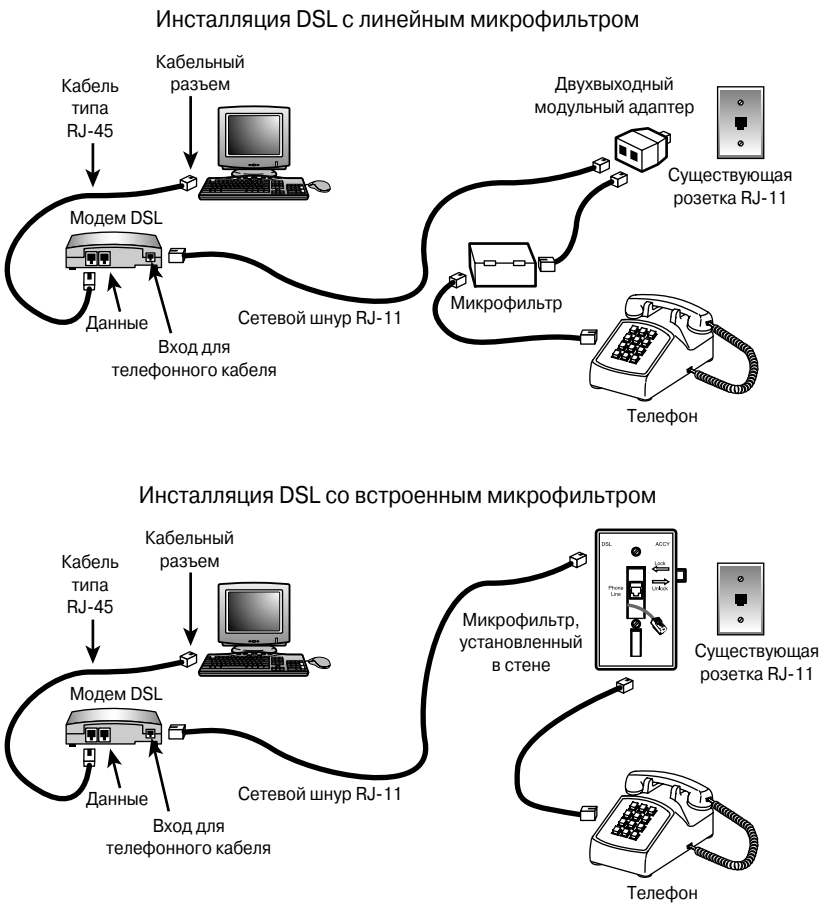


Рис. 16.3. Два типа установки DSL. Если для установки отдельной линии DSL применяется разветвитель, то показанные на рисунке микрофильтры не используются

WiMax — это новый стандарт фиксированного беспроводного подключения, предлагающий скорости, сравнимые со скоростью выделенных линий T1 (1,5–3,0 Мбит/с в дуплексном режиме). Ежемесячная плата составляет примерно 500 долларов в месяц и выше в зависимости от скорости соединения.

Операторы мобильной связи также предлагают высокоскоростные беспроводные подключения к Интернету через свои сети. Как правило, такое подключение реализуется с помощью

модема с интерфейсом CardBus или ExpressCard для ноутбуков. Несмотря на возможность подключения таких модемов к настольным системам, целесообразность данного подхода сомнительна, поскольку скорость соединения и ценовая политика не идут ни в какое сравнение с кабельным или DSL-подключением.

Также существует возможность связать компьютер с Интернетом через обычный сотовый телефон, подключив его к компьютеру через порт USB или Bluetooth. После этого мобильный телефон можно использовать как обычный модем. К примеру, свой ноутбук я могу подключить по интерфейсу Bluetooth к мобильному телефону, а затем дать инструкцию телефону подключиться к Интернету, таким образом создавая каскадное беспроводное подключение.

Скорость такого подключения зависит от несущей частоты и поддерживаемой службы. Так называемые технологии *3G* поддерживают скорость от 400 до 700 Кбит/с. Хотя это и намного меньше, чем предлагают беспроводные точки подключения Wi-Fi, данное подключение доступно в любом месте, где мобильный телефон способен принять сигнал. Замечу, что подключение через мобильный телефон сильно уступает в производительности плате, установленной в компьютер.

Как правило, платы модемов можно приобрести у того оператора мобильной связи, к которому выполняется подключение. Поскольку технологии постоянно изменяются, равно как и ценовые пакеты, самую свежую информацию можно получить у своего оператора мобильной связи. Обычно цена сотового модема находится в пределах от 100 до 200 долларов, а абонентская плата за услуги составляет около 60 долларов в месяц. Несмотря на относительную дороговизну по сравнению с кабельным или DSL-подключением, для тех, кому часто приходится быть в дороге, вдали от точек доступа Wi-Fi и гостиничных номеров, данный вариант окажется весьма приемлемым.

Доступ к Интернету с помощью спутника

Если в вашем районе нет возможности подключиться к Интернету с помощью кабельного модема либо у вас уже установлена спутниковая антенна DirecTV или Dish Network, посмотрите с балкона на южную сторону неба. При наличии четкого обзора под углом 45° в сторону экватора и желании быстро загружать большие файлы обратите внимание на систему высокоскоростного спутникового доступа HughesNet или StarBand.

Примечание

Геосинхронные спутники, используемые для передачи телевизионных сигналов и трафика Интернета, видимы в южной стороне неба для пользователей, находящихся в Северном полушарии (Северная Америка, Европа и Азия). Если вы находитесь в Южном полушарии (Южная Америка, Австралия, Африка), то спутники будут видимы в северной стороне неба.

Службы спутникового доступа к Интернету, как правило, характеризуются меньшей скоростью и более высокой стоимостью по сравнению с подключением с помощью кабельных и DSL-модемов, а также фиксированной беспроводной связи; их не следует принимать во внимание при наличии любых других способов доступа к Интернету. Однако для пользователей отдаленных районов спутниковый доступ к Интернету будет единственно доступным вариантом. К крупнейшим провайдерам спутникового доступа к Интернету в США относятся компании HughesNet, WildBlue и StarBand.

Принцип работы HughesNet

В середине 2001 года компания Hughes Network Systems переименовала службу спутникового доступа DirecPC в DirecWay, что было связано с появлением дуплексной версии этой службы. Впоследствии, в 2006 году, эта служба получила название HughesNet. В изначальной версии службы DirecPC спутник использовался только для загрузки информации — выгрузка осуществлялась через обычный коммутируемый модем. В 2002 году стал возможным двусторонний обмен информацией со спутником.

Компания HughesNet предлагает спутниковый доступ к Интернету в сорока восьми штатах США, а также на юге Канады, используя двенадцать спутников на геостационарной орбите над экватором, а также несколько расположенных на Земле шлюзов, используемых для "связывания" спутников и сети Интернет. HughesNet использует диапазоны Ku и Ka, что зависит от региона и используемого оборудования. Диапазон Ku предполагает покрытие целевой территории одним широким лучом, в то время как диапазон Ka предполагает использование точечных лучей. Как правило, в новых комплексах используется диапазон Ka, если отсутствуют какие-либо ограничения.

Комплект оборудования HughesNet обычно состоит из овальной антенны диаметром 0,74 м и внешнего спутникового модема. Модем оснащен встроенным интерфейсом с портом Ethernet. Для бизнес-пользователей и особо удаленных территорий доступна круглая антенна диаметром 0,98 м, а также мощный радиопередатчик (2 Вт вместо 1 Вт). Компания HughesNet предлагает целый ряд тарифных планов, отличающихся скоростью загрузки/выгрузки и ежемесячной платой.

Помимо месячной абонентной платы, также приходится платить за использование оборудования. HughesNet предлагает арендовать антенну и/или модем, а также позволяет приобрести устройства, заплатив от 100 до 300 долларов и выше, что зависит от маршрута подключения и выбранного оборудования. Чем больше размер антенны и мощность передатчика, тем большие быстродействие и область покрытия будут обеспечены.

WildBlue

WildBlue — один из самых "молодых" среди основных провайдеров спутникового доступа к Интернету (предоставляет услуги с июня 2005 года). WildBlue предлагает спутниковый доступ к Интернету в сорока восьми штатах США, а также на юге Канады, используя два спутника на геостационарной орбите над экватором, а также несколько расположенных на Земле шлюзов, используемых для "связывания" спутников и Интернета. HughesNet пользуется диапазоном Ka, который использует несколько точечных лучей вместо одного широкого луча, как это имело место при использовании диапазона Ku и устаревшего оборудования.

Комплект оборудования WildBlue обычно состоит из антенны размерами 50,80×66 см и внешнего спутникового модема. Модем оснащен встроенным интерфейсом с портом Ethernet, который должен быть подключен к порту. Для бизнес-пользователей и особо удаленных территорий доступна антенна WAN маршрутизатора, что позволяет предоставить доступ к Интернету всем компьютерам в сети.

Компания WildBlue предлагает целый ряд тарифных планов, отличающихся скоростью загрузки/выгрузки и ежемесячной платой.

Помимо месячной абонентной платы, также приходится платить за использование оборудования. WildBlue предлагает арендовать антенну и модем за 6 долларов в месяц (первоначальный взнос составляет 100 долларов).

StarBand

В апреле 2000 года появилась компания StarBand — первый провайдер двусторонней спутниковой связи, ориентированной прежде всего на домашних пользователей. В 2005 году компания StarBand была приобретена компанией Spacenet, которая также предоставляет спутниковый доступ к Интернету бизнес-пользователям, используя торговую марку Connexstar.

StarBand предлагает спутниковый доступ к Интернету в сорока восьми штатах США, а также на Гавайях, Аляске, в Пуэрто-Рико и на Виргинских островах, используя диапазон Ku и покрывая с помощью одного широкого луча территории большой площади.

Комплект оборудования StarBand обычно состоит из антенны размерами 60×90 см и внешнего спутникового модема. Модем оснащен встроенным интерфейсом с портом Ethernet. Для жителей Гавайев, Аляски, Пуэрто-Рико и Виргинских островов доступна антенна размером 1,2 м, а также мощный радиопередатчик. Компания StarBand предлагает два тарифных плана, отличающихся скоростью загрузки/выгрузки и ежемесячной платой.

Помимо месячной абонентной платы, необходимо платить за использование оборудования. Стоимость оборудования StarBand составляет 300 долларов и больше, что зависит от выбранных моделей устройств.

Реальная производительность

Использование команды `ping` приводит к плохим результатам. Это связано с тем, что пакет должен пройти путь от земли в космос и обратно, поэтому выполнение команды `ping` занимает по меньшей мере 400–600 мс. Интерактивные оценочные тесты также не прибавят оптимизма. Задержки, вызванные значительной удаленностью геосинхронного спутника (примерно 30 тыс. км), не ставят спутниковую связь в один ряд с такими подключениями, как кабельное или по цифровой абонентской линии. В то же время обеспечиваемая скорость значительно выше, чем у коммутируемого канала. Средняя пропускная способность спутникового канала составляет 1000 Кбит/с, хотя при некоторых обстоятельствах может быть и вдвое больше. О том, как повысить скорость, можно узнать на различных форумах и сайтах, посвященных спутниковому подключению к Интернету.

Погодные условия могут существенно отразиться на качестве спутниковых соединений. Облака и бури не представляют серьезной опасности до тех пор, пока ураган не станет слишком сильным. Однако настоящую проблему могут вызвать снег и лед, которые накапливаются на антенне. Поэтому имеет смысл устанавливать антенну в таком месте, где ее можно будет легко чистить.

В связи со значительными задержками, высокой стоимостью и чувствительностью к погодным условиям спутниковый доступ к Интернету предлагается ограниченным количеством компаний. Однако, если альтернативу составляют только коммутируемый доступ и дорогие линии T1, спутниковый доступ будет весьма неплохим вариантом. Более того, для пользователей, которые живут вдали от больших городов и которым кабельные и DSL-подключения недоступны, спутниковый доступ станет единственным выходом.

Сеть ISDN

Для того чтобы преодолеть ограничения скорости асинхронных модемов, необходима полностью цифровая связь. Появление *цифровой сети с интеграцией служб* ISDN стало следующим шагом в развитии телекоммуникаций. Скорость коммутируемых подключений ограничена законом Шеннона (о нем мы поговорим позже). Для преодоления этих ограничений был необходим переход к полностью цифровым технологиям. Сеть ISDN стала первым шагом на пути к цифровым телекоммуникациям. С помощью технологии ISDN можно организовать канал доступа к Интернету с быстродействием 128 Кбит/с. Так как этот стандарт был разработан телефонными компаниями, можно встретить самое широкое многообразие тарифных планов. В зависимости от выбранного пакета ISDN можно использовать только для Интернета, для голосовой и факсимильной связи, а также для проведения телеконференций.

Телефонные компании различных регионов могут предложить вам как каналы ISDN, так и более современные цифровые абонентские линии DSL. Поскольку сеть ISDN создавалась не для организации каналов доступа к Интернету, ее скорость значительно меньше, чем у других типов широкополосных подключений. Абонентская плата за канал ISDN обычно вдвое превышает стоимость любого другого широкополосного подключения.

ISDN не предъявляет к телефонной линии таких жестких требований, как DSL, так что этот вариант можно предложить для тех регионов, где создать канал DSL невозможно без существенных инвестиций в модернизацию телефонной станции.

Выделенные линии

Для пользователей с высокими требованиями к пропускной способности линии (и тугими кошельками) существует возможность установить цифровую связь между двумя объектами, арендовав линию со скоростью передачи данных, значительно превосходящей возможности ISDN. *Выделенная линия* — это круглосуточное высокоскоростное цифровое соединение

с коммерческой организацией, предоставляющей доступ к Интернету. Крупные компании часто используют выделенные линии для объединения локальных сетей нескольких своих филиалов, а также для доступа к Интернету. Некоторые стандарты выделенных линий описываются в следующих разделах.

Чтобы установить связь между сетями, расположенными на большом расстоянии друг от друга или объединяющими большое количество пользователей Интернета (особенно с организациями, которые сами будут предоставлять интернет-услуги), лучше всего воспользоваться соединением *T-1*. Это цифровое соединение позволяет передавать данные со скоростью 1,55 Мбит/с, что более чем в десять раз превосходит скорость передачи данных по линии ISDN. Канал T-1 может быть разделен на двадцать четыре отдельные линии, передающие данные со скоростью 64 Кбит/с каждая, или использован как один мощный канал передачи данных (рис. 16.4). Некоторые поставщики интернет-услуг предоставляют возможность использования любой полосы соединения T-1 (с шагом 64 Кбит/с).

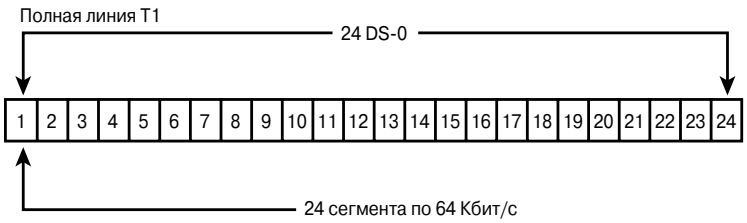


Рис. 16.4. Схема возможного разделения канала T-1

Взаимодействие конкретного пользователя с линией T-1 осуществляется через провайдера. Обычно провайдер использует одну (или более) линию T-1 либо T-3, которая является "магистральным каналом" Интернета. Такое соединение иногда называют *точкой присутствия*. При подключении к провайдеру вам выделяется часть канала T-1. В зависимости от количества пользователей, подключенных в настоящее время к провайдеру, будет изменяться пропускная способность линии: чем больше пользователей обращается к услугам высокоскоростного соединения, тем медленнее будет работать каждая его отдельная часть, даже если скорость передачи данных модемом остается постоянной. Это напоминает разрезание пиццы на все более мелкие кусочки, чтобы угостить ею как можно больше людей на вечеринке. Поддерживать высокую скорость соединения провайдерам приходится за счет увеличения числа линий T-1 или перехода к более быстрой линии T-3.

Примечание

Линия связи T-3 по своей пропускной способности эквивалентна приблизительно двадцати восьми линиям T-1, что обеспечивает скорость передачи данных 45 Мбит/с и наилучшим образом подходит для очень больших сетей и даже университетских городков.

Постоянное развитие Интернета и увеличение спроса на высокоскоростной доступ привели к существенному уменьшению цен на аренду линий T-1; тем не менее типичный пакет услуг обойдется в несколько сотен долларов. Организацией каналов T-1 занимаются телефонные компании и сторонние провайдеры. Сегментная или разделенная линия T-1 (позволяющая использовать различную пропускную способность линии вплоть до максимального значения в 1,5 Мбит/с) обойдется дешевле, чем полноценная выделенная линия. Скорость передачи данных по каналам T-1 сопоставима с максимальными показателями DSL и кабельных модемов, однако большинство служб T-1 предоставляют постоянную полосу пропускания (в отличие от кабельных модемов), и им не свойственны потенциальные проблемы, возникающие при замене телефонной станцией старых телефонных линий цифровыми службами (в отличие от DSL).

Сравнение высокоскоростных средств доступа к Интернету

Существует только один способ выбраться из множества запутанных схем оплаты кабельного и спутникового модемного сервиса, DSL и фиксированного беспроводного подключения — вычислить среднюю стоимость 1 Кбит/с загруженных данных (СД). Эту величину можно определить самостоятельно, разделив ежемесячную плату (ЕП) на среднюю скорость сервиса (СКР):

```
ЕП/СКР=СД
```

К примеру, если ежемесячная абонентская плата за кабельное подключение составляет 50 долларов (включая аренду модема), а максимальная скорость достигает 1 Мбит/с, воспользуйтесь этой формулой, и получится, что 1 Кбит/с такого сервиса стоит примерно 5 центов.

С помощью этой формулы можно оценить финансовую эффективность тех или иных пакетов подключения. Не забывайте также учитывать стоимость необходимого оборудования. Если вы оплатили оборудование или его установку авансом, разделите авансовую плату на число месяцев, в течение которых собираетесь пользоваться данным сервисом. Для получения точного результата прибавьте полученное число к ежемесячной стоимости сервиса.

Что можно сказать о типичном коммутируемом модеме, предположив, что скорость входящих потоков данных равна 50 Кбит/с? Воспользовавшись услугами провайдера Juno (14,95 доллара в месяц) и предположив, что аренда аналогового модема не оплачивается, получаем стоимость 1 Кбит/с данных, равную 29,9 цента, т.е. почти в три раза больше, учитывая, что скорость передачи данных в десять раз меньше, чем у кабельного модема.

Скорости соединений с Интернетом, указанные в порядке возрастания, приведены в табл. 16.2.

Таблица 16.2. Скорости соединений с Интернетом различных типов

Тип соединения	Скорость передачи данных, Кбит/с (входящие/исходящие)
Внешний аналоговый модем V.34	33,6/33,6
Аналоговый модем V.90/V.92	53/33,6
ISDN (1 BRI)	64/64
ISDN (2 BRI)	128/128
Беспроводные сети (обычный план)	256/256
Базовый DSL	384/128
Спутниковая связь (двусторонняя)	500/60
Premium DSL	3000/128
Беспроводные сети (Premium)	3000/256
Кабельный модем	8000/384

Значения в этой таблице отражают максимальные значения скорости передачи данных среди всех поставщиков услуг. Стоимость услуг в конкретном регионе может отличаться. При оценке приоритета не учитывались показатель задержки сигнала и прочие вопросы, связанные с прохождением информационных пакетов.

Коммутируемые модемы

В регионах со слабым развитием широкополосных подключений многие люди полагаются на коммутируемые модемы, подробно описанные в настоящем разделе.

Модем (сокращение от модулятор-демодулятор) — это устройство, преобразующее цифровые данные в аналоговые сигналы, которые передаются по телефонной сети, и выполняющее обратное преобразование аналоговых сигналов в цифровые данные. Модем — асинхронное устройство, а это означает, что передаваемые данные представляют собой поток небольших пакетов. Принимающая система может извлекать необходимые данные из этих пакетов.

Асинхронные модемы передают каждый байт данных в отдельном пакете. Каждому передаваемому байту должен предшествовать стандартный *стартовый бит*, а завершать его передачу должен *стоповый бит*. Стартовый бит сообщает принимающему устройству, что сле-

дующие 8 бит представляют собой байт данных. После символа передаются один или два стоповых бита, сигнализирующих об окончании передачи символа (рис. 16.5). Асинхронное соединение часто называют соединением *старт-стоп*, в отличие от синхронного соединения, при котором данные передаются непрерывным потоком.



Рис. 16.5. В асинхронных модемах при передаче одного байта данных добавляются стартовые и стоповые биты, а в синхронном соединении данные передаются непрерывным потоком

Синхронные модемы используются в основном в выделенных линиях, а также для подключения терминалов к серверам UNIX и мэйнфреймам. В данной книге этот тип модемов не рассматривается.

Когда я говорю о модемах на страницах настоящей книги, то подразумеваю асинхронные модемы, поскольку синхронные нельзя купить в обычных компьютерных магазинах, а также встретить в ПК для домашних пользователей; синхронные модемы используются в центрах обработки данных крупных корпораций.

Примечание

Чаще всего при высокоскоростном модемном соединении стартовый и стоповый биты не передаются по телефонной линии. Они являются частью пакетов, генерируемых коммуникационным программным обеспечением. В том случае, если значения стоповых и стартовых битов, используемых по обе стороны аналогового модемного соединения, не совпадут, вместо пригодных для использования данных будет получена россыпь непонятных символов.

При асинхронной передаче данных стартовый бит всегда один, а стоповых может быть несколько, — их количество зависит от типа используемого протокола. В коммуникационных программах можно изменить формат передаваемого кадра. Стандартный формат кадра, используемый в асинхронном соединении, записывается так: бит четности–биты данных–стоповые биты. В настоящее время при асинхронном соединении чаще всего используется формат кадра 8-N-1 (8 бит данных/четность не проверяется/1 стоповый бит). Рассмотрим более подробно параметры кадра.

- **Четность.** Этот параметр был особенно важен в то время, когда при передаче не применялись протоколы коррекции ошибок. Механизм четности обеспечивал основные функции контроля передачи. В настоящее время четность при передаче не проверяется, так как разработано несколько эффективных протоколов коррекции ошибок.
- **Биты данных.** Данный параметр указывает количество передаваемых битов данных (за исключением стартовых и стоповых). В обычных компьютерах используется 8 бит данных, но есть системы, в которых применяется 7 бит. Этот параметр в коммуникационной программе служит для отделения полезных данных от управляющих символов.

- **Стоповые биты.** Этот параметр определяет количество стоповых битов, которые передаются после битов данных. Обычно используется один стоповый бит, однако некоторые протоколы предполагают использование 1,5 или 2 бита.

Практически во всех коммуникационных программах можно изменить параметры кадра (хотя чаще всего потребности в этом нет). Например, в Windows 9x/Me/2000/XP/Vista изменение параметров кадра выполняется на уровне операционной системы, что позволяет использовать установленные параметры всеми коммуникационными программами. Для того чтобы установить описываемые параметры, дважды щелкните на значке Модемы в окне Панель управления. Выделите в открывшемся диалоговом окне модем и щелкните на кнопке Свойства. Во вкладке Подключение следующего открывшегося диалогового окна установите необходимые параметры.

Изменение этих параметров может пригодиться для запуска программы HyperTerminal, используемой для организации прямого подключения к другой системе по телефонной линии. Исключением из правила может быть подключение в режиме терминальной эмуляции к мэйнфрейму для проведения банковских операций, просмотра библиотечного каталога или работы на дому. (*Терминальная эмуляция* —это использование специального программного обеспечения, при котором клавиатура и экран системы пользователя играют роль терминала DEC VT-100 и ему подобных.) Во многих мэйнфреймах даже используются четность и 7-битовая длина слова. Если ПК неправильно настроен, то на экране монитора вместо запроса на ввод пароля или окна приветствия будет абракадабра.

Стандарты модемов и протоколы

Для соединения двух модемов используется *протокол* — способ организации связи между двумя устройствами. Как люди для разговора друг с другом используют один язык, так и двум компьютерам или модемам для взаимодействия необходим общий протокол. Протокол определяет тип аналоговых данных, преобразуемых компьютером из цифровых данных при модемном соединении.

Стандарты протоколов обмена для модемов установили компания Bell Labs и Международный консультативный комитет CCITT. В 1990 году эта организация была переименована в ITU (International Telecommunications Union — Международный союз по телекоммуникациям), однако протоколы, разработанные и принятые еще до переименования, до сих пор называют протоколами CCITT. Новые протоколы называются *стандартами ITU-T*. Большинство модемов, выпущенных в последние годы, соответствуют стандартам CCITT/ITU.

Комитет ITU (его штаб-квартира находится в Женеве, Швейцария) — это международный совет экспертов под эгидой ООН, отвечающий за разработку всемирных стандартов для обмена данными. В него входят представители крупнейших компаний в области связи (например, AT&T) и государственных организаций. Комитет ITU разрабатывает самые разные стандарты и протоколы, поэтому часто один и тот же модем, в зависимости от его возможностей и назначения, соответствует сразу нескольким стандартам, которые можно разделить на три группы.

Все современные модемы поддерживают следующие протоколы ITU:

- ITU V.90 (модуляция);
- ITU V.92 (модуляция);
- ITU V.42 (коррекция ошибок);
- ITU V.42bis (сжатие данных);
- ITU V.44 (сжатие данных).

Старые модемы поддерживали множество стандартов модуляции, коррекции ошибок и сжатия, разработанных другими компаниями.

Большинство современных модемов также поддерживают сетевой протокол компании Microcom — MNP. Протоколы с коррекцией ошибок MNP10 и MNP10EC обеспечивают качественное соединение между проводной и беспроводной (сотовой) коммуникационной системами. К новым стандартам ITU также относятся стандарт модуляции V.92 и стандарт сжатия данных V.44. Все эти протоколы обсуждаются далее.

Примечание

Термин "протокол" также используется для обозначения программных стандартов (например, TCP/IP), необходимых для взаимодействия двух удаленных систем.

Модемами управляют так называемые *AT-команды*, т.е. текстовые строки, отправляемые программным обеспечением модему для активизации функций последнего. Например, команда `ATDT` и следующий за ней номер телефона указывают модему на набор модемом указанного телефонного номера в тональном режиме. Приложения, использующие модем, обычно автоматически генерируют все необходимые AT-команды, однако пользователь имеет возможность непосредственно управлять модемом с помощью терминального режима или команды DOS `ECHO`.

Боды и биты

Когда говорят о модемах, то очень часто путают понятия *боды* и *биты в секунду* (бит/с). Скорость передачи, выраженная в бодах, указывает, сколько раз в секунду изменяется состояние сигнала, передаваемого с одного устройства на другое. Если, например, частота или фаза сигнала меняется 300 раз в секунду, то говорят, что скорость передачи сигнала равна 300 бод.

Если при этом каждое состояние (изменение) передаваемого сигнала используется для передачи одного бита, то 300 бод в данном случае эквивалентны 300 бит/с. Если же в каждом состоянии сигнала передается 2 бита информации, то скорость передачи в битах в секунду будет в два раза больше, т.е. 600 бит/с. В большинстве модемов каждому состоянию соответствует несколько битов, поэтому фактическая скорость передачи в бодах меньше скорости в битах в секунду. В табл. 16.3 представлена информация о скорости передачи данных для наиболее популярных стандартов модемов.

Таблица 16.3. Популярные протоколы модемов и скорость передачи данных

Протокол модема	Скорость	Примечание
Bell 103	300 бит/с	США/Канада
CCITT V.21	300 бит/с	Международный
Bell 212A	1200 бит/с	США/Канада
ITU V.22	1200 бит/с	Международный
ITU V.22bis	2400 бит/с	Универсальный
ITU V.32	9,6 Кбит/с	Универсальный
ITU V.32bis	14,4 Кбит/с	Универсальный
ITU V.34	28,8 Кбит/с	Универсальный
ITU V.34 annex	33,6 Кбит/с	Универсальный
ITU V.90	56 Кбит/с*	Скорость выгрузки 33,6 Кбит/с в аналоговом режиме
ITU V.92	56 Кбит/с*	Скорость выгрузки 48 Кбит/с в цифровом режиме

**Из-за перекрестного влияния Федеральная комиссия по связи (FCC, Federal Communications Commission) и Канадская комиссия по радио, телевидению и телекоммуникациям (CRTC, Canadian Radio-television and Telecommunications Commission) ограничили выходную мощность модема, что привело к максимальной скорости загрузки 53,3 Кбит/с.*

Стандарты модуляции

Для передачи данных с помощью модемов используется *модуляция*. Чтобы передающее и принимающее устройства "понимали" друг друга, они должны использовать один и тот же метод модуляции. Как правило, при различных скоростях передачи данных используются

разные методы модуляции, но иногда передача данных с одной и той же скоростью может осуществляться и с помощью различных методов модуляции.

Независимо от типа модуляции все модемы выполняют одинаковые операции: преобразуют цифровые данные компьютера (ON-OFF, 1-0) в аналоговые (сигналы с переменной тональностью и громкостью), которые используются оборудованием телефонной станции, наверняка построенной много лет назад и вовсе не предназначенной для передачи компьютерных данных. Этот процесс называется модуляцией. Когда аналоговый сигнал принимается другим удаленным компьютером, он преобразуется из волнового сигнала в цифровые данные (рис. 16.6), т.е. осуществляется демодуляция.

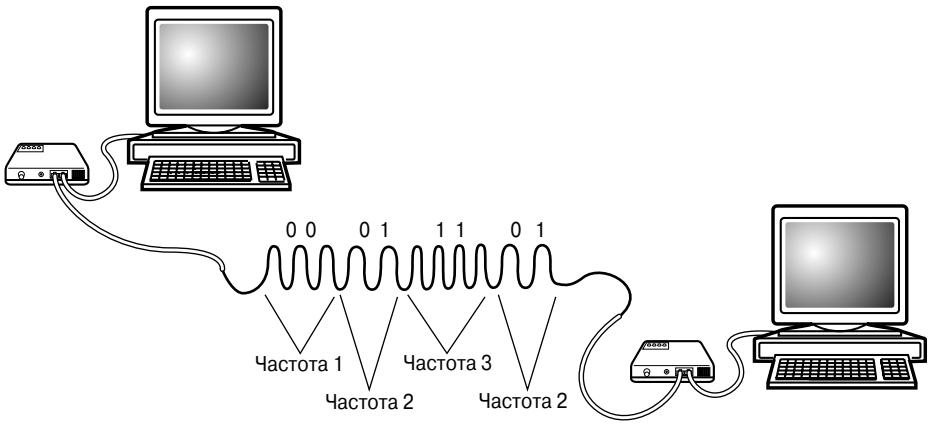


Рис. 16.6. Схематическое представление передачи данных по телефонной сети с помощью модемов

Наиболее распространены следующие методы модуляции.

- **Частотная (PSK).** Генерируя и отслеживая изменение частоты сигнала, передаваемого по телефонной линии, два модема могут отправлять и принимать информацию.
- **Фазовая (PSK).** Форма модуляции, при которой фаза несущего колебания управляется информационным сигналом.
- **Амплитудно-фазовая (квадратурная).** Форма модуляции, при которой изменения фазы комбинируются с изменением амплитуды сигнала. Этот тип модуляции позволяет передавать больше информации, чем остальные типы.
- **Импульсно-кодовая модуляция.** Форма цифровой модуляции, при которой сигнал модулируется с одинаковыми интервалами; при этом каждому интервалу соответствует цифровой код. Импульсно-кодовая модуляция используется в новых протоколах V.90 и V.92.

Все модемные протоколы, начиная с ITU V.34 (максимальная скорость — 33,6 Кбит/с) и заканчивая стандартами ITU V.90/v.92 (56 Кбит/с), являются *дуплексными*. В дуплексном режиме данные передаются в обоих направлениях с одинаковой скоростью. Примером дуплексного соединения служит телефонная линия: вы можете одновременно говорить сами и слышать собеседника. В *полудуплексном* режиме данные также передаются в обоих направлениях, однако в разные моменты времени. Примером полудуплексного типа соединения может быть радиостанция, которая переключается пользователем с передачи на прием.

С помощью этих протоколов возможно автоматическое взаимодействие двух модемов, находящихся на разных концах линии. Как правило, сначала выбирается самый быстрый протокол, поддерживаемый обоими модемами, после чего определяется приемлемое сочетание скорости/протокола, работоспособное на конкретной телефонной линии во время сеанса связи.

В настоящее время ITU V.90 и V.92 являются наиболее распространенными протоколами промышленного стандарта; новые модемы V.92 также поддерживают стандарт V.90.

Протоколы коррекции ошибок

Под *коррекцией ошибок* понимается способность некоторых модемов обнаруживать ошибки, возникающие при передаче, и самостоятельно повторять передачу тех данных, которые были повреждены. Реализовать коррекцию ошибок можно и на программном уровне, однако такой подход привносит дополнительную нагрузку на шину расширения и процессор. При коррекции ошибок на аппаратном уровне в модеме ошибки выявляются и устраняются еще до того, как данные будут переданы процессору.

Как и в случае модуляции, оба модема должны поддерживать один и тот же стандарт коррекции ошибок. К счастью, в современных модемах используются одни и те же протоколы.

V.42, MNP10 и MNP10EC

Протокол MNP 10 обеспечивает наилучшие условия при использовании некачественного канала связи. MNP 10EC разработан специально для соединений сотовой связи.

Протокол коррекции ошибок V.42, поддерживаемый в модемах V.90 и V.92, построен на основе версии 4 протокола MNP. Поскольку в нем предусмотрена совместимость с MNP, все устройства, соответствующие стандарту MNP 4, могут устанавливать соединения, работающие с коррекцией ошибок, с модемами V.42.

В этом стандарте используется протокол, называемый *процедурой LAPM*, которая, как и MNP, автоматически повторяет передачу откорректированных данных (если они были искажены), что гарантирует прохождение через модем только достоверной информации. Протокол коррекции ошибок V.42 гораздо лучше стандарта MNP 4, так как за счет интеллектуальных алгоритмов обеспечивает более высокую (на 20%) скорость передачи данных.

Стандарты сжатия данных

В некоторых модемах есть встроенная функция сжатия исходящих данных, позволяющая пользователям модемов сберечь время и деньги. В зависимости от объема отправляемых данных информация может быть сжата до четвертой части от первоначального объема, благодаря чему достигается эффективное учетверение скорости модема, по крайней мере теоретически. При этом подразумевается, что модем поддерживает стандарт сжатия данных V.42bis и что ранее данные не были сжаты программно. Подобное сжатие данных имеет смысл для HTML-кода и текстовых файлов в Интернете. Графические файлы, архивы .ZIP и .EXE уже сжаты, равно как и файлы .PDF (Adobe Acrobat Reader).

MNP 5 и V.42bis

Компания Microcom продолжила разработку семейства протоколов, и следующий протокол, MNP 5, содержит алгоритм сжатия данных. Более подробно он описан далее. Стандарт сжатия данных V.42bis, разработанный CCITT, аналогичен MNP 5, но степень сжатия при его использовании примерно на 35% выше. Этот стандарт не совместим с MNP 5, но практически во всех модемах V.42bis предусмотрен режим работы в стандарте MNP 5.

Одним из преимуществ стандарта V.42bis по сравнению с MNP 5 является то, что в нем вначале выполняется анализ передаваемых данных, а затем определяется, нужно ли их сжимать. Затем происходит сжатие тех данных, которые этого требуют. При использовании стандарта MNP 5 сжатие выполняется для всех данных, что несколько снижает общую производительность, если передаваемые данные уже были сжаты.

Для соединения в стандарте V.42bis необходимо использовать протокол V.42. Именно поэтому в модемах со сжатием данных в стандарте V.42bis предполагается коррекция ошибок в соответствии со стандартом V.42. В результате объединения этих двух протоколов обеспечивается безошибочная передача данных с максимальным сжатием.

V.44

В середине 2000 года Международный союз по телекоммуникациям (ITU) представил протокол V.92. Примерно в это же время был создан и представлен общественности протокол сжатия данных, получивший название V.44. В стандарте V.44 используется новая технология сжатия без потерь *LZJH*, разработанная компанией Hughes Network Systems (создателем HughesNet — широкополосного спутникового сервиса Интернета), позволяющая достичь повышения эффективности по сравнению с V.42 более чем на 25%. Скорость передачи данных протокола V.42bis не превышает 150–200 Кбит/с. При использовании стандарта V.44 пропускная способность канала передачи данных достигает 300 Кбит/с. Протокол V.42bis был разработан в конце 1980-х годов, незадолго до появления Всемирной паутины (WWW), поэтому он не настолько хорошо оптимизирован для работы в глобальной сети, как V.44, непосредственно предназначенный для сжатия текстовых страниц HTML.

Примечание

Стандарт V.44 является наиболее современным алгоритмом сжатия, частично созданным на основе работы математиков Абрахама Лемпела и Якова Зива, вышедшей в конце 1970-х годов. Эта работа также использовалась при разработке технологии сжатия LZW (Lempel-Ziv-Welch), применяемой в файлах форматов TIFF, GIF, в PKZIP-совместимом сжатии и других методах компрессии данных.

Модемы со скоростью передачи 56 Кбит/с

Некоторое время считалось, что скорость передачи данных 33,6 Кбит/с является абсолютным пределом для асинхронных модемов. Однако в 1996 году был начат выпуск модемов, поддерживающих скорость 56 Кбит/с. Эти модемы стали в настоящее время стандартными, хотя за время своего существования пережили несколько этапов преодоления барьера в 33,6 Кбит/с. Для того чтобы понимать методы достижения высоких скоростей, нужно знать основные принципы преобразования цифрового сигнала в аналоговый, т.е. модуляции.

Обычно модем преобразует переданную компьютером информацию из цифровой формы в аналоговую; в таком виде информация может "путешествовать" по телефонной линии, а достигнув места назначения, вновь преобразоваться в цифровую форму. Преобразование из цифровой формы в аналоговую и обратно существенно снижает скорость передачи. Поэтому, хотя физическая пропускная способность телефонной линии составляет 56 Кбит/с, на практике из-за преобразований данных максимальной является скорость 33,6 Кбит/с. Согласно *закону Шеннона* это максимально возможная скорость для аналоговых линий передачи.

Цифровая АТС позволяет опустить первый шаг передачи данных, т.е. не преобразовывать информацию в аналоговую форму перед ее передачей по цифровой телефонной сети (рис. 16.7). Тем самым ограничение в 35 Кбит/с, налагаемое законом Шеннона, успешно преодолевается. В результате данные могут передаваться в одном направлении на полной скорости, допускаемой пропускной способностью телефонной сети, т.е. 56 Кбит/с. В обратном направлении — от вашего компьютера к серверу — они по-прежнему передаются со скоростью 33,6 Кбит/с. Для того чтобы обойти ограничение на обратную передачу данных, модем пользователя и оборудование ISP должны поддерживать стандарт V.92.

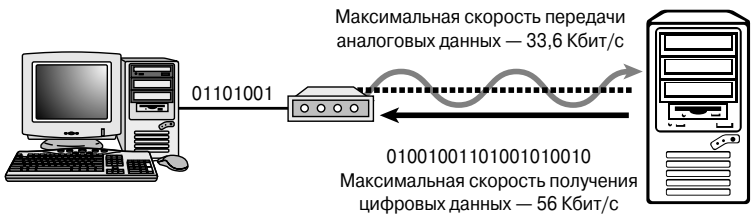


Рис. 16.7. Модемы стандарта 56K позволяют передавать данные со скоростью обычного аналогового модема (33,6 Кбит/с), а принимать — почти в два раза быстрее

Ограничения модемов стандарта 56K

Покупая модем стандарта 56K, имейте в виду, что он будет работать на своей полной скорости только при выполнении определенных условий. В отличие от стандартных модемных технологий, нельзя купить два модема стандарта 56K, установить их на два компьютера и обеспечить между ними скорость передачи данных в 56 Кбит/с. Дело в том, что на одном конце такого соединения всегда должен находиться специальный цифровой модем, непосредственно подключенный к телефонной станции, без преобразования цифрового сигнала в аналоговый.

Таким образом, модемы стандарта 56K могут достигать максимальной скорости передачи данных только при условии, что поставщик интернет-услуг или телефонная компания провели модернизацию существующей инфраструктуры телефонной сети. Поскольку у провайдера есть цифровое подключение к коммутируемой телефонной линии, передача данных в компьютер пользователя ускоряется. Если обе стороны поддерживают стандарты, предшествующие V.92, то передача данных от компьютера провайдеру проходит не в ускоренном режиме.

На практике это означает, что пользователь имеет возможность путешествовать по сети и загружать файлы с большей скоростью, однако, если в системе установлен веб-сервер, пользователи не заметят увеличения скорости, поскольку исходящие данные будут передаваться в ускоренном режиме только тогда, когда системы провайдера и пользователя оснащены модемами стандарта V.92. При подключении к другому аналоговому модему передача данных будет соответствовать стандарту V.34 (т.е. 33,6 Кбит/с и меньше).

При передаче данных от провайдера к системе пользователя возможно только одно преобразование цифрового сигнала в аналоговый. Это обусловлено природой физического подключения системы к местной телефонной станции. Если при подключении применяются дополнительные преобразования, забудьте о 56 Кбит/с, так как максимально возможной скоростью будет только 33,6 Кбит/с.

Учитывая постоянное развитие телефонных станций, которые стремятся обеспечить связью все больше людей, при использовании модема стандарта 56K соседи по одной улице могут получить различные показатели скорости передачи данных.

Предупреждения

Модемы стандарта 56K весьма чувствительны к помехам в линии связи. Телефонная линия может прекрасно работать при передаче речи или данных более медленными модемами, однако наличие неслышимых помех может снизить скорость модема до значения, лишь немного превосходящего или даже равного 33,6 Кбит/с. При возникновении проблем из-за помех в линии связи приобретите специальный фильтрующий стабилизатор.

Во многих гостиницах предоставляемый доступ к Интернету реализован на очень низкой скорости и не зависит от типа используемого модема. Даже если имеется модем стандарта V.90–V.92, едва ли будет получена скорость свыше 24 Кбит/с. Преобразование аналогового сигнала в цифровой, осуществляемое между телефоном в номере и цифровой системой PBX в гостинице, делает невозможным полноценное использование модемов стандарта 56K, поскольку такая скорость достигается при прямом цифровом подключении к центральному коммутатору.

Все больше отелей в качестве альтернативы внедряют Ethernet-доступ к широкополосной службе Интернета. В зависимости от имеющихся разъемов пользователь получает возможность применять стандартную Ethernet-плату или адаптер USB, предоставляемый в отеле. Если вы знаете, что во время пребывания в гостинице вам понадобится широкополосный доступ к Интернету, свяжитесь заранее с администрацией и уточните их цены на подобный сервис.

Стандарты передачи 56 Кбит/с

Для обеспечения высокой скорости соединения оба модема и поставщик интернет-услуг (ISP) должны поддерживать одну и ту же технологию 56 Кбит/с. Первые наборы микросхем, поддерживающие скорость передачи 56 Кбит/с, появились в конце 1996 года:

- наборы микросхем Texas Instruments (TI), используемые в модемах стандарта X2 компании U.S. Robotics;

- стандарт K56flex от Rockwell, поддержанный компанией Zoom и другими производителями модемов.

Эти конкурирующие технологии, используемые для получения скорости передачи данных 56 Кбит/с, оказались не совместимыми и поэтому в 1998 году были заменены стандартом ITU V.90.

К сожалению, обозначение стандарта "56 Кбит/с" является несколько обманчивым по отношению к действительной скорости передачи данных. Теоретически все модемы стандарта 56 Кбит/с позволяют достичь этой скорости при использовании высококачественных телефонных линий, но потребляемая мощность телефонной сети, определенная инструкцией Федеральной комиссии связи США (ФКС), ограничивает максимальную скорость до 53 Кбит/с. ФКС приняла решение об увеличении допустимой скорости передачи данных начиная с осени 1998 года, но это ограничение действует и по сей день.

V.90

Пятого февраля 1998 года организация ITU-T представила новый стандарт высокоскоростных модемов — V.90, который был одобрен 15 сентября того же года. Теперь все производители модемов выпускают устройства, совместимые с этим стандартом, или же предлагают дополнительные обновленные микропрограммы для соответствия этому стандарту (в первую очередь это относится к модемам X2 и 56Kflex).

Если вы приобрели модем до того, как стандарт V.90 стал официальным, обратитесь за информацией о его модернизации на сайт производителя модема.

V.92

Скорость передачи данных при использовании различных протоколов, начиная с собственных стандартов X2 и K56flex и заканчивая протоколом ITU V.90, увеличилась с 33,6 до 56 Кбит/с. Но, как оказалось, развитие технологий 56 Кбит/с никак не повлияло на скорость исходящего потока данных, от которого зависит скорость пересылки электронной почты, отправки запросов к веб-страницам и передачи файлов. Максимальная скорость передачи данных от компьютера при использовании какой-либо из технологий 56 Кбит/с достигает всего 33,6 Кбит/с. Это приводит к ощутимому снижению скорости передачи данных стандартных модемов по коммутируемым линиям связи, а также аналоговых модемов с односторонней широкополосной передачей. Основными недостатками существующей технологии 56 Кбит/с также являются большое количество времени, необходимого для соединения пользовательского модема с удаленным, и отсутствие унифицированной поддержки технологии ожидания вызова.

В середине 2000 года организация ITU обнародовала решение указанных проблем — протоколы V.92 и V.44 (протокол V.92 ранее назывался V.90 Plus).

Протокол V.92 является преемником V.90, поэтому все модемы, поддерживающие протокол V.92, обратно совместимы с V.90. Максимальная скорость передачи данных, равная 56 Кбит/с, осталась прежней. Возможности протокола V.92 описаны далее.

- **Технология QuickConnect.** Позволяет сократить время, необходимое для соединения с удаленным модемом, так как в памяти модема пользователя сохраняются характеристики телефонной линии, применяемые при каждом повторном использовании этой линии. В целом для подключения к удаленному модему стандарта V.90 требуется 27 секунд (начиная с первого звукового сигнала модема после набора номера и заканчивая сигналами подключения). Для пользователей модемов V.92, подключающихся к Интернету с одного и того же телефонного номера более одного раза, время ожидания составит примерно 14 секунд. Имейте в виду, что это возможно только после сохранения характеристик изначального соединения, которые затем будут использоваться повторно.
- **Технология Modem-on-Hold.** Позволяет пользователю принимать входящие звонки и разговаривать с абонентом дольше, чем при использовании модемов V.90 (как прави-

ло, всего несколько секунд). Эта технология дает поставщику интернет-услуг (ISP) возможность контролировать допустимое время разговора без прерывания модемного соединения. На данный момент максимальное время составляет 10 секунд, но предполагается, что этот промежуток времени будет постепенно увеличиваться (возможно, даже неограниченно!). Modem-on-Hold также позволяет сделать исходящий телефонный вызов, не прерывая модемного соединения. Для реализации этой технологии также необходима поддержка технологии ожидания вызова на определенной телефонной линии. Кроме того, стандарт V.92 должен поддерживаться поставщиком интернет-услуг.

Примечание

Технология Modem-on-Hold особенно привлекательна для пользователей, имеющих только одну телефонную линию, так как позволяет обрабатывать все входящие и исходящие вызовы посредством единственной линии. Однако это не особенно приветствуется провайдерами. Дело в том, что при использовании интернет-соединения в режиме ожидания модемы провайдера не могут принимать вызовы других абонентов. Поэтому поставщикам интернет-услуг, поддерживающим технологию Modem-on-Hold, для сохранения качества обслуживания придется увеличить количество модемов. Это необходимо потому, что провайдерам придется иметь дело с пользователями, не отключающими интернет-соединение во время разговора по телефону.

- **Технология PCM Upstream.** Позволяет преодолеть барьер скорости исходящего потока данных, равный 33,6 Кбит/с, увеличив его до 48 Кбит/с. К сожалению, из-за ограничений потребляемой мощности эта скорость может уменьшиться на 1,3–2,7 Кбит/с и более. Данная технология не обязательно может применяться на стороне провайдера, даже обеспечивающего поддержку протокола V.92.

Модемы, поддерживающие протокол V.92, обычно поддерживают и новый стандарт сжатия данных V.44. Он пришел на смену V.42bis и обеспечивает сжатие данных с коэффициентом 6:1 (примерно на 25% выше, чем V.42bis). Это позволяет модемам V.92/V.44 при одинаковом по сравнению с модемами V.90/V.42bis быстродействии соединения значительно увеличить скорость загрузки веб-страниц.

Когда же можно будет воспользоваться преимуществами V.92/V.44? Для того чтобы предлагаемые возможности стандарта V.92 стали реальностью, поставщикам интернет-услуг придется раскошелиться на новое оборудование. Ведь часть существующего V.90-совместимого терминального оборудования не может быть модернизирована до стандартов V.92/V.44 и потому подлежит замене. Так что перед покупкой модема или подключением к провайдеру рекомендую ознакомиться с отзывами пользователей и обзорами, публикуемыми на разных сайтах.

Можно ли модернизировать существующий V.90-совместимый модем до стандартов V.92/V.44? На этот вопрос нельзя ответить однозначно. Почти все современные модемы V.90 позволяют обновить прошивку для адаптации к стандарту V.92. В любом случае более обстоятельно на этот вопрос может ответить только производитель модема, так что посетите его сайт.

Как и при появлении первых стандартов 56 Кбит/с, не стоит беспокоиться о возможностях протоколов V.92/V.44 до тех пор, пока ваш поставщик интернет-услуг не объявит об их поддержке со своей стороны. Как уже отмечалось, стандарт V.92 включает в себя несколько компонентов. Поэтому, прежде чем приступить к программно-аппаратной модернизации модема или его замене, выясните, какие функции стандарта V.92 будут поддерживаться вашим провайдером.

Безопасность доступа к Интернету

Практически все виды подключений к Интернету предполагают использование внешнего модема, выступающего в роли связующего звена между Интернетом и ПК или же локальною сетью. Большинство таких модемов — это простые модемы без поддержки дополнительных функций, таких как маршрутизатор или коммутатор. Однако некоторые модели оснащены встроенным маршрутизатором или и маршрутизатором, и коммутатором. Между этими устройствами существуют значительные различия, в которых вам следует ориентироваться.

Для обеспечения безопасности при использовании широкополосного доступа к Интернету следует использовать маршрутизатор, выступающий в роли шлюза с аппаратным брандмауэром между сетью и Интернетом. Маршрутизатор включает в себя сервер DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), который автоматически назначает адреса IP (Internet Protocol) всем компьютерам в сети. После назначения адресов маршрутизатор использует трансляцию сетевых адресов NAT (Network Address Translation) для трансляции пакетов, перемещаемых между приватными IP-адресами вашей сети и публичным IP-адресом, назначенным самому маршрутизатору. При использовании NAT в Интернете виден только маршрутизатор, все остальные системы эффективно скрыты. Это обеспечивает функции аппаратного брандмауэра, защищающего все ПК в сети.

Если модем оснащен несколькими портами Ethernet для подключения ПК, тогда, скорее всего, он оснащен встроенным маршрутизатором и коммутатором. В данном случае можно безопасно подключать компьютеры к модему/маршрутизатору, поскольку встроенный маршрутизатор обеспечивает защиту всех систем. Если модем оснащен только одним портом, в нем определенно нет коммутатора, а может отсутствовать и маршрутизатор. При наличии маршрутизатора и необходимости подключения одного компьютера подключите его к порту Ethernet модема. Однако, если встроенный маршрутизатор отсутствует, необходимо подключить порт Ethernet модема к WAN-порту маршрутизатора, а уже затем подключить компьютер или целую сеть к маршрутизатору.

Чтобы узнать, оснащен ли модем встроенным маршрутизатором, обратитесь к документации. Если модем поддерживает функции DHCP-сервера и NAT, значит, он оснащен маршрутизатором. Если нет, перед вами простой модем без дополнительных сетевых функций.

Запасной вариант доступа

Поскольку для высокоскоростных вариантов подключения характерны периодические проблемы в работе служб, имеет смысл подумать о запасном варианте.

Предположим, провайдер может предоставлять не только широкополосный, но и коммутируемый доступ. Если хотите использовать оба варианта подключения, расходы могут возрасти. Следует также подумать об использовании пробного доступа к Интернету. Некоторые провайдеры предоставляют подобную возможность. Если вы решили временно воспользоваться услугами другого провайдера, не забудьте записать параметры основного подключения. Кроме того, можно воспользоваться мастером настройки сети, доступным в последних версиях Windows.

Наличие двух типов подключения очень важно для тех, кому приходится часто путешествовать и находиться в местах, где широкополосный доступ невозможен. Наличие запасного коммутируемого подключения также позволяет в случае возникновения проблем подключиться к сайту поставщика широкополосного канала и проверить качество взаимодействия со своим оборудованием.

Совместное использование подключения к Интернету

При наличии модема V.90 или широкополосного соединения может потребоваться подключить к сети не одну, а несколько систем, что характерно для многих семей или небольших компаний. Существующим соединением могут воспользоваться другие пользователи. Для этого понадобится один из описанных ниже методов.

- **Совместный доступ на основе одной системы.** К компьютеру (т.е. шлюзовой системе), имеющему доступ к Интернету, подключаются другие системы для совместного доступа к сети.
- **Совместный доступ с помощью маршрутизатора.** Все компьютеры в локальной сети подключаются к маршрутизатору или шлюзу, в свою очередь подключенному к Интернету. Большинство маршрутизаторов имеют порты USB или 10BASE-T, а некоторые поддерживают подключение аналоговых модемов.

Для совместного доступа, как правило, используется дополнительное программное обеспечение:

- технология Microsoft Internet Connection Sharing (ICS), впервые представленная в Windows 98 (SE);
- программы-шлюзы или прокси-серверы сторонних производителей, например Wingate, Winproxy и др.

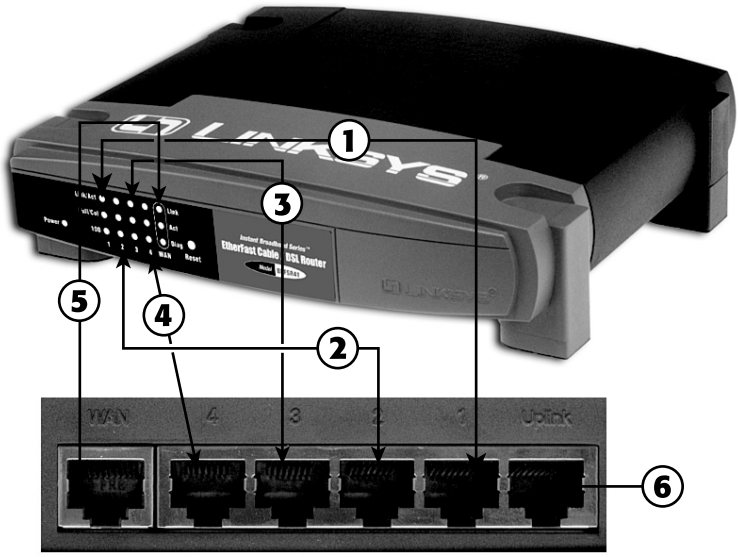
Как ICS, так и сторонние программы совместимы с компьютерами, на которых установлена операционная система, отличная от Windows, поскольку стандартным сетевым протоколом Интернета является TCP/IP.

Маршрутизаторы чаще всего подключаются к сетям, используемым дома или в небольших офисах:

- 10BASE-T и 10/100 Ethernet;
- IEEE 802.11b и 802.11g Ethernet (беспроводной доступ);
- HomePNA (телефонная линия).

Маршрутизаторы для обеспечения общего доступа

Как и у шлюза совместного доступа, у маршрутизатора два IP-адреса: один — для сети, другой — для Интернета. Большинство маршрутизаторов рассчитано на использование совместно с широкополосными устройствами доступа, такими как кабельные, спутниковые или DSL-модемы. Как правило, маршрутизатор подключается к компьютеру посредством порта 100BASE-T Ethernet (рис. 16.8).



1 – порт LAN #1
2 – порт LAN #2
3 – порт LAN #3
4 – порт LAN #4
5 – порт WAN (для подключения кабельного или DSL-модема)
6 – порт Uplink (подключение коммутатора/концентратора для предоставления доступа к Интернету дополнительным пользователям)

Рис. 16.8. Типичный широкополосный маршрутизатор Linksys EtherFast Cable/DSL с четырехпортовым встроенным коммутатором BEFSR41. Фотография публикуется с разрешения компании Linksys

При использовании маршрутизатора для организации совместного доступа порт WAN заменяет соединение сетевой платы компьютера с кабельным или DSL-модемом. Все компьютеры подключаются к портам локальной сети (LAN), после чего пользователи получают возможность совместного доступа к файлам и принтерам компьютеров в локальной сети, а также общего использования подключения к Интернету.

Для каждого компьютера, подключенного к маршрутизатору через LAN-порты, устанавливается динамический или фиксированный IP-адрес. Маршрутизатор можно настроить на использование одного *MAC-адреса* (уникальный адрес аппаратного обеспечения, определяемый для каждого сетевого компонента), который также применяется при подключении кабельного или DSL-модема к сетевому адаптеру. Это помешает поставщику интернет-услуг определить факт совместного доступа к сети. WAN-порт маршрутизатора позволяет получить IP-адрес с помощью кабельного или DSL-модема или же иметь фиксированный IP-адрес, что зависит от конфигурационных параметров, предоставляемых провайдером.

После соответствующей настройки и подключения маршрутизатора к кабельному или DSL-модему любой подключенный к маршрутизатору компьютер получает доступ к Интернету, для чего достаточно запустить почтовую программу или браузер.

На рис. 16.9 показана типичная конфигурация домашней сети Ethernet, в которой используется маршрутизатор со встроенным коммутатором, подключаемый к кабельному модему.

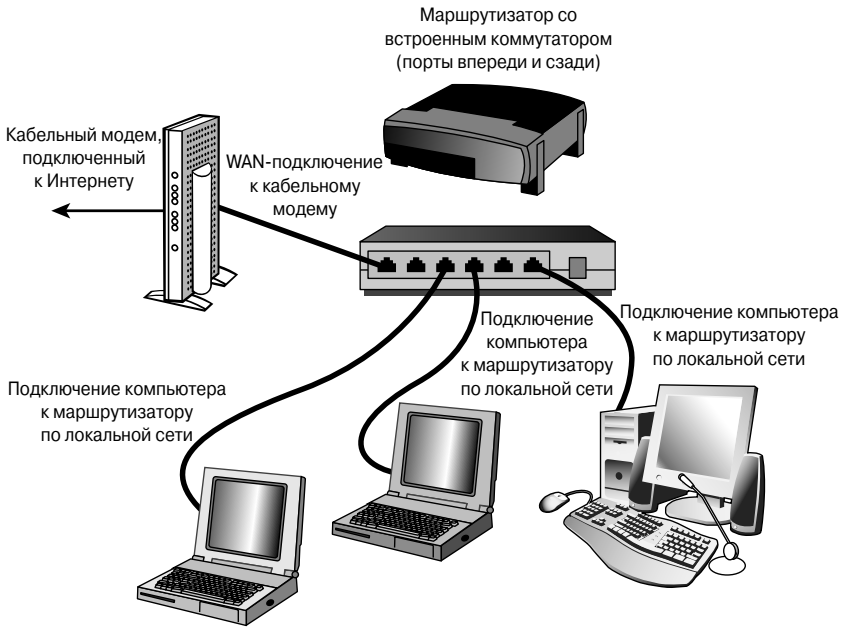


Рис. 16.9. При использовании маршрутизатора и кабельного или DSL-модема в каждом компьютере нужно установить только одну сетевую плату. В представленный маршрутизатор встроен коммутатор, позволяющий подключать к кабельному модему до четырех систем

При организации беспроводной сети подключите точку доступа или шлюзовое устройство к кабельному модему или другому устройству широкополосного доступа к Интернету (некоторые беспроводные коммутирующие устройства также работают с аналоговыми модемами). Беспроводной центр доступа/шлюз будет передавать и получать данные от компьютеров в беспроводной сети и Интернете.

Более подробная информация о выборе и установке проводной и беспроводной сетей представлена в главе 17.

Использование индикаторов для диагностирования соединения

Индикаторы встроены в большинство внешних широкополосных устройств, к числу которых относятся кабельные модемы, беспроводные широкополосные маршрутизаторы и модемы DSL. Они показывают, получает ли данное устройство сигналы от компьютера и происходит ли получение/передача данных абонентами сети. Кроме того, индикаторы позволяют определить, "видит" ли сеть указанный модуль. Это возможно даже при отсутствии пакетов данных, проходящих в определенный момент времени через модуль.

Во многих модулях для тех же целей используется индикатор источника питания. Изменение зеленого цвета индикатора (в нормальном состоянии) на красный говорит о возникновении проблем. При отправке или получении данных индикатор начинает вспыхивать с определенной частотой. При использовании кабельных модемов или беспроводных широкополосных маршрутизаторов обращайте внимание на индикатор блокирования сигнала; этот индикатор загорается в том случае, если модуль начинает блокировать сигнал, полученный из кабельной сети или беспроводного передатчика.

Индикаторные сигналы, используемые тем или иным широкополосным устройством, позволяют определить причину возникшей проблемы. Для того чтобы получить дополнительную информацию, обратитесь к документации модуля или на сайт производителя используемого устройства.

Если вы столкнулись с проблемами подключения, прежде всего попробуйте выключить и повторно включить модем, маршрутизатор или другие устройства в сети. При этом данные действия необходимо выполнять в следующем порядке. Сначала включите модем, затем маршрутизатор, потом коммутаторы и другие устройства. В некоторых случаях потребуется перезагрузить компьютер, чтобы сетевые и интернет-подключения были инициализированы заново.

ГЛАВА 17

Локальные сети

Что такое сеть

Сеть — это группа из двух или более компьютеров, которые предоставляют совместный доступ к своим аппаратным или программным ресурсам. Сеть может быть небольшой и состоять из двух компьютеров, которые совместно используют принтер и установленный на одном из них накопитель DVD, или же огромной, как Интернет, — самая большая сеть в мире.

Совместный доступ означает, что каждый компьютер предоставляет свои ресурсы другому компьютеру (или нескольким компьютерам), однако сам управляет этими ресурсами. Таким образом, устройство, переключающее управление принтером между разными компьютерами, не может быть квалифицировано как сетевое. Именно переключатель обрабатывает задания на печать, и ни один из компьютеров не знает, когда другой должен выполнять печать. Кроме того, задания на печать не могут пересекаться.

В сети совместно используемым принтером можно управлять с удаленного компьютера, а он может принимать задания на печать от разных компьютеров, сохраняя их на жестком диске сервера. Пользователи могут менять порядок выполнения заданий, задерживать или отменять их. Доступ к устройствам может ограничиваться с помощью паролей, чего нельзя реализовать, используя коммутатор.

В принципе по сети можно предоставить доступ к любому устройству хранения или ввода-вывода, однако чаще всего он предоставляется к таким устройствам:

- принтеры;
- дисковые накопители;
- оптические накопители;
- модемы;
- факсы;
- ленточные устройства резервного копирования;
- сканеры.

Для пользователей сети можно открыть целые накопители или их отдельные папки либо файлы.

Сеть не только позволяет снизить расходы на оборудование, обеспечивая совместный доступ к дорогим принтерам и прочим периферийным устройствам, но и обладает целым рядом других преимуществ:

- доступ к программному обеспечению и файлам данных может предоставляться нескольким пользователям;
- существует возможность принимать и отправлять электронную почту;
- специальное программное обеспечение позволяет нескольким пользователям вносить изменения в один документ;
- программы удаленного управления могут использоваться для разрешения проблем или обучения новых пользователей;
- одно подключение к Интернету может совместно использоваться несколькими пользователями.

Типы сетей

Существует несколько типов сетей: от двух соединенных компьютеров до сетей, объединяющих офисы компании в разных городах.

- **Локальная сеть.** Небольшая офисная сеть называется локальной (Local Area Network — LAN). В нее объединяются компьютеры, которые находятся в одном офисе или здании. Локальную сеть можно создать и дома из тех же компонентов, что и офисную.
- **Глобальная сеть.** Локальные сети, территориально находящиеся в разных местах, могут быть соединены с помощью высокоскоростных оптоволоконных, спутниковых или выделенных телефонных линий. Несколько соединенных таким образом локальных сетей формируют глобальную сеть (Wide Area Network — WAN).
- **Интернет.** Наиболее заметной частью Интернета является Всемирная паутина (World Wide Web — WWW). Любой пользователь Интернета является членом огромной сети, независимо от типа подключения — через модем, локальную сеть и т.д. Интернет фактически является сетью сетей, соединенных друг с другом с помощью протокола TCP/IP. Браузеры, FTP-клиенты и программы чтения новостей — наиболее распространенные средства работы в Интернете.
- **Intranet (корпоративная сеть).** В этих сетях используются те же браузеры и остальные программы, что и в Интернете, и тот же протокол TCP/IP, однако корпоративная сеть является частной сетью отдельной компании. Обычно корпоративная сеть состоит из нескольких локальных сетей, которые соединены с остальными сетями компании, однако, в отличие от Интернета, доступ к этой сети разрешен только сотрудникам компании.
- **Extranet (экстрасеть).** Не закрытые полностью корпоративные сети, доступ к которым разрешен покупателям и некоторым деловым партнерам, называются экстрасетями. Как и в корпоративных сетях, в них используются браузеры и аналогичное программное обеспечение.

Примечание

Безопасность корпоративных сетей обеспечивается брандмауэрами и другими инструментами, позволяющими защитить конфиденциальную информацию от посторонних глаз.

Требования к сети

Для того чтобы создать работоспособную сеть, необходимо выполнить ряд требований. Сетевое программное обеспечение настолько же важно, насколько и сетевое оборудование, так как именно оно устанавливает логическое соединение.

Для создания сети необходимы следующие элементы:

- физическое (кабель) либо беспроводное (инфракрасное или радиочастотное) соединение компьютеров;
- общий набор правил соединения, называемый *протоколом*;
- программное обеспечение, с помощью которого можно распределять ресурсы между другими компьютерами, называемое сетевой операционной системой (в настоящее время сеть можно организовать и с помощью таких операционных систем, как Windows, MacOS, Linux, BSD и Unix);
- совместно используемые ресурсы: принтеры, жесткие диски, накопители на оптических дисках;
- программное обеспечение, с помощью которого можно получить доступ к совместно используемым ресурсам, называемое *клиентским*; оно может быть реализовано средствами современных операционных систем, таких как Windows, MacOS, Linux, BSD и Unix.

Эти элементы необходимы для любой сети — от простейшей до самой сложной. Необходимое программное и аппаратное обеспечение более подробно описывается далее.

Архитектура "клиент/сервер" и одноранговые сети

Существуют два основных типа локальных сетей, основанных на схеме соединения компьютеров: клиент/сервер и одноранговая (peer-to-peer — равный с равным).

Сеть "клиент/сервер"

В сети с архитектурой *клиент/сервер* каждый компьютер играет предопределенную роль: он может выступать как сервер или как клиент. *Сервер* предназначен для предоставления своих ресурсов всем клиентским компьютерам в сети. Чаще всего сервер расположен в отдельной охраняемой комнате, поскольку именно на нем содержится наиболее важная информация. Остальные компьютеры сети выступают в роли *клиентов* (рис. 17.1).

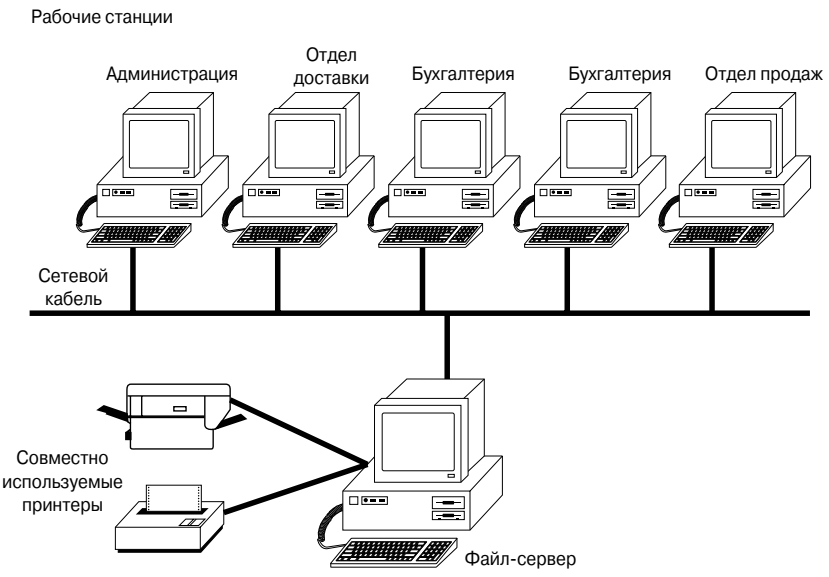


Рис. 17.1. Компоненты сети "клиент/сервер"

В компьютере, представляющем выделенный сервер, установлено больше оперативной памяти, более емкий жесткий диск, более быстрый процессор, чем в клиентском компьютере. Такое требование к ресурсам обусловлено тем, что сервер должен одновременно обрабатывать запросы от нескольких клиентов. В высокопроизводительных серверах может быть установлено два и более процессора, 64-разрядный слот расширения PCI, необходимый для сетевых интерфейсных плат, оптимизированных для сервера, и дополнительные источники электропитания. На сервере устанавливается специальная сетевая операционная система, например Novell NetWare, Windows Server, Linux или Unix. Чаще всего сервер предназначен для выполнения узкоспециализированных задач, например файловый сервер, сервер печати, факс-сервер, почтовый сервер и т.д. Общие ресурсы расположены на одном сервере или группе серверов. Для реализации сложных вычислительных процессов возможно использование нескольких серверов в качестве единого процессорного модуля благодаря параллельной обработке данных.

Компьютер-клиент — это обычный ПК с установленной операционной системой, такой как Windows XP или Vista, который соединяется с сервером, но не с другими компьютерами локальной сети. В этих версиях Windows содержится программное обеспечение, позволяющее клиентским системам получать доступ к общим ресурсам сервера. В старых системах, таких как DOS и Windows 3.x, требуется дополнительная установка клиентской программы.

Одноранговая сеть

В одноранговой сети каждый компьютер может соединиться с любым другим компьютером, к которому он подключен (рис. 17.2). Фактически каждый компьютер может работать и как клиент, и как сервер; если компьютер предоставляет доступ к принтерам, папкам, дискам и прочим ресурсам других компьютеров, то в одноранговой сети он является сервером. Именно поэтому в контексте одноранговых сетей упоминаются и серверные, и клиентские процессы. К такой сети может подключаться от двух до нескольких сотен компьютеров. Хотя не существует теоретического ограничения количества систем, формирующих одноранговую сеть, в сетях, охватывающих более десяти компьютеров, существенно снижается производительность и возникают проблемы безопасности данных. Кроме того, согласно рекомендации Microsoft, одноранговая сеть ограничена десятью компьютерами, работающими под управлением Windows 2000 Professional или XP Professional и разделяющими ресурсы с другими системами. Редакции Home Basic и Home Premium системы Windows Vista/7 имеют ограничение в три компьютера, а редакции Ultimate, Business и Enterprise той же ОС — в десять компьютеров. При попытке подключения к серверу больше пяти или десяти систем соединение разрывается, а клиент видит одно из следующих сообщений об ошибке.

```
Operating system error 71. No more connections can be made to this
remote computer at this time because there are already as many
connections as the computer can accept.
(Ошибка операционной системы 71. Дополнительные подключения
к данному удаленному компьютеры невозможны в связи с достижением
лимита одновременных подключений.)

System error 71 has occurred. This remote computer has reached its
connection limit, you cannot connect at this time.
(Произошла ошибка системы 71. Для данного удаленного компьютера
достигнуто максимально допустимое количество подключений.
Подключение в настоящее время невозможно.)
```

Несмотря на название, Windows Home Server также характеризуется ограничением на десять одновременных подключений. Если вам необходим сервер с одновременным подключением больше десяти клиентов, обратите внимание на серверную операционную систему на ядре Linux или на профессиональную серверную версию Windows (такую как Windows 2000 Server, Windows Server 2003, Windows Server 2008, Windows Essential Business Server или Windows Small Business Server).

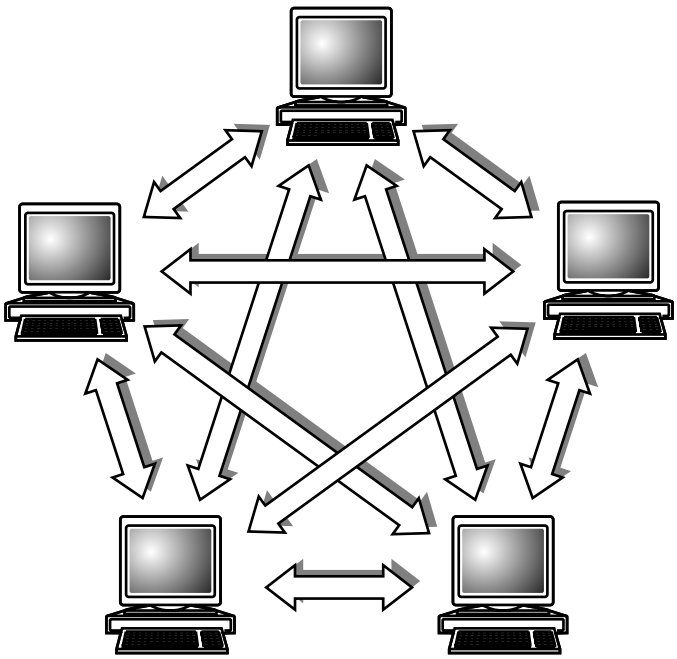


Рис. 17.2. Логическая архитектура типичной одноранговой сети

Одноранговая сеть устанавливается, как правило, в небольших офисах или отделах крупных организаций. Преимуществом сети этого типа является то, что нет необходимости выделять отдельный компьютер под сервер. Большинство одноранговых сетей позволяет разделять любое устройство, подключенное к любому компьютеру сети. К недостаткам можно отнести низкую безопасность передаваемой информации и ограниченное управление сетью. В одноранговой сети каждый пользователь, как правило, является администратором только своего компьютера, в то время как сеть "клиент/сервер" позволяет осуществлять централизированное администрирование.

Сравнение одноранговой сети и сети "клиент/сервер"

В сети "клиент/сервер" обеспечиваются повышенный уровень безопасности совместно используемых ресурсов, более высокая производительность, резервное копирование данных и возможность использования дополнительных источников питания, а также дисковых массивов RAID. Однако стоимость создания и обслуживания такой сети достаточно высока. В табл. 17.1 приведены сравнительные характеристики одноранговой сети и сети с архитектурой "клиент/сервер".

Таблица 17.1. Сравнительные характеристики одноранговой сети и сети "клиент/сервер"

Элемент	Сеть "клиент/сервер"	Одноранговая сеть
Контроль доступа	Реализуется с помощью списка разрешений пользователей/групп; один пароль обеспечивает доступ пользователя только к тем ресурсам, которые определены в списке доступа; пользователь может иметь несколько уровней доступа	Реализуется с помощью списка паролей каждого ресурса; для доступа к каждому ресурсу необходим отдельный пароль; доступ по типу "все или ничего"; нет централизованного списка пользователей. Некоторые операционные системы вообще не поддерживают пароли, открывая доступ ко всем общим ресурсам всем пользователям, подключенным к сети

Окончание табл. 17.1

Элемент	Сеть "клиент/сервер"	Одноранговая сеть
Безопасность	Высокая, поскольку доступ осуществляется на уровне пользователя или группы	Если поддерживаются пароли, каждый, кто знает пароль, имеет доступ к общим ресурсам. Если пароли не поддерживаются, каждый, кто входит в рабочую группу, имеет доступ ко всем общим ресурсам. Если используются имена пользователей и групп, защищенность сравнима с архитектурой "клиент/сервер"
Производительность	Высокая, поскольку в сервере используется самое современное и высокопроизводительное аппаратное обеспечение	Низкая, поскольку сервер одновременно выступает в роли рабочей станции
Стоимость оборудования	Высокая из-за специального, преднамеренно избыточного аппаратного обеспечения, устанавливаемого на сервер	Низкая, поскольку рабочая станция может становиться сервером, предоставляя в совместное использование собственные ресурсы
Стоимость программного обеспечения	Высокая; частью стоимости серверной ОС является лицензирование каждого подключения к серверу	Бесплатное, все клиентское программное обеспечение включается в состав операционной системы
Резервное копирование	Централизованное, управляемое администратором сети; устройства резервирования необходимо устанавливать только на сервере	Децентрализованное, управляемое отдельными пользователями; установка устройств резервирования необходима на каждой рабочей станции
Избыточность	Двойное электропитание; возможность "горячего" подключения устройств; обычно серверная ОС автоматически подключает резервные устройства по мере необходимости	Не обладает такими возможностями; сбои в системе необходимо устранять вручную; высока вероятность потери важных данных

Обзор сетевых протоколов

При создании сети в первую очередь необходимо выбрать протокол связи между компьютерами. Это самое важное решение, которое предстоит принять. Протокол связи определяет скорость работы сети, метод подключения к физическому носителю, типы кабелей, которые можно использовать, сетевые адаптеры, которые необходимо приобрести, а также драйверы, устанавливаемые на рабочие станции.

Институт IEEE разработал набор стандартов и физических характеристик для сетей с передачей маркера (стандарт IEEE 805.2 или Token Ring) и определением коллизий (стандарт IEEE 802.3 или Ethernet). Беспроводной версией Ethernet является семейство стандартов 802.11 (Wi-Fi).

Примечание

Не ошибитесь с названиями протоколов. Иногда на протоколы Ethernet и Token Ring ссылаются по названиям стандартов IEEE. Способы передачи пакетов в Ethernet и IEEE 802.3 несколько отличаются. Если точно следовать терминологии, продукты Token Ring 16Mbps компании IBM являются расширением стандарта IEEE 802.5.

Сети Token-Ring крайне редко встречаются в настоящее время и в этой книге подробно не рассматриваются.

Наиболее популярным стандартом при создании новых сетей является Ethernet (как проводная, так беспроводная), хотя иногда все еще встречаются сети Token-Ring. Сведения о различных архитектурах, которые могут применяться при создании сетей, приведены в табл. 17.2. Аббревиатуры, использованные для обозначения кабелей, подробно описываются в следующих разделах.

Проводная сеть Ethernet

Сети на основе протокола Ethernet объединяют десятки миллионов компьютеров по всему миру, что делает Ethernet наиболее распространенным протоколом уровня передачи данных. Такие сети позволяют объединять многочисленное и разнообразное оборудование, включая рабочие станции Unix и Linux, компьютеры Apple и PC, а также принтеры. Адаптеры Ethernet

выпускаются десятками производителей для любых типов кабелей: “толстый” Ethernet, “тонкий” Ethernet и Ethernet для витой пары (Unshielded Twisted Pair — UTP). Традиционная сеть Ethernet работает на скорости 10 Мбит/с, однако более новые стандарты Fast Ethernet (100 Мбит/с) и Gigabit Ethernet (1000 Мбит/с) позволяют достичь на порядок или два большей скорости. Самый новый протокол 10G Ethernet характеризуется скоростью передачи данных 10 Гбит/с; в настоящее время он применяется только в крупных серверных центрах.

Таблица 17.2. Характеристики основных типов сетевых протоколов

Тип сети	Скорость, Мбит/с	Максимальное количество станций	Тип кабеля	Примечание
Ethernet	10	На сеть --- 1024. На сегмент: 10BASE-T --- 2, 10BASE-2 --- 30, 10BASE-5 --- 100, 10BASE-FL --- 2	Кабель UTP Cat 3 (10BASE-T), Thicknet (коаксиальный; 10BASE-5), Thinnet (RG-58 коаксиальный; 10BASE-2), волоконно-оптический (10BASE-F)	Вытеснена Fast Ethernet; обратно совместима с Fast и Gigabit Ethernet
Fast Ethernet	100	На сеть ---1024. На сегмент --- 1	Кабель UTP Cat 5/5e/6/7	Наиболее популярный стандарт кабельных сетей
Gigabit Ethernet	1000	На сеть --- 1024. На сегмент --- 1	Кабель UTP Cat 5/5e/6	Использует все четыре сигнальные пары в кабеле
802.11a	54	На сеть --- 1024. На сегмент --- не определено	Радиочастота 5 ГГц (до 15 м прямой видимости)	Для соединения с сетями 802.11b, 802.11g и 802.11n требуются адаптеры с поддержкой двух частот
802.11b	11	На сеть --- 1024. На сегмент --- не определено	Радиочастота 2,4 ГГц (до 30 м в помещении)	Интероперабельность с сетями 802.11g и 802.11n; для подключения к сети 802,11a нужен адаптер с поддержкой двух частот
802.11g	54	На сеть --- 1024. На сегмент --- не определено	Радиочастота 2,4 ГГц (до 30 м в помещении)	Интероперабельность с сетями 802.11b; для подключения к сети 802,11a нужен адаптер с поддержкой двух частот
802.11n	250	На сеть --- 1024. На сегмент --- не определено	Радиочастота 2,4 ГГц (до 30 м в помещении)	Интероперабельность с сетями 802.11b и 802.11g; для подключения к сети 802,11a нужен адаптер с поддержкой двух частот. Пока не утвержден; существующие устройства могут иметь проблемы совместимости с окончательной версией стандарта
Token Ring	4. 16 или 100	72 (UTP), 250–260 (Type 1 STP)	Кабель UTP, Type 1 STP, волоконно-оптический	Вытеснен Fast Ethernet; в новых конфигурациях не используется
ARCNet	2,5	255	Кабель RG-62 медный UTP/Type 1 STP	Устарел; иногда используется для подключения терминалов IBM 3270

Примечание

Имейте в виду, что в настоящей главе представлены только базовые сведения об устаревших сетевых протоколах, таких как Thicknet и Thinnet, а также Token-Ring. Вам придется иметь дело с такими сетями лишь при добавлении сервера или рабочей станции к давно существующим сетям. Все современные сети базируются на технологиях Gigabit Ethernet, Fast Ethernet и Wireless Ethernet.

Fast Ethernet

Для работы Fast Ethernet необходимы соответствующие сетевые адаптеры, коммутирующие устройства и кабели UTP или оптоволоконные. Кроме того, можно приобрести комбинированные устройства, которые работают на скоростях 10 и 100 Мбит/с. Такой подход позволяет обновлять сеть постепенно, устанавливая один за другим новые сетевые адаптеры и концентраторы.

Примечание

При работе Fast Ethernet в *дуплексном* режиме (т.е. с одновременным приемом и передачей данных) эффективной является скорость 200 Мбит/с. Для обеспечения работы в этом режиме требуется его поддержка всеми устройствами, участвующими в соединении (в частности, адаптерами и концентраторами).

В наиболее популярной (100BASE-TX) и стандартной (10BASE-T) версиях Ethernet используются две из четырех витых пар, доступных в кабеле UTP категории 5 (эти же пары существуют и в кабелях категорий 5e, 6 и 7). Один из вариантов Fast Ethernet, получивший название 100BASE-T4, использует все четыре витые пары в кабеле UTP категории 5. Эта версия не получила широкого распространения и в настоящее время практически не используется.

Gigabit Ethernet

Эта сеть также требует специальных адаптеров, концентраторов и кабелей. Большинство пользователей Gigabit Ethernet отдают предпочтение оптоволоконным кабелям, однако Gigabit Ethernet может работать на том же кабеле UTP категории 5, который используется в Fast Ethernet и последних версиях стандартной Ethernet. Стандарт Gigabit Ethernet, использующий витую пару, также называют 1000BASE-T.

В отличие от Fast Ethernet и стандартной Ethernet, в Gigabit Ethernet используются все четыре пары проводов кабеля UTP. Таким образом, для организации Gigabit Ethernet потребуется отдельный кабель Ethernet, т.е. нельзя будет занять две витые пары кабеля для телефонной линии или передачи сигналов данных, как это делалось в более медленных версиях. Большинство адаптеров Gigabit Ethernet также позволяет обрабатывать пакеты Fast Ethernet и 10BASE-T, что дает возможность использовать в одной сети несколько спецификаций этого протокола.

Ни Gigabit Ethernet, ни Fast Ethernet не работают с тонким или толстым коаксиальным кабелем, который использовался в традиционной Ethernet, хотя этот кабель (используемый в другой сети) можно подключить к сети с помощью специальных преобразователей и концентраторов.

Беспроводная сеть Ethernet

Наиболее распространенными беспроводными компьютерными сетями в США и Канаде являются беспроводные Ethernet, построенные на основе различных версий стандарта IEEE 802.11, включая IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.11g и 802.11n.

Беспроводным сетевым продуктам IEEE 802.11 присвоен логотип *Wi-Fi* (Wireless Fidelity), который указывает на их совместимость с определенными сетевыми стандартами. Сертификат Wi-Fi выдается некоммерческой международной торговой организацией Wi-Fi Alliance, которая проводит тестирование беспроводного оборудования, созданного на основе IEEE 802.11, и определяет степень его соответствия стандарту Wi-Fi. Для получения логотипа Wi-Fi сетевые продукты IEEE 802.11 должны пройти тесты на совместимость и испытание рабочих характеристик, благодаря чему проверяется возможность эффективного взаимодействия аппаратных средств с другим оборудованием Wi-Fi, представленным на рынке. Сертификация продуктов была введена в целях устранения возможных неточностей, существующих в стандарте IEEE 802.11, которые могут стать источником потенциальных проблем, связанных с взаимодействием различных устройств. Устройства с логотипом “Wi-Fi” гарантированно совместимы друг с другом, несмотря на технологические “пробелы”, имеющиеся в стандартах.

Примечание

Беспроводной стандарт Bluetooth, также рассматриваемый в настоящей главе, предназначен для создания дополнительных, а не образующих сетевых беспроводных подключений, основанных на стандарте 802.11.

Рост популярности беспроводных сетей, созданных на стандартах семейства 802.11, привел к полному отказу от использования других беспроводных стандартов, таких как HomeRF.

Примечание

Хотя устройства, прошедшие сертификацию Wi-Fi и имеющие логотип для соответствующей скорости передачи данных (стандарт IEEE), такой как 802.11g, предназначены для совместной работы, многие компании, выпускающие продукцию для рынка SOHO, часто предлагают решения, которые также поддерживают собственные стандарты, позволяющие увеличить скорость передачи данных. Например, компания Linksys

называет свое решение SpeedBooster и заявляет о 30%-ном преимуществе по сравнению со старыми стандартами 802.11g. Имейте в виду, что чаще всего подобные решения не совместимы с решениями от других компаний. При объединении в одной беспроводной сети разных стандартов используется самый медленный из всех стандартов, поддерживаемый всеми пользователями.

Стандарты Wi-Fi

При использовании первых сетевых продуктов 802.11b стали возникать проблемы несовместимости, явившиеся результатом неоднозначности и определенных недоработок стандартов 802.11. Группа компаний сформировала промышленный союз, целью которого стало обеспечение совместной работы различных устройств за счет устранения недоработок в существующих стандартах. Этот союз вначале назывался Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), но затем получил более короткое название — Wi-Fi Alliance (`www.wi-fi.org`). В настоящее время термин "Wi-Fi" используется для обозначения любого беспроводного сетевого устройства IEEE 802.11, прошедшего сертификационные испытания Wi-Fi Alliance. Так как разные стандарты семейства 802.11 поддерживают разные радиочастоты, обычно логотип "Wi-Fi" дополняют значением конкретной частоты (например, *Wi-Fi 2.4GHz*), чтобы прояснить вопросы совместимости. Альянсом также были сертифицированы продукты, поддерживающие оба частотных диапазона (a/g и b) и черновую версию Draft 2.0 стандарта 802.11n.

Предупреждение

Двухдиапазонные аппаратные средства могут сочетать в себе различные параметры стандартов 802.11b и 802.11a. Беспроводные сетевые устройства, соответствующие более новому стандарту 802.11g, имеют такую же скорость передачи данных, как и устройства 802.11a, но при этом могут подключаться к сетям 802.11b без какого-либо специального оборудования. Устройства 802.11n могут подключаться напрямую к устройствам 802.11g и 802.11b, а некоторые реализации — и к устройствам 802.11a.

В настоящее время альянс Wi-Fi Alliance для указания на стандарты, поддерживаемые конкретным устройством, использует цветовую маркировку. На рис. 17.3 представлены самые распространенные версии этой маркировки. Виду того, что иллюстрация черно-белая, ниже приведены цвета, используемые в качестве фона логотипа каждого из стандартов: 802.11a (оранжевый), 802.11b (темно-синий), 802.11g (светло-зеленый) и 802.11n (фиолетовый)

Стандарт IEEE 802.11b

Беспроводные сети IEEE 802.11b работают на частоте 2,4 ГГц с максимальной скоростью 11 Мбит/с, которая примерно соответствует скорости 10BASE-T Ethernet (скорость передачи данных, оговоренная в первой версии стандарта 802.11, не превышала 2 Мбит/с). Стандарт 802.11b поддерживает еще несколько скоростей передачи данных, включая 1, 2 и 5,5 Мбит/с. Беспроводные сети, созданные на основе аппаратного обеспечения 802.11b, используют тот же частотный диапазон (2,4 ГГц), что и многие портативные телефоны, беспроводные громкоговорители, устройства систем безопасности, микроволновые печи и сетевые продукты Bluetooth короткого радиуса действия. Широкое распространение этих устройств является потенциальной причиной проблем, связанных с интерференцией частот, однако благодаря короткому радиусу действия беспроводных сетей (во внутренних помещениях — до 50 метров, на открытом пространстве — до 100 метров) опасность их возникновения заметно снижается. Во многих устройствах используется метод соединения с расширенным диапазоном, который позволяет минимизировать потенциальную интерференцию.

Несмотря на то что устройства 802.11b поддерживают максимальную скорость передачи данных, равную 11 Мбит/с, на практике она достигается довольно редко. Большая часть аппаратных средств 802.11b поддерживает четыре скорости передачи, каждой из которых соответствует свой метод шифрования данных.

- **11 Мбит/с.** Используется метод QPSK/CCK (Quatenery Phase Shift Keying/Complimentary Code Keying — квадратурная фазовая манипуляция/расширенная кодовая манипуляция).

802.11n Draft 2; также поддерживает 802.11a, 802.11b и 802.11g



802.11n Draft 2; также поддерживает 802.11b и 802.11g



802.11g; также поддерживает 802.11b



802.11a; также поддерживает 802.11b и 802.11g



Рис. 17.3. Сертификационные ярлыки Wi-Fi Alliance, используемые для маркировки Wi-Fi-совместимых устройств 802.11

- **5,5 Мбит/с.** Также используется метод QPSK/CCK.
- **2 Мбит/с.** Используется метод DQPSK (Differential Quatenery Phase-Shift Keying — дифференциальная квадратурно-фазовая манипуляция).
- **1 Мбит/с.** Используется метод DBPSK (Differential Binary Phase-Shift Keying — дифференциальная двоично-фазовая манипуляция).

При изменении расстояния между сетевыми устройствами и увеличении или уменьшении мощности сигнала аппаратные средства 802.11b переходят на другой, более подходящий метод кодирования данных. Использование служебных сигналов, необходимых для отслеживания и изменения базовых сигналов, а также дополнительных протокольных сигналов, обеспечивающих функционирование системы безопасности, позволяет объяснить, почему пропускная способность устройств Wi-Fi ниже их номинальной скорости. На рис. 17.4 приведена упрощенная диаграмма, на которой иллюстрируется, как изменяется скорость передачи данных при увеличении расстояния между объектами (указаны скорости, которые достигаются при наиболее благоприятных условиях). Архитектурные особенности зданий и расположение антенны могут привести к снижению скорости передачи и мощности сигнала даже на сравнительно коротких расстояниях.

Стандарт IEEE 802.11a

Следующей разновидностью Wi-Fi является беспроводная сеть, имеющая официальное название IEEE 802.11a. Аппаратные средства IEEE 802.11a используют частотный диапазон 5 ГГц, который позволяет увеличить скорость передачи данных до 54 Мбит/с и избавиться от проблем, связанных с интерференцией, что характерно для низкочастотных сетей IEEE 802.11b. Следует заметить, что в реальных условиях в сетях 802.11a максимальная скорость передачи, почти в пять раз превышающая скорость 802.11b, достигается весьма редко (или не достигается вовсе). Тем не менее устройства 802.11a поддерживают довольно высокие скорости при передаче данных как на короткие, так и на сравнительно длинные расстояния.

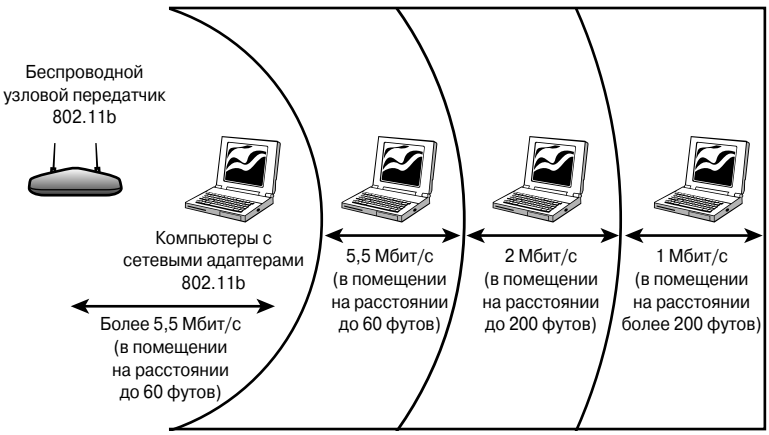


Рис. 17.4. На коротких расстояниях устройства 802.11b обеспечивают максимальную скорость передачи данных (11 Мбит/с). При увеличении расстояния скорость передачи снижается из-за уменьшения силы сигнала

Рассмотрим в качестве примера типичную планировку обычного офиса. Реальная скорость (она всегда ниже номинальной из-за необходимости передачи служебных сигналов и сигналов системы безопасности) стандартного устройства 802.11b во время передачи данных на расстояние до 30 метров достигает 5 Мбит/с, тогда как пропускная способность устройств 802.11a при передаче данных на такое же расстояние составляет примерно 15 Мбит/с. При передаче данных на расстояние до 15 метров реальная пропускная способность устройств 802.11a примерно в четыре раза выше, чем сети 802.11b. Устройства 802.11a поддерживают передачу данных на меньшее расстояние, чем 802.11b, но при этом обеспечивают более высокую пропускную способность.

Если принять во внимание ощутимую разницу в производительности, которая особенно сказывается при передаче данных на большие расстояния, то возникает вопрос, почему нельзя отказаться от использования устройств 802.11b? Ответ прост — *частота*. Из-за использования частотного диапазона 5 ГГц аппаратные средства, поддерживающие стандарт 802.11a, изолированы от мира устройств 802.11b/g, использующих частоту 2,4 ГГц. Последние применяются в общедоступных беспроводных сетях, которые имеются во многих кафе, аэропортах, гостиницах, бизнес-центрах и предоставляют доступ к Интернету. Количество подобных сетей постоянно растет, и многие специалисты пророчат им большое будущее.

Оптимальным решением является использование двухдиапазонного аппаратного обеспечения. Оборудование данного типа может работать с сетями 802.11a и 802.11b/g, позволяя подключаться из домашней беспроводной сети 802.11b/g или сети Starbucks к более быстрой офисной сети 802.11a.

Стандарт 802.11g

Стандарт IEEE 802.11g, называемый также Wireless-G, является одной из многообещающих новинок, так как сочетает в себе совместимость с устройствами 802.11b и высокую скорость передачи данных, свойственную стандарту 802.11a. Стоимость устройств 802.11g немного выше стоимости аппаратного обеспечения 802.11b. Окончательная версия стандарта 802.11g была утверждена в середине 2003 года.

Предполагалось, что аппаратное обеспечение 802.11g позволит напрямую подключаться к существующим устройствам 802.11b. Однако первые версии 802.11g имели более низкую скорость, и у них возникало больше проблем с совместимостью, чем указывалось в спецификации. В некоторых случаях для нормального использования ранних устройств 802.11g требовалось обновление их “прошивки”. В настоящее время стандарт 802.11g является самым распространенным; он отодвинул на второй план стандарты 802.11b и 802.11a.

Примечание

Стандарты 802.11g и 802.11b могут без проблем сосуществовать в одной сети. Однако при работе в таком смешанном режиме быстродействие большинства устройств 802.11g снижается до отметки, предопределяемой стандартом 802.11b. Во избежание этого следует переключить сеть на поддержку только устройств 802.11g, что позволяет избежать подключения устройств 802.11b. Чтобы обеспечить подключение к такой сети устройств 802.11b, необходимо переключить беспроводной маршрутизатор или точку доступа на работу в смешанном режиме.

Как случилось ранее со стандартом 802.11b, рынок устройств 802.11g быстро наполнился модельными линиями, предлагающими более высокие скорости передачи данных. Среди них — следующие:

- SpeedBooster и SRX от Linksys;
- Range Max и Range Max 240 от Netgear;
- 108G Range Booster, Super с MIMO и Range Booster G от D-Link.

Все эти продукты используют разные наборы микросхем, антенны и прочие методы увеличения скорости передачи данных, а также расширения зон приема сигнала. Однако для достижения предлагаемой повышенной производительности необходима поддержка одного и того же стандарта всеми адаптерами и маршрутизаторами сети.

Стандарт 802.11n

Последним стандартом беспроводных сетей стал 802.11n (также называемый Wireless-N), опубликованный в октябре 2009 года. В стандарте 802.11n используется так называемая технология *MIMO* (множественный вход/множественный выход), позволяющая увеличить пропускную способность и дальность действия. С помощью нескольких приемников/передатчиков и антенн устройство MIMO поддерживает несколько потоков данных между станциями. В отличие от предыдущих реализаций протокола 802.11, в которых отраженный радиосигнал снижал пропускную способность, теперь отраженные сигналы используются для увеличения скорости передачи данных и дальности действия устройств.

Стандарт 802.11n стал первым стандартом беспроводных сетей Ethernet, в котором поддерживается два частотных диапазона:

- 2,4 ГГц (как в 802.11b/g);
- 5 ГГц (как в 802.11a).

Таким образом, в зависимости от конкретной реализации устройство 802.11n может поддерживать связь с устройствами всех стандартов 802.11 (a, b и g) либо только с устройствами 802.11b/g.

Как можно охарактеризовать быстродействие стандарта 802.11n? Оно существенно выше, чем у 802.11g, однако насколько? Частично это зависит от того, поддерживаются ли только стандартные функции 802.11n (два канала с частотой 20 МГц, защитный интервал — 800 нс) или также и расширенные функции (два канала с частотой 40 МГц, защитный интервал — 400 нс). Каналы с частотой 40 МГц позволяют удвоить скорость передачи данных по сравнению с каналами 20 МГц, т.е. поднять ее до 270 Мбит/с в частотном диапазоне 5 ГГц. Как и остальные стандарты семейства 802.11, 802.11n при невозможности поддерживать соединение на максимальной скорости передачи данных снижает эту скорость.

Примечание

Еще одной дополнительной функцией стандарта 802.11n является поддержка более короткого защитного интервала (GI), чем в предыдущих версиях протокола. *Защитный интервал* –– это период времени (в наносекундах), который система находится в состоянии ожидания перед передачей символов OFDM. Стандартным значением является 800 нс; при снижении этого интервала до 400 нс в стандарте 802.11n с двумя каналами с частотой 40 МГц максимальная скорость передачи данных увеличивается до 300 Мбит/с. Защитный интервал 400 нс поддерживается на обоих диапазонах частот: 2,4 и 5 ГГц.

В табл. 17.3 приведена сравнительная характеристика стандартов 803.11n и 802.11a/b/g.

Таблица 17.3. Стандартные скорости в беспроводных сетях Ethernet

Стандарт	Частотный диапазон, ГГц	Скорость радио, МГц	Защитный интервал, нс	Диапазон скоростей (один поток данных), Мбит/с	Диапазон скоростей (два потока данных), Мбит/с
802.11a	5	20	800	6–54	—
802.11b	2,4	20	800	1–11	—
802.11g	2,4	20	800	1–54	—
802.11n	2,4	20	800	6,5–65	13–130
802.11n	5	20	800	6,5–65	13–130
802.11n	5	40	800	13,5–135	27–270
802.11n	2,4; 5	20	400	7,2–72,2	14,4–144
802.11n	2,4; 5	40	400	15–150	30–300

Скорость 300 Мбит/с нельзя назвать пределом возможного; при использовании четырех потоков с частотой 40 МГц и защитном интервале 400 нс ее можно увеличить до 600 Мбит/с.

Как видно из табл. 17.3, скорости выше 130 Мбит/с требуют использования беспроводными адаптерами и маршрутизаторами дополнительных функций 802.11n. Если эти устройства используют только стандартный набор функций протокола 802.11n, превосходство последнего над 802.11g по быстродействию снизится до 2,4 раза. В то же время благодаря использованию технологии MIMO, даже при отсутствии поддержки дополнительных функций 802.11n Draft 2, дальность действия увеличивается вдвое по сравнению со стандартом 802.11g.

Группа Wi-Fi Alliance начала сертификацию продуктов, поддерживающих черновую версию Draft 2, еще в июне 2007 года. Как и в предыдущих версиях, для прохождения сертификации устройства разных производителей должны без проблем взаимодействовать друг с другом. В сертифицированных устройствах используются наборы микросхем от Atheros, Broadcom, Cisco, Intel, Marvell и Ralink. Ожидается, что продукты, сертифицированные для 802.11n Draft 2, будут полностью совместимы с окончательной версией стандарта. В крайнем случае для обеспечения такой совместимости производителями будут выпущены обновленные версии "прошивки".

Какой из беспроводных стандартов лучше

Среди существующих четырех версий стандарта 802.11 первую версию 802.11b уже можно списать со счетов. Она обеспечивает более низкую скорость передачи данных, чем остальные версии, к тому же большинство устройств 802.11b поддерживает только устаревший стандарт защиты WEP. При использовании устройств 802.11b в одной сети с устройствами 802.11g/n будет невозможно использовать более совершенные протоколы защиты WPA и WPA2, поддерживаемые этими новыми беспроводными стандартами. Даже в случае поддержки устройством 802.11b стандарта WPA при работе в смешанных сетях с устройствами 802.11g и 802.11n с беспроводной точкой доступа скорость последних в некоторых случаях будет уменьшена до определенной стандартом 802.11b.

Стандарт 802.11a также можно считать устаревшим, хотя он и обеспечивает более высокую скорость, чем 802.11b. Проблема связана с тем, что данные устройства невозможно использовать для работы с публичными точками доступа, установленными в общественных местах (аэропортах, бизнес-центрах, кафе и т.д.), поскольку частотный диапазон этого стандарта (5 ГГц) отличается от других (2,4 ГГц). Если поддержка 802.11a необходима для подключения к существующей корпоративной сети, лучше приобрести адаптер с двойным частотным диапазоном (802.11a/g).

Стандарт 802.11g остается идеальным вариантом для обеспечения доступа к Интернету и малоинтенсивного совместного использования файлов. Этот протокол полностью поддерживает усиленный стандарт защиты WPA. Несмотря на поддержку технологии QoS (качество обслуживания), назначающей более высокий приоритет потоковым мультимедийным пакетам,

по сравнению с заданиями передачи файлов и веб-страниц стандарт 802.11g не обладает достаточной скоростью для поддержки мультимедийного трафика. Совместное использование ресурсов мультимедиа (фотографий, музыки и видео) становится все более важным в домашних сетях, особенно с появлением Windows Vista с интегрированным пакетом программ воспроизведения, записи и редактирования мультимедиа (Windows Media Player 11, Windows Media Center, Windows Movie Maker и Windows Photo Gallery). Некоторые производители реализуют в своей продукции улучшения стандарта 802.11g, повышающие скорость и дальность, однако с прицелом на будущее лучше все-таки отдать предпочтение новому стандарту 802.11n.

Независимо от типа поддерживаемой сети рекомендуется использовать только устройства, сертифицированные Wi-Fi Alliance, чтобы избежать проблем совместимости. Вопрос совместимости имеет важное значение, особенно когда приходится постоянно работать в разных сетях. Например, ноутбук часто приходится подключать к разнообразным публичным беспроводным сетям, в которых потенциально может использоваться оборудование любого производителя.

Bluetooth

Стандарт Bluetooth предназначен для обеспечения взаимодействия низкоскоростных (со скоростью передачи данных до 700 Кбит/с) маломощных устройств, к которым относятся портативные компьютеры, "карманные" компьютеры PDA, сотовые телефоны и пейджеры. Речь идет о синхронизации данных и аутентификации пользователя в общественных местах, например в аэропортах, гостиницах, пунктах проката автомобилей и местах проведения спортивно-массовых мероприятий. Стандарт Bluetooth также используется различными беспроводными устройствами, используемыми в персональных компьютерах, в частности адаптерами принтеров, мышью и клавиатурой, цифровыми DV-видеокамерами, информационными проекторами и др. Список доступных устройств Bluetooth можно найти на информационном сайте `www.bluetooth.com`.

Устройства Bluetooth используют тот же частотный диапазон (2,4 ГГц), что и устройства Wi-Fi/IEEE 802.11b/g. Для предотвращения интерференции, возникающей при использовании устройств Wi-Fi, в Bluetooth используется метод сигнализации, который называется *скачкообразной перестройкой частоты сигналов с расширенным спектром* (FHSS). Этот метод заключается в использовании 79 каналов Bluetooth, переключение между которыми в течение сеанса Bluetooth происходит с частотой 1600 раз в секунду. Как уже отмечалось, устройства Wi-Fi предназначены для постоянного подключения к компьютерной сети. В свою очередь, аппаратные средства Bluetooth используются для создания временной сети, в которой два устройства соединяются одно с другим лишь в течение определенного времени, необходимого для передачи данных, после чего соединение обрывается. В настоящее время скорость передачи данных в устройствах Bluetooth составляет 1 Мбит/с (в более ранних версиях поддерживалась скорость 700 Кбит/с), а в устройствах, поддерживающих технологию EDR, — до 3 Мбит/с.

Текущая версия Bluetooth, 2.1+EDR, упрощает подключение между такими устройствами, как мобильные телефоны и гарнитуры (этот процесс называется *парированием*), а также обладает повышенным уровнем защищенности и пониженным энергопотреблением.

Проблемы интерференции устройств Bluetooth и Wi-Fi/IEEE 802.11b/g

Несмотря на то что в аппаратных средствах Bluetooth используется метод скачкообразной перестройки сигнала, проведенные исследования показали, что устройства Bluetooth и Wi-Fi/IEEE 802.11b могут мешать работе друг друга, в частности при передаче данных на короткие расстояния (до 2 м) или при попытке одновременного использования беспроводных устройств различных типов (например, при беспроводном подключении к Интернету с помощью компьютера с сетевым адаптером 802.11b и беспроводной мышью/клавиатурой Bluetooth). Аппаратные средства 802.11g пока еще тщательно не анализировались, но, поскольку они используют тот же частотный диапазон, что и устройства 802.11b, их применение в подобных ситуациях также может привести к проблемам в совместной работе устройств 802.11g и Bluetooth. Интерференция может привести к понижению скорости передачи данных, а иногда и к потере информации.

Усовершенствованная версия спецификации Bluetooth 1.2 привнесла технологию адаптивной скачкообразной перестройки частоты, позволяющую устранить проблемы интерференции для устройств, находящихся друг от друга на расстоянии более одного метра. В то же время для более близких расстояний вопросы интерференции так и не были решены. В IEEE была разработана спецификация 802.15.2, позволившая обеспечить совместимость устройств 802.11b/g и Bluetooth. В ней определены два метода решения описываемой проблемы: совместный временной режим и режим с временным разделением. Последняя версия спецификации, Bluetooth 2.1 (под кодовым названием "Lisbon"), позволяет минимизировать интерференцию с помощью улучшенного метода адаптивной скачкообразной перестройки частоты. Чтобы избежать влияния интерференции, лучше всего использовать беспроводные адаптеры 802.11b/g/n и Bluetooth 2.1 от одного производителя. Некоторые компании, выпускающие оба типа адаптеров (например, Atheros и Texas Instruments), создали собственные методы предотвращения интерференции между своими устройствами.

Аппаратное обеспечение сети

Для нормального функционирования сети требуются аппаратные и программные компоненты. После выбора протокола передачи данных можно приобретать соответствующее ему аппаратное обеспечение — сетевые адаптеры, концентраторы и переключатели.

Сетевые адаптеры

В большинстве современных компьютеров адаптер кабельной сети интегрирован в набор микросхем системной логики (настольные системы) или во внутреннюю карту mini-PCI (ноутбуки). Если интегрированный компонент отказал или не обеспечивает нужную скорость, может помочь установка дополнительной платы сетевого адаптера со следующими интерфейсами: PCI или PCI Express (настольные системы); CardBus PC (PCMCIA) или ExpressCard (ноутбуки); PCI-X или 64-разрядный PCI (серверы).

В сетевые адаптеры (как кабельные, так и беспроводные) производители записывают уникальный аппаратный адрес (так называемый *MAC-адрес*), предназначенный для идентификации систем в сети. Этот адрес обычно указан на наклейке на плате; также его можно узнать после установки адаптера с помощью утилиты `ipconfig.exe` (Windows NT/2000/XP/Vista) или `winipcfg.exe` (Windows 9x/Me). Протокол передачи данных использует эти адреса для опознания компьютеров в сети. Пакет будет доставлен по назначению, поскольку в его заголовок помещается аппаратный адрес передающей и принимающей систем.

Цена сетевых адаптеров Ethernet варьируется от 10 долларов за клиентскую версию до 100 долларов и выше за адаптеры Gigabit Ethernet, оптимизированные для серверов. Цена самых быстродействующих адаптеров 10G Ethernet пока держится на уровне тысячи долларов.

Два компьютера можно связать один с другим и с помощью прямого соединения кросскабелем между портами Ethernet. В то же время для организации больших сетей необходим коммутатор (иногда он встроен в кабельный или беспроводной маршрутизатор). Сеть всегда работает со скоростью самого медленного ее компонента, так что, если коммутатор поддерживает меньшую скорость, чем клиентские адаптеры, быстродействие сети также будет ограничено. Некоторые современные беспроводные маршрутизаторы 802.11g и 802.11n оборудованы портом Gigabit Ethernet, заменившим собой порт Fast Ethernet.

В следующих подразделах даны рекомендации относительно сетевых устройств, необходимых для оборудования клиентских рабочих станций в кабельных сетях Ethernet (в том числе и одноранговых).

Скорость

Старайтесь выбирать адаптеры, работающие на максимально необходимой скорости. Например, для сети Gigabit Ethernet можно приобрести адаптеры, которые поддерживают скорость стандарта 1000BASE-T. Большинство карт Gigabit Ethernet и Fast Ethernet поддерживает более медленные скорости передачи данных (в том числе 10 Мбит/с), что позволяет использовать один и тот же адаптер и для более старого, и для более нового сегментов сети.

Такие карты обычно маркируются как 10/100 или 10/100/1000 Ethernet. Сетевой адаптер также должен поддерживать операции полу- и полнодуплексного режимов.

- В *полудуплексном* режиме сетевой адаптер за одну операцию может либо передавать, либо принимать данные.
- В *дуплексном* режиме адаптер может одновременно принимать и передавать данные. Скорость передачи при дуплексном режиме существенно повышается, если вместо концентратора используется коммутатор. К примеру, адаптер Fast Ethernet в дуплексном режиме может обеспечить максимальную пропускную способность 200 Мбит/с (т.е. по 100 Мбит/с в каждом направлении).

Примечание

В отличие от *концентраторов*, в которых широкополосные пакеты данных посылаются всем компьютерам, подключенным к ним, *коммутаторы* обеспечивают прямое соединение передающего и принимающего компьютеров и, таким образом, более высокое быстродействие. Большинство коммутаторов поддерживает и полудуплексные операции, однако при использовании дуплексных адаптеров позволяют вдвое повысить пропускную способность сети.

Типы шин

Если вы планируете установить сетевой адаптер для поддержки сети с быстродействием 10 и 100 Мбит/с, примите к сведению, что любая из следующих шин обеспечивает адекватную производительность.

- PCI (32- или 64-разрядная, 33 МГц или более быстрая). Интегрированные сетевые адаптеры современных ноутбуков и настольных компьютеров также являются устройствами с интерфейсом PCI.
- USB 2.0 (или Hi-Speed USB).
- CardBus (32-разрядный разъем PC Card в ноутбуках).

Все три типа шин поддерживают также адаптеры Gigabit Ethernet, однако скорости шины USB 2.0 (480 Мбит/с) недостаточно для полного заполнения канала такой сети.

Для обеспечения полной утилизации возможностей сети Gigabit Ethernet в настольных системах следует использовать адаптеры PCI Express x1, а в серверах — адаптеры с интерфейсом 64 бит/66 МГц PCI или PCI-X. В ноутбуках наилучшей производительности позволит получить адаптер CardExpress. Адаптеры CardExpress поддерживают шину PCI Express, но доступны только в последних моделях ноутбуков.

Разъемы сетевых адаптеров

Адаптеры Ethernet обычно имеют разъем, который похож на увеличенный телефонный разъем и называется *RJ-45* (такой разъем подключается к витой паре для 10BASE-T, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet). Кроме того, сетевой адаптер может подключаться через разъем *BNC* (коаксиальные кабели для Thinnet — "тонкий" Ethernet) или D-образный 15-контактный разъем *DB15* (коаксиальные кабели для Thicknet — "толстый" Ethernet). Некоторые старые сетевые адаптеры с быстродействием 10 Мбит/с оснащались несколькими разъемами; подобные адаптеры назывались *комбинированными*. Адаптеры Token-Ring могут содержать 9-контактный разъем *DB9* (для подключения кабеля Type 1 STP) или разъем RJ-45 (для кабеля Type 3 UTP). Все три варианта разъемов Ethernet представлены на рис. 17.5.

Примечание

Несмотря на то что название "RJ-45" принято использовать для обозначения разъема UTP Ethernet, в этом кроется ошибка. Реальный разъем RJ45S также имеет восемь контактов, но используется для передачи данных по телефонным, а не компьютерным сетям. Форма реального разъема RJ45S немного отличается от используемой в адаптерах Ethernet --- с одной стороны разъем имеет вырез, чтобы в него нельзя было вставить некорректные штекеры.

Изображение RJ45S и других телефонных разъемов можно найти по такому адресу:
`http://www.siemon.com/us/standards/13-24_modular_wiring_reference.asp`

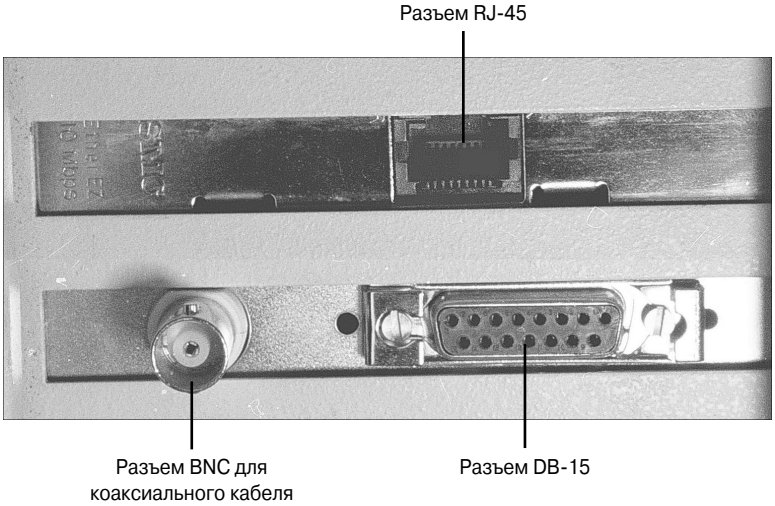


Рис. 17.5. Три разъема Ethernet на двух сетевых адаптерах: RJ-45 (сверху), DB-15 (снизу справа) и BNC (снизу слева)

Сегодня практически все доступные на рынке стандартные адаптеры Ethernet для компьютеров-клиентов работают исключительно на витой паре. Если клиент добавляется к существующей сети, которая основана на каком-либо типе коаксиального кабеля, существуют четыре варианта решения:

- купить комбинированную сетевую карту, которая поддерживает как коаксиальный кабель, так и витую пару;
- приобрести преобразователь среды, который можно подключить к коаксиальному кабелю, чтобы подключать к этому преобразователю более новые сетевые адаптеры;
- использовать коммутатор или концентратор, имеющий разъем для коаксиального кабеля и порт RJ-45; для добавления одного или нескольких клиентов Fast Ethernet необходимо двухскоростное устройство (10/100);
- заменить сети с коаксиальными соединениями современными сетями Ethernet.

Для обеспечения максимальной совместимости сетевые адаптеры и кабели должны быть согласованы, хотя ничто не мешает использовать конверторы, позволяющие объединять сети, базирующиеся на одном стандарте, но предполагающие использование разных кабелей.

Сетевые кабели

Изначально во всех компьютерных сетях использовался какой-то тип кабеля, обеспечивающий соединение компьютеров. Несмотря на стремительное наступление беспроводных сетей, во многих домашних и офисных сетях по-прежнему используется кабельная Ethernet. В некоторых случаях можно даже встретить сети, основанные на коаксиальном кабеле.

Коаксиальный кабель для Thick и Thin Ethernet

В старых реализациях Ethernet использовался коаксиальной кабель, например в 10BASE-5 применялся тонкий кабель Ethernet (называется Thicknet). Этот кабель подключался к сетевому

адаптеру не напрямую, а через устройство сопряжения AUI (Attachment Unit Interface). Это устройство помещалось между концом кабеля и разъемом DB15 на задней панели сетевого адаптера.

В сетевых адаптерах Ethernet 10BASE-2 используется разъем BNC (Bayonet-Neill-Concilman). Тонкий коаксиальный кабель (RJ-58), используемый в Ethernet 10BASE-2, имеет на концах штыревой разъем. Физически его можно подключить к разъему BNC адаптера, однако такое подключение не будет работать. Вместо кабеля к разъему BNC подключится Т-образный коннектор, к обеим сторонам которого подсоединяется кабель. На последнем компьютере в сети кабель подключается только к одному концу разъема. Ко второму разъему коннектора подключается 50-омный концевой резистор (*терминатор*). Этот резистор сигнализирует о том, что данный компьютер является последним в сети, и подавляет ошибочную пересылку сигналов другим компьютерам.

На рис. 17.6 показаны коаксиальный Т-коннектор BNC для Ethernet, Ethernet DB-15, подключаемый к разъему AUI, и разъем RJ-45 UTP. На рис. 17.7 показано внутреннее устройство коаксиального кабеля.

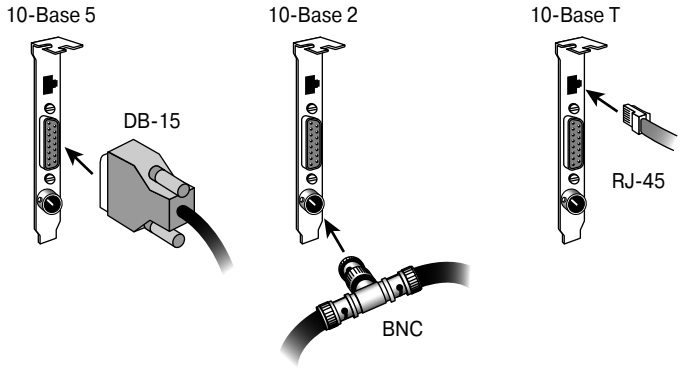


Рис. 17.6. Сетевые Ethernet-платы с разъемами DB-15, RG-58 с Т-коннектором и UTP (RJ-45)

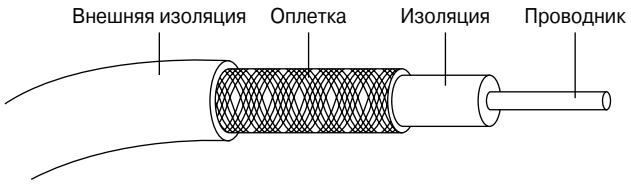


Рис. 17.7. Коаксиальный кабель

Витая пара

Название этих кабелей говорит само за себя. Это два одинаковых изолированных провода, проложенных рядом и скрученных между собой, причем количество витков на единицу длины является строго определенным. Благодаря скручиванию проводов уменьшается проникновение в линию внешних электрических помех при передаче. *Экранированная витая пара* (Shielded Twisted Pair — STP) отличается от *неэкранированной* (Unshielded Twisted Pair — UTP) тем, что в ней скрученные провода помещаются дополнительно в общую экранирующую оплетку, дополнительно повышающую помехоустойчивость линии. Вам, возможно, знакомы неэкранированные витые пары (точнее, их упрощенный вариант — двухпроводные линии без витков), которые часто используются для прокладки телефонных линий. На рис. 17.8 и 17.9 представлены соответственно неэкранированная и экранированная витые пары.

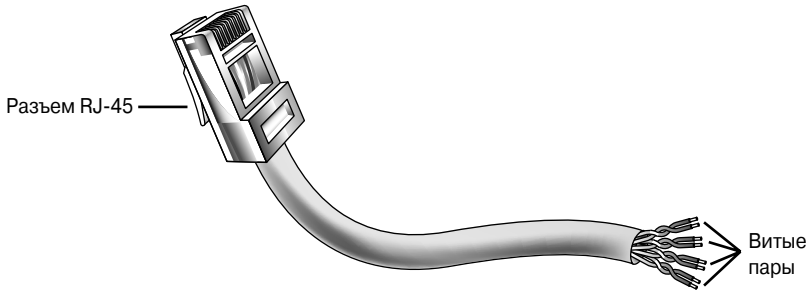


Рис. 17.8. Неэкранированная витая пара

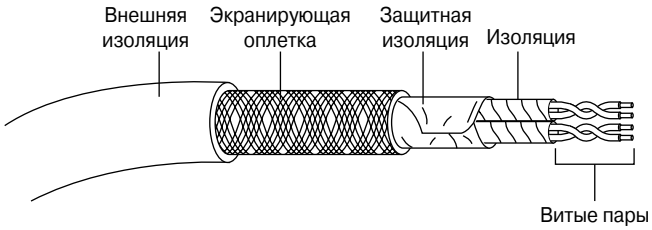


Рис. 17.9. Экранированная витая пара

Экранированная и неэкранированная пары

Когда кабели начали использовать для объединения компьютеров в сеть, считалось, что экранирование от внешних помех — наилучший способ уменьшить наводки и обеспечить как можно более высокие скорости передачи. Кроме того, было замечено, что переплетение пар проводов позволяет более эффективно бороться с помехами, искажающими передаваемые сигналы. Таким образом, ранние сетевые решения чаще базировались на экранированных, а не на неэкранированных кабелях.

Однако при прокладке такого кабеля нужно очень внимательно следить за тем, чтобы был заземлен только один конец экранирующей оплетки. Если случайно заземлить оба конца, может возникнуть заземляющий контур, а если не заземлить ни одного конца, оплетка будет функционировать, как антенна.

Заземляющий контур возникнет в том случае, если на разных концах экранирующей оплетки находятся разные заземления, которые соединяются с помощью той же оплетки. В этой ситуации заземления могут иметь несколько разные потенциалы, в результате чего на экранирующей оплетке возникнут небольшое напряжение и бесконечный ток. Это может привести к повреждению электронных компонентов и даже стать причиной пожара.

В большинстве кабельных систем на основе Ethernet и Fast Ethernet используется кабель UTP (витая пара). Это прежде всего объясняется его свойствами — физической гибкостью и небольшим размером разъемов, что значительно упрощает прокладку кабелей. При этом слабая электрическая защита такого кабеля может привести к возникновению наводок от ламп дневного света, подъемников, систем безопасности и прочих устройств. Если существует вероятность возникновения такой проблемы, кабель следует прокладывать подальше от возможных источников помех или заменять неэкранированный кабель экранированным на участках, где могут возникнуть большие помехи.

Существуют четыре основных типа сетевых кабелей, используемых при создании сетей.

- **Кабель категории 3.** Первоначально кабель, используемый в Ethernet, был таким же, как и телефонный. Он называется кабелем категории 3, или *голосовым кабелем UTP*, что определяет его возможности по передаче информации. Сам кабель имеет диаметр 24 AWG (American Wire Gauge — стандарт измерения диаметра кабеля), внутри него находятся медные жилы с волновым сопротивлением 100–105 Ом и минимум двумя витками на фут (порядка 30 см). Кабель категории 3 можно использовать в сетях со скоростью передачи до 16 Мбит/с. Он выглядит, как телефонный кабель с большими

разъемами RJ-45 на концах. В настоящее время кабельная сеть категории 3 практически не используется, так как она не поддерживает Fast Ethernet и более высокие скорости.

- **Кабель категории 5.** Более новые и скоростные типы сетей требуют большей производительности. В сети Fast Ethernet (100BASE-TX) используются те же две пары, что и в 10BASE-T, однако для Fast Ethernet важен коэффициент ослабления сигнала. Таким образом, для Fast Ethernet 100BASE-TX необходим кабель UTP категории 5. Хотя и существует версия 100BASE-T4 Fast Ethernet для кабелей UTP категории 3, в которой используются все четыре пары этого кабеля, такой тип Fast Ethernet распространен недостаточно широко. Таким образом, при "смешивании" кабелей категорий 3 и 5 лучше использовать концентраторы для 10BASE-T Ethernet (10 Мбит/с); сеть 100BASE-TX Ethernet на кабеле категории 3 медленна и недостаточно надежна. Кабель категории 5, который обычно называется CAT 5, относится к классу D.

  Многие поставщики сетевых кабелей также продают улучшенную разновидность кабеля категории 5, получившую название 5e. Этот кабель можно использовать вместо кабеля категории 5, поскольку он прекрасно подходит для Fast Ethernet, которую в будущем планируется модернизировать до стандарта Gigabit Ethernet. Для кабеля 5e необходимо провести ряд тестов, не обязательных для категории 5. Хотя в Gigabit Ethernet можно использовать обе категории, кабель стандарта 5e обеспечивает большую эффективность и скорость передачи данных.

- **Кабель категории 6.** Кабели категории 6 (называемые CAT6 или кабели класса E) также применяются вместо кабелей CAT5 и 5e; они содержат те же разъемы RJ-45, что и CAT5/CAT5e. Кабель CAT6 поддерживает частотный диапазон от 1 до 250 МГц (для сравнения: частотный диапазон кабеля CAT5 или CAT5e составляет 1–100 МГц).

- **Кабель категории 7.** Новейшие стандартные кабели категории 7 (называемые также CAT7 или кабели класса F), работающие в частотном диапазоне от 1 до 600 МГц, обеспечивают уменьшение задержки распространения сигнала, что позволяет увеличить длину сетевого кабеля и количество рабочих станций в сети. В кабеле CAT7 используется разъем *GG45*, разработанный в компании Nexans. Этот разъем похож на RJ-45, но в отличие от него оснащен четырьмя дополнительными контактами (рис. 17.10). Разъем GG45 имеет переключатель, который активизирует максимум 8 из 12 контактов. Верхние 8 контактов этого разъема используются для работы в частотном диапазоне 250 МГц (CAT6). При работе в режиме CAT7 (600 МГц) используются другие 8 контактов, расположенные по краям разъема. Другими словами, этот разъем не только обеспечивает обратную совместимость с RJ-45, но и поддерживает новейшие кабельные стандарты.

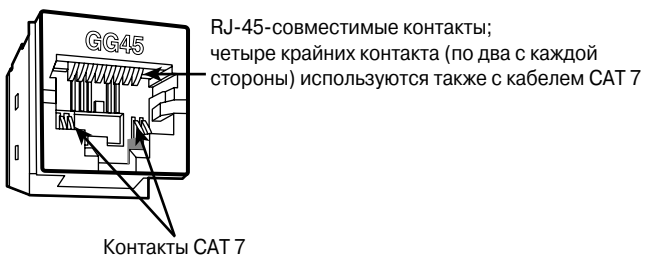


Рис. 17.10. Разъем GG45, созданный в компании Nexans, подходит для CAT5 и других стандартных сетевых кабелей с разъемом RJ-45, а также для новых кабелей CAT7

Важен выбор правильного типа кабеля категории 5/5e/6/7. Используйте кабели типа PVC для постоянных соединений с сетью, но для подключения портативных компьютеров

или временного подключения на расстояние до 3 метров (например, от компьютера до настенной розетки) желательно использовать более дорогие кабели.

Предупреждение

Если вы решили установить кабель UTP категории 5/5e, внимательно следите за тем, чтобы все разъемы, настенные розетки и остальное оборудование также соответствовали этой категории.

Если вы подключаете готовый кабель категории 5 к Fast Ethernet, используйте такие же разъемы. В противном случае можно создать некачественное звено сети, которое будет приводить к частым сбоям.

Если планируется использовать воздуховоды или подвесные потолки для прокладки кабеля, лучше воспользоваться кабелем Plenum, который не выделяет ядовитый дым при горении. Цена такого кабеля намного выше, однако безопасность стоит еще дороже. В некоторых условиях его применение обязательно.

Самостоятельное создание кабелей типа витой пары

В следующих ситуациях может понадобиться самостоятельно создать собственный кабель:

- требуется создать большую сеть;
- нужен кабель нестандартной длины;
- нужно создать кросскабель;
- необходимы кабели определенных цветов;
- требуется точная подгонка длины кабеля;
- хочется сэкономить деньги и есть достаточно свободного времени.

Стандарты витой пары

Имея необходимые инструменты, можно создать сеть самостоятельно. Для этого требуется знать правильное цветовое кодирование витой пары, которая состоит из восьми проводов.

Поскольку кабель TP содержит восемь проводов, возможно много неправильных комбинаций. Существует несколько стандартов подключения кабелей UTP.

Совет

Используйте одну и ту же схему при монтаже кабелей. Кроме того, все другие специалисты, работающие с вашей сетью, должны знать, какая именно схема применяется.

Правильный монтаж витой пары определяется стандартом AT&T 258A (также называемым 568B). В табл. 17.4 приведены данные о монтаже витой пары и разъема RJ-45 в соответствии с этим стандартом.

Таблица 17.4. Монтаж витой пары и разъема RJ-45

Цвет провода	Контакт разъема	Назначение
Белый/голубой и голубой	Белый/голубой --- #5 голубой --- #4	Не используется[1]
Белый/оранжевый и оранжевый	Белый/оранжевый --- #1 оранжевый --- #2	Данные
Белый/зеленый и зеленый	Белый/зеленый --- #3 зеленый --- #6	Данные
Белый/коричневый и коричневый	Белый/коричневый --- #7 коричневый --- #8	Не используется[1]

1. Эти пары не используются в сетях 10BASE-T Fast Ethernet и 100BASE-TX, в отличие от Fast Ethernet 100BASE-T4 и Gigabit Ethernet 1000BASE-TX, в которых применяются все четыре пары проводов.

На рис. 17.11 показан разъем кабеля RJ-45 стандарта EIA 568B/AT&T 258A.

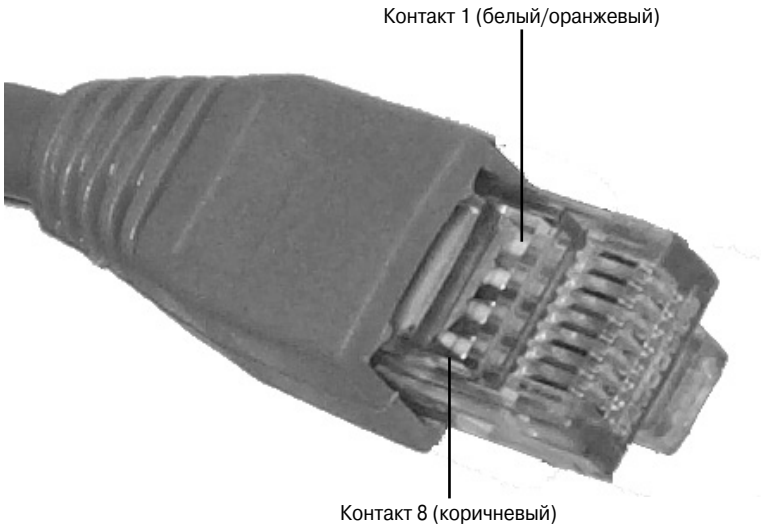


Рис. 17.11. Разъем RJ-45 стандарта EIA 568B/AT&T 258A

Примечание

Иногда встречается стандарт EIA 586A, в котором оранжевые/зеленые контакты разъема расположены наоборот.

Кабели UTP с перекрестным монтажом

Кабели с перекрестным монтажом (кросскабели) используются, когда соединяются только два компьютера без концентратора или когда концентратор, который не имеет порта расширения, подключается к другому концентратору. Разводка перекрестного кабеля приведена в табл. 17.5. В ней представлено расположение выводов разъема одного конца кабеля; монтаж другого конца должен быть выполнен согласно стандарту TIA 568B (см. рис. 17.11).

Таблица 17.5. Расположение выводов разъема RJ-45 по стандарту EIA 568B для кабеля с перекрестным монтажом

Провод	Номер контакта	Провод	Номер контакта
Белый/голубой	5	Белый/оранжевый	3
Голубой	4	Оранжевый	6
Белый/зеленый	1	Белый/коричневый	7
Зеленый	2	Коричневый	8

Примечание

Существуют и другие схемы монтажа кабелей, например IEEE и USOC. Всего насчитывается восемь согласованных стандартов подключения кабелей UTP и разъемов RJ-45. Наиболее распространенные из них приведены в этой главе.

Самостоятельный монтаж кабелей UTP

Для самостоятельного монтажа кабелей Ethernet понадобятся такие инструменты и материалы:

- кабель UTP категории 5 или выше;
- разъемы RJ-45;
- кусачки для зачистки проводов;
- инструмент для обжима разъема RJ-45.

Перед тем как смонтировать кабель необходимой длины, попрактикуйтесь на обрезке кабеля. Разъем RJ-45 и кабель стоят недорого по сравнению с тем, во что обойдется авария в сети.

Чтобы правильно смонтировать кабель типа витой пары, выполните ряд действий.

1. Определите, какой длины должен быть кабель. Вам понадобится некоторый запас, чтобы можно было передвигать компьютер и обходить места с потенциально высоким уровнем шума. Помните о максимальной длине кабелей UTP (об этом речь идет далее).
2. Отмотайте с барабана необходимый кусок кабеля.
3. Отрежьте этот кабель.
4. С помощью кусачек снимите внешнюю изоляцию, чтобы добраться до пар проводов (рис. 17.12); покрутите провод и снимите всю изоляцию. Делайте это аккуратно, поскольку, повернув кабель слишком сильно, вы можете повредить провода внутри него.
5. Проверьте, нет ли повреждений на изоляции проводов; если повреждения есть, повторите пп. 3 и 4.
6. Расположите провода в соответствии со стандартом EIA 568B (рис. 17.13).
7. Оголите не больше 1,5 см концов проводов. Если зачищенные участки будут слишком длинными, могут возникнуть наводки (в результате интерференции сигналов от нескольких проводов); если провода будут слишком короткими, они будут плохо соединяться в разъеме RJ-45.



Рис. 17.12. Аккуратно снимите внешнюю изоляцию, чтобы открылись четыре пары проводов

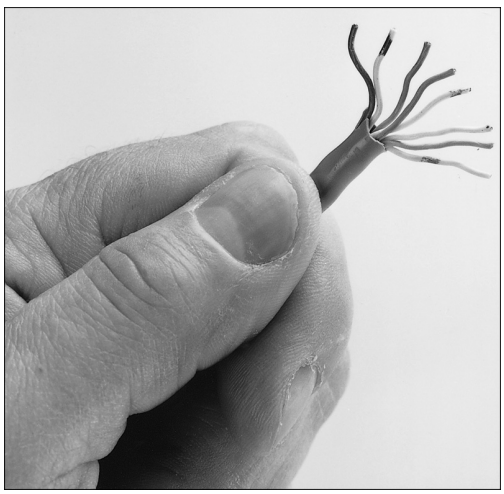


Рис. 17.13. Прежде чем помещать пары проводов в разъем RJ-45, расположите их в соответствии с выбранным стандартом (например, EIA 568B)

8. Вставьте кабель со стороны зажима разъема RJ-45 (рис. 17.14). Убедитесь, что провода расположены в соответствии со стандартом EIA/TIA 568B, перед тем как поместить их в разъем (см. табл. 18.4 и рис. 17.11).
9. Используйте насадочный инструмент, чтобы присоединить разъем RJ-45 к кабелю (рис. 17.15). Конец кабеля должен быть зажат в разъеме так, чтобы его нельзя было оторвать вручную.
10. Повторите пп. 4–9 для второго конца кабеля. Если нужно, перед снятием изоляции обрежьте конец кабеля.

11. Пометьте каждый кабель следующим образом:
    - стандарт;
    - длина;
    - перекрестный монтаж (если есть);
    - номер компьютера.



Рис. 17.14. Помесите провода в разъем RJ-45, предварительно проверив правильность их расположения

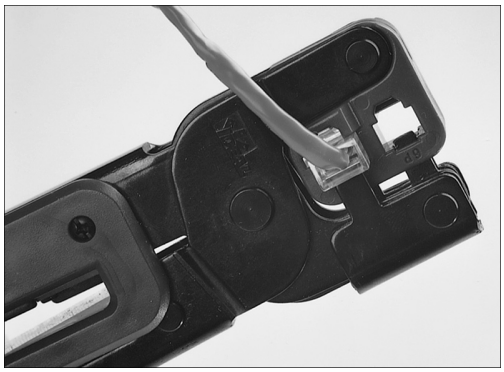


Рис. 17.15. Хорошо сожмите насадочный инструмент, чтобы плотно прикрепить разъем к кабелю

Пометьте кабель с двух концов, чтобы упростить и процедуру поиска кабеля от соответствующего компьютера, и подключение к концентратору. Приобретите ярлыки для кабелей и прикрепите их ко всем кабелям.

Ограничения длины кабеля

Разработчики компьютерных систем всегда находят способы обхода существующих ограничений. Например, в Ethernet придумали звездообразные, разветвленные и древовидные топологии (подробнее об этом речь пойдет в следующем разделе). Кроме того, они обошли описанные выше основные ограничения и теперь к составной Ethernet можно подключать тысячи компьютеров.

Локальные сети потому и называются локальными, что сетевые адаптеры и другая сетевая аппаратура не могут передавать сообщения на расстояние, превышающее несколько десятков метров. В табл. 17.6 приведены ограничения для разных типов сетевого кабеля. Кроме этих ограничений, можно отметить следующие:

- нельзя подключать более 30 компьютеров к одному сегменту Thinnet Ethernet;
- нельзя подключать более 100 компьютеров к одному сегменту Thicknet Ethernet;
- нельзя подключать более 72 компьютеров на один кабель UTP для Token-Ring;
- нельзя подключать более 260 компьютеров на один кабель STP для Token-Ring.

Таблица 17.6. Ограничения длины соединительных кабелей

Сетевой адаптер	Тип кабеля	Максимальная длина, м	Минимальная длина, м
Ethernet	10BASE-2	185	0,5
	10BASE-5 (отвод)	50	2,5
	10BASE-5 (основной)	500	2,5
	10BASE-T	100	2,5
	100BASE-TX	100	2,5
	1000BASE-TX	100	2,5

Окончание табл. 17.6

Сетевой адаптер	Тип кабеля	Максимальная длина, м	Минимальная длина, м
Token Ring	STP	100	2,5
	UTP	45	2,5
ARCnet	Пассивный концентратор	30	Зависит от кабеля
	Активный концентратор	600	Зависит от кабеля

Если у вас есть станция, которая подключена к концентратору с помощью кабеля категории 5 длиной больше 100 м, понадобится повторитель. При использовании двух или более станций, расстояние между которыми превышает установленное для Fast Ethernet 100-метровое ограничение, подключите их к коммутатору или концентратору, который находится на расстоянии не более 100 метров от первичного коммутатора или концентратора. Новый коммутатор/концентратор следует подключить к *порту расширения* (uplink) первичного коммутирующего устройства. Таким образом, первый коммутатор/концентратор будет работать в качестве повторителя, что позволит существенно увеличить протяженность сети.

Топологии сети

Каждый компьютер локальной сети соединен кабелем с другими компьютерами. Термин *топология* означает схему физического расположения кабелей, соединяющих компьютеры в сеть.

За последние пятнадцать лет в компьютерных сетях использовались три топологии.

- **Шинная.** Все компьютеры сети последовательно подключаются один к другому. Сетевое соединение начинается с сервера и заканчивается последней системой в сети.
- **Звездообразная.** Каждый компьютер в сети подключается к центральной точке доступа.
- **Кольцевая.** Каждый компьютер в сети подключается к другим по кольцевой (т.е. циклической) схеме. Эта топология считается устаревшей.

В одной сети может быть скомбинировано несколько топологических схем. Такие сети называют *гибридными*. Например, концентраторы нескольких сетей со звездообразной топологией могут быть соединены посредством шинной схемы, тем самым формируя звездообразно-шинную сеть. Точно таким же образом можно объединять и сети с кольцевой топологией.

В табл. 17.7 приведены общие сведения о существующих топологиях сетей.

Таблица 17.7. Типы сетевых кабелей и топологии

Тип сети	Стандарт	Тип кабеля	Топология
Ethernet	10BASE-2	Тонкий коаксиальный (RG-58)	Шинная
	10BASE-5	Толстый коаксиальный	Шинная
	10BASE-T	UTP категории 5 или 3	Звездообразная
Fast Ethernet	100BASE-TX	UTP категории 5	Звездообразная
Gigabit Ethernet	1000BASE-TX	UTP категории 5	Звездообразная
Token Ring	Все	STP или UTP	Кольцевая

Шинная, звездообразная и кольцевая топологии подробно описываются в следующих разделах. Беспроводные сети, в которых с технической точки зрения отсутствует какая-либо физическая топология, все равно соответствуют двум логическим (виртуальным) топологиям, которые мы также рассмотрим.

Шинная топология

Иногда между двумя наиболее удаленными одна от другой рабочими станциями прокладывается один кабель, обходящий все остальные станции и серверы. Этот способ соединения называется *шинной* топологией (рис. 17.16). Такой тип топологии позволял соединить все компьютеры одним кабелем, уменьшая его необходимый размер. Так как в ранних компью-

терных сетях использовался громоздкий коаксиальный кабель, этот фактор был очень важным. Шинная топология использовалась в сетях 10BASE-5 и 10BASE-2 (т.е. “тонкая” и “толстая” Ethernet).

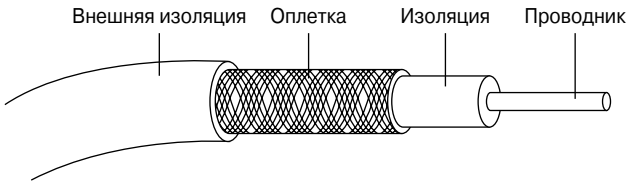


Рис. 17.16. В последовательной шинной топологии все сетевые устройства подсоединяются к одному кабелю

Появление более дешевых и тонких кабелей витой пары, поддерживающих быстрые сети, выявил самый большой недостаток сетей с шинной топологией. Дело в том, что если в такой сети выходит из строя хотя бы одна станция или кабель повреждается хотя бы в одном месте, весь сегмент сети становится неработоспособным. Проблемы с “тонкой” Ethernet (10BASE-5) часто возникают из-за ослабления крепления устройства AUI к коаксиальному кабелю. Кроме того, Т-адаптеры и нагрузочные резисторы “тонкой” Ethernet (10BASE-2) могут разболтаться, или же их отключит пользователь, тем самым нанеся серьезный вред функционированию всей сети или отдельных ее компонентов. Еще один недостаток 10BASE-T проявляется при подключении новой системы к сети между уже установленными системами. В результате может потребоваться разделение сетевого кабеля между компьютерами на более короткие сегменты, что необходимо для подключения сетевой платы и Т-адаптера нового компьютера.

Примечание

Несмотря на то что “тонкие” сети 10BASE-2 более не используются в компьютерной среде, их все еще можно встретить в промышленных системах управления. Поскольку в таких сетях используются терминатор с сопротивлением и экранированный коаксиальный кабель, этим сетям отдается предпочтение в производственной среде.

Кольцевая топология

В дискуссиях о сетях часто упоминается *кольцевая* топология, в которой каждая рабочая станция подключается к следующей, а последняя подключается к первой (похоже на шинную топологию с соединенными концами). Существуют два основных типа сетей, использующих кольцевую топологию:

- **FDDI**, в которой используется физическая кольцевая топология;
- **Token-Ring**, использующая логическую кольцевую топологию.

На первый взгляд сети Token-Ring напоминают сети 10BASE-T или 10/100 Ethernet, поскольку в них используются центральное коммутирующее устройство и физическая топология звезды. Возникает вопрос, какой же кольцевой элемент содержится в Token-Ring?

На самом деле физически не обязательно, чтобы кабели соединялись кольцом. Фактически кольцо существует лишь внутри концентратора для Token-Ring (так называемый *модуль многопользовательского доступа* (MultiStation Access Unit — MSAU)). Схема кольцевой топологии Token-Ring приведена на рис. 17.17.

Сигнал, посланный одним компьютером, попадает в концентратор, а из концентратора передается следующему компьютеру, после чего снова попадает в концентратор. Таким образом, данные попадают в каждый компьютер, пока снова не доходят до посылавшего их компьютера, который извлекает их из кольца. Следовательно, хотя физическая топология проводов имеет вид звезды, данные в такой сети передаются по так называемому *логическому кольцу*.

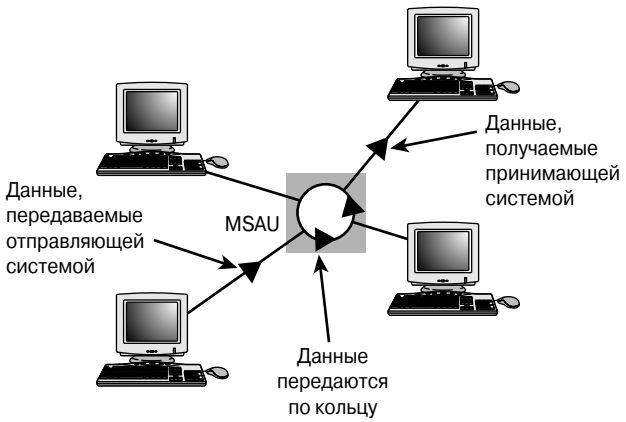


Рис. 17.17. Передача данных в сети Token-Ring

Логическое кольцо удобнее физической кольцевой топологии, поскольку такая система имеет более высокую отказоустойчивость. В шинной топологии повреждение кабеля приводит к остановке всей сети. В Token Ring модуль многопользовательского доступа может просто отключить компьютер, в котором происходят сбои, от логического кольца, что позволит остальной сети продолжить работу.

Звездообразная топология

В некоторых случаях все устройства подключаются к одному распределительному блоку (*концентратору* или *коммутатору*). В результате получается топология, которая называется *звездообразной* (рис. 17.18).

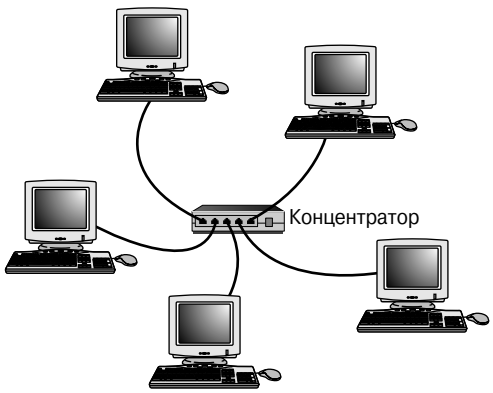


Рис. 17.18. В звездообразной топологии сетевые компьютеры и устройства подключаются к одному или нескольким концентраторам/точкам доступа

Поскольку с каждым компьютером связан отдельный кабель, проблемы сетевого подключения одной системы никак не отражаются на остальных компьютерах. Шинная топология требует меньше кабеля, чем звездообразная, однако ее сложнее диагностировать и исправлять в ней возможные неполадки. В настоящее время звездообразные топологии Fast Ethernet и Gigabit Ethernet являются самым популярным типом локальной сети. Звездообразная топология также используется в стандартах 10BASE-T Ethernet.

Концентраторы и коммутаторы для Ethernet

Итак, можно констатировать, что современная Ethernet для рабочих групп базируется на кабеле UTP с рабочими станциями, расположенными в виде звезды, центром которой является некоторое коммутирующее устройство: концентратор или коммутатор.

Все концентраторы Ethernet содержат следующие элементы:

- несколько разъемов RJ-45 для кабеля UTP;
- индикаторы диагностики и активности;
- источник питания.

Существуют два основных типа концентраторов и коммутаторов для Ethernet: управляемые и неуправляемые. В рабочих группах и домашних сетях используются неуправляемые концентраторы, а в корпоративных сетях — чаще всего управляемые, т.е. устройства с комплектом программного обеспечения для поддержки и настройки его функций.

Индикаторы на передней панели концентратора показывают, какие соединения используются компьютерами. Концентратор должен иметь хотя бы по одному разъему RJ-45 для каждого компьютера, который вы собираетесь подключить к сети.

Как работают концентраторы

В Ethernet компьютер посылает концентратору широкополосный запрос на сетевую информацию или запрос программам. Концентратор пересылает этот запрос всем компьютерам, подключенным к нему. Когда компьютер, которому адресовано сообщение, получает его, он посылает запрашиваемую информацию обратно концентратору, который снова пересылает ее всем компьютерам, несмотря на то, что только один компьютер будет ее обрабатывать. Таким образом, концентратор работает, как радиоретранслятор, который посылает сигнал всем приемникам, однако только соответствующим образом настроенные приемопередатчики могут отсылать или передавать информацию.

Сравнение концентраторов и коммутаторов

Коммутаторы, как и концентраторы, используются для соединения компьютеров Ethernet, созданной на базе кабеля UTP, друг с другом. Концентраторы, в свою очередь, транслируют передаваемые данные всем компьютерам, подключенным к локальной сети. Коммутаторы используют функцию, называемую *запоминанием адреса* и определяющую пункт назначения каждого пакета данных, отправляя его непосредственно тому компьютеру, для которого он предназначен. Таким образом, коммутатор можно сравнить с телефонной станцией, которая напрямую соединяет инициатора звонка с абонентом (рис. 17.19).

Поскольку коммутаторы устанавливают прямое соединение между передающим и принимающим компьютерами, они обеспечивают полную ширину полосы пропускания для каждого порта. В то же время концентраторам приходится делить полосу пропускания сети на все ее активные системы. Это означает, что ширина полосы пропускания, в зависимости от загруженности сети, может увеличиваться или уменьшаться.

Представьте, например, рабочую группу из четырех компьютеров, использующую сетевые адаптеры 10/100 и концентратор Ethernet. Общая ширина полосы пропускания сети равна 100 Мбит/с. В том случае, если две системы в рабочем состоянии, эффективная ширина полосы пропускания будет равна 50 Мбит/с (100 Мбит/с, разделенные на 2). Если работают все четыре системы, эффективная ширина полосы пропускания уменьшается до 25 Мбит/с (100 Мбит/с, разделенные на 4). Таким образом, увеличение числа активных пользователей приводит к уменьшению пропускной способности сети.

Коммутатор, используемый вместо концентратора, не ретранслирует данные всем компьютерам сети, поэтому эффективная ширина полосы пропускания для каждой системы остается равной 100 Мбит/с.

Большинство устройств 10/100 и Fast Ethernet или коммутаторов 10/100 также поддерживают дуплексный режим работы (одновременные передача и прием данных), позволяю-

щий удвоить фактическую ширину полосы пропускания до 200 Мбит/с. Сравнительные характеристики устройств приведены в табл. 17.8.

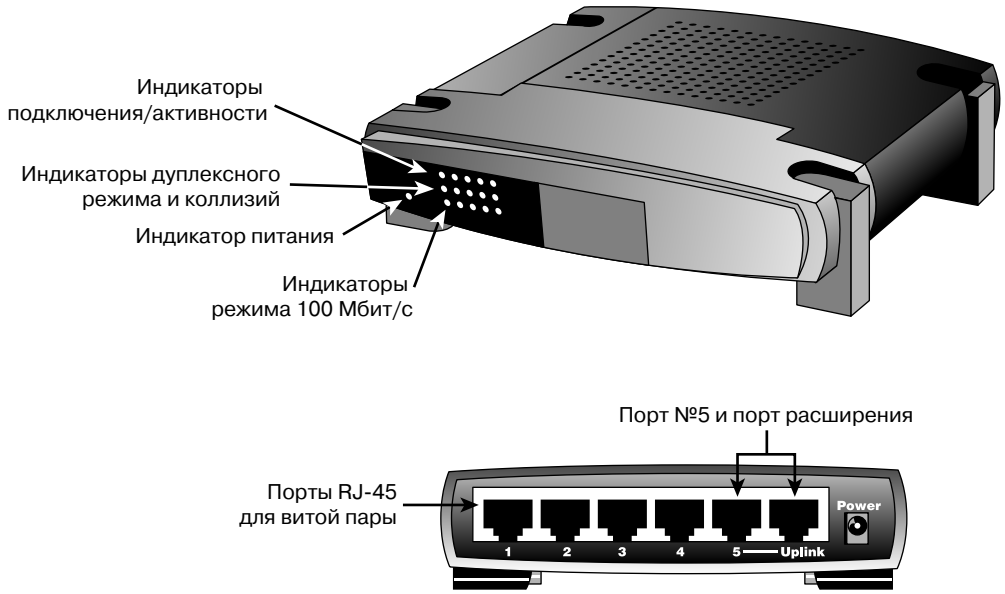


Рис. 17.19. Передняя (сверху) и задняя (снизу) панели типичного коммутатора 10/100 Ethernet на пять портов

Таблица 17.8. Сравнительные характеристики концентраторов и коммутаторов Ethernet

Свойство	Концентратор	Коммутатор
Полоса пропускания	Разделенная на общее количество используемых портов	Назначенная для каждого используемого порта
Тип передачи данных	Трансляция сообщений всем системам сети	Прямое соединение передающего и принимающего компьютеров
Дуплексная поддержка	Только полудуплексная (передача или прием)	Полудуплексная или дуплексная (передача и прием) при использовании дуплексных сетевых адаптеров

Используя коммутаторы, можно значительно повысить производительность сети, не меняя при этом ее компоненты.

Примечание

Как кабельные, так и беспроводные маршрутизаторы (маршрутизатор соединяет локальную сеть с устройством, обеспечивающим подключение к Интернету, — обычно кабельным или DSL-модемом) обычно имеют встроенные дуплексные 10/100 (Fast Etehrnet) или 10/100/1000 (Gigabit Ethernet) коммутаторы. Такие маршрутизаторы в сети могут использоваться вместо коммутаторов.

Если вы удовлетворены производительностью сети, обеспечиваемой концентратором, можно не заменять его коммутатором. Однако примите в расчет, что в современных сетях часто просматривается содержимое источников мультимедиа, так что производительности концентратора может и не хватить.

Дополнительные полезные возможности концентраторов и коммутаторов

Дешевые концентраторы работают только на одной скорости и имеют всего несколько разъемов RJ-45. В зависимости от требований могут пригодиться дополнительные возможности.

- **Многоскоростные коммутаторы.** При добавлении клиентов Gigabit Ethernet (1000BASE-TX) или Fast Ethernet (100BASE-TX) к существующей сети 10BASE-T понадобится многоскоростной концентратор/коммутатор, чтобы соединить разные типы Ethernet.

  Даже если создается полностью новая сеть Fast Ethernet, многоскоростной коммутатор пригодится для временного подключения портативного компьютера с адаптером 10BASE-T. Хотя в настоящее время большинство моделей коммутаторов Ethernet являются многоскоростными, на рынке можно встретить и односкоростные модели. Их можно использовать в тех случаях, когда необходимо исключить возможность более медленных подключений.

- **Беспроводная точка доступа.** Многие современные коммутаторы содержат встроенную беспроводную точку доступа (или маршрутизатор), которая поддерживает стандарт 802.11b/g, 802.11a или 802.11n (некоторые точки доступа поддерживают все четыре стандарта). Если в будущем планируется внедрять беспроводные сети, имеет смысл сразу приобрести коммутатор со встроенной беспроводной точкой доступа.

- **Объединяемый коммутатор и порт расширения.** Такой коммутатор можно подключать к другим концентраторам или коммутаторам, что позволяет не заменять его при недостатке подключений. Большинство современных коммутаторов имеет возможность объединения. Это прекрасная возможность добавления функций сети 10/100/1000 к старой сети 10BASE-T, для чего требуется подключить двухскоростной концентратор или коммутатор к порту расширения коммутатора 10BASE-T.

Совет

Чтобы проверить, является ли коммутатор объединяемым, поищите в нем порт расширения. Этот порт имеет такой же внешний вид, как и RJ-45, однако распайка контактов в нем другая — позволяющая соединять его с другим коммутатором обычным кабелем UTP. Если такого порта нет, для соединения коммутаторов используют перекрестный кабель.

- **Дополнительные порты.** При объединении четырех компьютеров в небольшую сеть понадобится четырехпортовый концентратор/коммутатор (самый маленький из существующих). Однако, если вы приобретете концентратор/коммутатор только с четырьмя портами, а впоследствии захотите добавить к сети еще несколько компьютеров, придется менять устройство.

  Приобретайте концентратор/коммутатор, который сможет "выдержать" потенциальное увеличение сети в течение следующего года. Если планируется добавить две рабочие станции, покупайте минимум шестипортовый концентратор/коммутатор (цена одного порта уменьшается с увеличением количества портов).

Примечание

Порт расширения коммутатора или концентратора также используется для подключения устройства к маршрутизатору или шлюзу, обеспечивающему подключение локальной сети к Интернету. В случае, когда используется множество коммутаторов, они обычно напрямую подключены к маршрутизатору, а не по цепочке друг к другу.

Обычно в коммутаторах порт расширения напрямую связан с одним из обычных портов (пример показан на рис. 18.20). Если используется порт расширения, то к связанному с ним обычному порту не может быть подключено другое устройство. Таким образом, максимальное количество подключаемых к коммутатору устройств остается постоянным.

Размещение концентратора/коммутатора

В крупных сетях рядом с сервером устанавливается специальный коммутационный шкаф, однако в небольших сетях для рабочих групп такой шкаф не нужен. Несмотря на отсутствие шкафа, вопрос расположения концентратора/коммутатора остается весьма важным.

К концентраторам/коммутаторам в Ethernet необходимо подключить электропитание. При этом небольшому устройству достаточно "розеточного" трансформатора, а большие устройства будут использовать внутренний блок питания, подключенный к сети стандартным силовым кабелем.

Кроме того, стоит расположить концентратор так, чтобы разъемы RJ-45 были доступны, а индикаторы на нем были видны, что упростит диагностику.

Если в коммутатор/концентратор для использования с широкополосным устройством доступа (DSL или кабельный модем) к Интернету встроен маршрутизатор, их можно разместить рядом с кабельным или DSL-модемом либо на некотором расстоянии в зависимости от планировки дома или офиса. Поскольку кабельный или DSL-модем обычно подключается к компьютеру с помощью того же кабеля UTP категории 5, используемого в Ethernet, модемный кабель можно подключить к WAN-порту, а все компьютеры — к портам локальной сети маршрутизатора/коммутатора.

Длина кабелей от одного устройства до другого ограничена 100 м для всех сетей UTP Ethernet (10BASE-T, 100BASE-TX и 1000BASE-TX). Больше никаких ограничений нет, так что в пределах офиса концентратор можно устанавливать в любое место, к которому можно подвести электроэнергию и куда легко добраться.

Совет

Перед приобретением концентратора решите, отдать ли предпочтение готовым кабелям или смонтировать их самостоятельно. Если перенести концентратор в другое место, некоторые провода могут оказаться слишком короткими. Используйте кабели большей длины и скрутите остаток в кольца, а слишком короткие кабели замените. Можно, естественно, соединить два последовательных кабеля переходником. Однако при этом учтите, что в розничной продаже можно встретить и переходники категории 3, обеспечивающие только скорость 10 Мбит/с. В любом случае один длинный кабель лучше двух коротких, объединенных с помощью переходника.

Оборудование беспроводных сетей

В сетях стандарта 802.11 используются два типа устройств:

- точки доступа;
- сетевые адаптеры, оборудованные приемопередатчиками.

Точки доступа — это устройства размером с книгу, которые используют порты RJ-45 для подключения к сети 10BASE-T Ethernet (если это необходимо) и содержат трансивер, а также программное обеспечение кодирования и связи. Эти устройства транслируют сигналы обычной Ethernet в сигналы беспроводной Ethernet и передают их беспроводным сетевым адаптерам. Точки доступа также раскодируют сигналы в обратном направлении.

Примечание

В небольших домашних и офисных сетях, подключенных к Интернету, точка доступа обычно интегрирована в беспроводной маршрутизатор, который также содержит коммутатор Ethernet.

Для охвата большого расстояния купите две точки доступа и подключите их к коммутатору Ethernet. Это позволит пользователям свободно перемещаться в пределах здания, не теряя при этом соединения с сетью. Некоторые точки доступа могут напрямую взаимодействовать одна с другой посредством радиоволн, что позволяет создавать беспроводные магистрали, охватывающие большие пространства, например оптовые магазины или торговые склады, а также избавляет от необходимости прокладывать кабельную сеть. Кроме того, можно приобрести так называемый *расширитель диапазона*, который способен принимать и усиливать слабый радиосигнал. Однако учтите, что некоторые расширители диапазона способны работать с точками доступа или маршрутизаторами только своего производителя.

Для организации одноранговой беспроводной сети наличие точек доступа необязательно (такую сеть называют *спонтанной* — Ad Hoc), однако они просто необходимы для обеспече-

ния совместного доступа к Интернету или подключения к другой сети. При использовании точек доступа сеть работает в *режиме инфраструктуры*.

Примечание

При работе клиентов во временной беспроводной сети для обеспечения их доступа к Интернету один из компьютеров должен быть подключен к мосту или использовать в качестве моста второй сетевой адаптер.

Беспроводные сетевые адаптеры имеют фиксированную или отсоединяемую радиоантенну и используют один из следующих интерфейсов подключения к компьютеру.

- CardBus (32-разрядный PC Card). Используются в ноутбуках, не имеющих интегрированной поддержки беспроводных сетей.
- Mini-PCI. Обеспечивают ноутбукам поддержку кабельной и беспроводной Ethernet, а также коммутируемого модема.
- PCI. Используются в настольных компьютерах, имеющих разъемы PCI.
- USB. Могут использоваться как в настольных, так и в портативных компьютерах.

В большинстве ноутбуков с интегрированной поддержкой Wi-Fi для беспроводного адаптера используется интерфейс mini-PCI. При этом антенна закреплена внутри корпуса, а в ноутбуке остается свободным один разъем PC Card или более, которые можно использовать для подключения внешних адаптеров и антенны.

Примечание

Карты с интерфейсом *mini-PCI* встроены в ноутбуки. Их можно удалить, открыв пластину в нижней части устройства и отсоединив карту. Поскольку карты mini-PCI обычно адаптированы к ноутбукам конкретной модели, в розничной продаже их встретить практически невозможно. В то же время при подборе конфигурации во время покупки ноутбука продавец может с помощью разных карт mini-PCI обеспечить необходимые коммуникационные возможности компьютера. Также карты mini-PCI можно приобрести в отделе запасных частей производителя ноутбука.

В беспроводную сеть можно объединить любые типы сертифицированных устройств Wi-Fi. Таким образом, появляется возможность организовать смешанную сеть из настольных компьютеров и ноутбуков. На рис. 17.20 продемонстрировано типичное беспроводное сетевое оборудование.



Рис. 17.20. Типичное семейство продуктов стандарта Wi-Fi с частотой 2,4 ГГц включает в себя беспроводный маршрутизатор и сетевые адаптеры USB/PC Card/PCI

В современных ноутбуках с помощью карт mini-PCI реализована поддержка беспроводных сетевых протоколов 802.11g, а иногда и двухдиапазонного режима 802.11a/g. В то же время при желании в них можно добавить поддержку других протоколов 802.11 с помощью дополнительных карт с интерфейсом PC Card или USB.

В случае, когда система с беспроводным адаптером обнаруживает несколько сигналов Wi-Fi, из них выбирается самый сильный и обеспечивающий наименьшее число ошибок, после чего выполняется автоматическое переключение на соответствующий источник. Естественно, при желании систему можно переключить на конкретный источник сигнала с помощью операционной системы или программы поставщика сетевого оборудования.

Существует ряд дополнительных устройств, которые могут быть добавлены в создаваемую сеть.

- **Беспроводные мосты.** Эти устройства позволяют подключать к беспроводной сети проводные аппаратные средства Ethernet, к которым относятся игровые консоли и телевизионные приставки.
- **Беспроводные повторители/расширители диапазона.** Повторитель обычно используется для расширения радиуса охвата существующей беспроводной сети, а также в качестве точки доступа или моста.
- **Беспроводные маршрутизаторы.** Эти устройства, используемые вместо стандартной точки доступа, позволяют подключить беспроводную сеть к Интернету с помощью кабельного модема или какого-нибудь другого широкополосного устройства (более подробная информация представлена в главе 16). Многие беспроводные маршрутизаторы содержат многопортовый коммутатор, необходимый для соединения с проводными Ethernet, а в некоторых случаях и сервер печати.
- **Специализированные антенны.** Антенны, используемые во многих маршрутизаторах и точках доступа, успешно работают при передаче данных на короткие расстояния. Однако при увеличении расстояния или проблемах, возникающих при перекрытии линии визирования, лучше использовать не стандартную, а потолочную, настенную, круго- или узконаправленную антенну.
- **Усилители сигнала.** В дополнение к сменной антенне или в качестве альтернативы ей некоторые производители выпускают усилители сигнала, которые устанавливаются в точку доступа или маршрутизатор. В большинстве случаев усилители сигнала привязаны к модели самого устройства приема/передачи.

Логические топологии беспроводных сетей

Беспроводные сети могут иметь две логические топологии, что меньше, чем в кабельных сетях.

- **Звездообразная.** Эта топология, применяемая в устройствах стандарта 802.11, напоминает одноименную архитектуру сетей стандарта 10BASE-T и остальных, более скоростных версий Ethernet с концентратором. Точка доступа играет роль концентратора, поскольку все компьютеры соединяются через нее, а не взаимодействуют друг с другом напрямую. Несмотря на то что стоимость этого метода из расчета на одно устройство гораздо выше, он позволяет работать со скоростями, близкими к скоростям 10BASE-T Ethernet, и более прост в управлении.
- **“Точка–точка”.** Эта топология используется в устройствах Bluetooth (а также в спонтанных беспроводных сетях). Такие устройства напрямую соединяются друг с другом и не требуют для взаимодействия друг с другом никаких точек доступа или других устройств, подобных концентратору, хотя для совместного доступа к Интернету все компьютеры сети HomeRF должны быть подключены к общему беспроводному шлюзу. Это значительно снижает стоимость, однако топология “точка–точка” подходит для очень маленьких, несложных сетей или временного совместного доступа к данным с

помощью другого устройства (Bluetooth); передача данных осуществляется с гораздо меньшей скоростью, чем в сетях 100BASE-TX.

На рис. 17.21 представлены два типа топологии сетей.

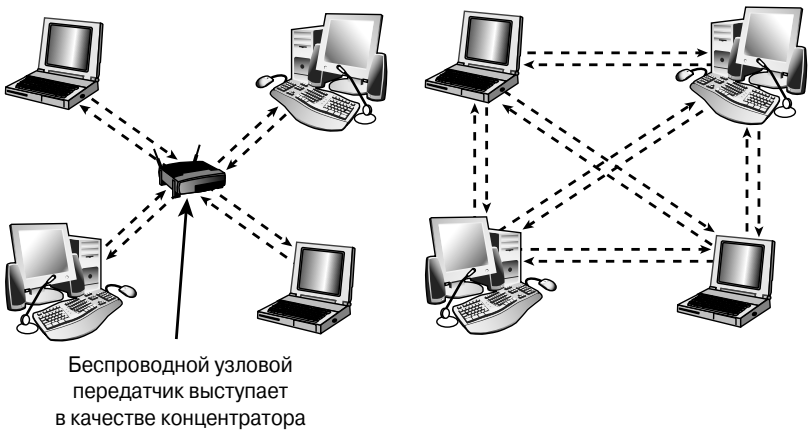


Рис. 17.21. Звездообразная топология (слева), используемая в беспроводных Ethernet IEEE 801.11, и топология "точка–точка" (справа), применяемая в сетях Bluetooth и во временных сетях Wi-Fi

Безопасность и прочие возможности

Когда я работал над первым изданием настоящей книги, хакеры использовали свой излюбленный метод, который обеспечивал возможность несанкционированного входа в компьютерную сеть. Вначале они узнавали телефонный номер модема, а затем соединялись с компьютером и разгадывали пароль, как в фильме "War Games". В настоящее время вместо этого обычно используется другая технология — *War driving*. Это выражение, которое можно перевести как "боевое вождение", означает исследование окрестностей с помощью портативного компьютера, оснащенного беспроводной сетевой платой. Цель подобного исследования — выявление незащищенных сетей. После того как злоумышленник находит брешь в системе защиты (что, как оказалось, сделать довольно легко) и получает доступ к незащищенной сети, все секреты, хранящиеся на компьютере, автоматически становятся достоянием общественности.

Поскольку теоретически к беспроводной сети можно подключиться из любой точки, имея соответствующий сетевой адаптер, большинство моделей беспроводных сетевых адаптеров и точек доступа использует кодирование. Большинство точек доступа (даже дешевые модели SOHO) обеспечивают возможность ограничения количества подключений списком авторизированных сетевых адаптеров (по их встроенному MAC-адресу).

Фильтрация по MAC-адресу может оказаться полезной для защиты от соседей, однако она не способна остановить массированную атаку. Системы на базе Linux позволяют изменять MAC-адреса своих сетевых адаптеров. Следовательно, нужно использовать другие средства защиты, например шифрование.

Предупреждение

В прошлом считалось, что функция *SSID*, поддерживаемая стандартами IEEE 802.11, является и функцией безопасности. На самом деле это совершенно не так. В сетях Wi-Fi SSID — просто сетевое имя беспроводной сети, подобное именам рабочих групп и доменов. Широковещательная передача SSID может быть отключена (в данном случае при поиске сетей клиенты не увидят SSID), что обеспечивает достаточный уровень безопасности. Однако сама по себе функция SSID ни в коем случае не должна рассматриваться как средство обеспечения безопасности. Компания Microsoft пришла к заключению, что отсутствие широкого вещания идентификатора SSID несет в себе еще больший риск, чем его наличие. Особенно это отно-

сится к операционным системам Windows XP и Windows Server 2003. Подробности можно узнать по такому адресу:

`http://www.microsoft.com/technet/network/evaluate/hiddennet.mspx`

Существует множество утилит (в том числе бесплатных), позволяющих быстро раскрывать идентификаторы беспроводных сетей, даже если они не транслируются, и подключаться к незащищенным сетям.

Наименьший уровень безопасности можно обеспечить, если заменить присвоенный производителем точки доступа или маршрутизатора идентификатор другим. Обычно присвоенный производителем идентификатор отражает название компании и номер модели устройства. Хакер, вооруженный этой информацией, может использовать таблицу стандартных идентификаторов и паролей моделей разных производителей, а также их диапазоны адресов. Все эти данные можно получить из документации или на сайтах производителей. Если в беспроводной сети не реализовано шифрование WEP или WPA, этой информации вполне достаточно для вторжения в чужую сеть. Если изменить идентификатор и пароль, можно существенно усложнить задачу потенциальным хакерам. Также рекомендуется применить наиболее серьезное шифрование, доступное в системе.

Все сетевые продукты Wi-Fi поддерживают минимум 40-разрядное шифрование, которое реализуется посредством спецификации WEP (Wired Equivalent Privacy), но для современных аппаратных средств требуется уже 64-разрядное WEP-кодирование. Многие производители сетевых устройств предоставляют также 128- и 256-разрядную системы шифрования, которые больше подходят для предприятий или учреждений, чем для аппаратных средств в малом или домашнем офисе. К сожалению, спецификация WEP оказалась весьма ненадежной защитой от несанкционированного доступа. Система WEP позволяет загнать в тупик случайного любопытствующего пользователя, но при этом не является серьезным препятствием для опытного "взломщика", решившего проникнуть в беспроводную сеть. По этой причине многие сетевые продукты, выпускаемые с 2003 года, поддерживают новый стандарт безопасности — Wi-Fi Protected Access (WPA). Стандарт WPA создан на основе разрабатываемого стандарта безопасности IEEE 802.11i. Аппаратные средства, поддерживающие стандарт WPA, успешно работают с существующими WEP-совместимыми устройствами. Помимо этого, выпускаются новые версии программного обеспечения для таких устройств. В современных устройствах 802.11g и 802.11n поддерживается более строгое шифрование WPA2 (использующее вместо алгоритма TKIP алгоритм AES).

Изменение версии с WPA на WPA2 может потребовать также обновления операционной системы. К примеру, Windows XP Service Pack 2 поддерживает WPA, однако для использования WPA2 следует загрузить и установить пакет обновления беспроводного клиента (Wireless Client Update). Более подробно этот вопрос рассмотрен в статье 917021 Базы знаний компании Microsoft (`http://support.microsoft.com`). Уровень и тип шифрования должны быть согласованы между адаптером и точкой доступа. В случае, если компонентами сети используются два разных стандарта (например, WPA и WEP), в сети будет применен самый слабый из них (в данном случае — WEP). Так что для обеспечения повышенной безопасности всеми устройствами сети должен поддерживаться стандарт WPA или, что еще лучше, WPA2.

Управление и поддержка DHCP

Большинство точек доступа управляется с помощью браузера, а также предоставляет средства диагностики и мониторинга, позволяющие оптимизировать место установки точки доступа. Устройства беспроводной связи многих производителей поддерживают протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), что позволяет без проблем переносить компьютер из одной подсети в другую.

На рис. 17.22 показана типичная беспроводная сеть стандарта 802.11 с несколькими точками доступа.

Число пользователей на одну точку доступа

Это число варьируется в зависимости от параметров устройства. На данный момент существуют модели, рассчитанные на подключение от 15 до 254 пользователей. За дополнительной информацией обратитесь к производителю выбранной точки доступа.

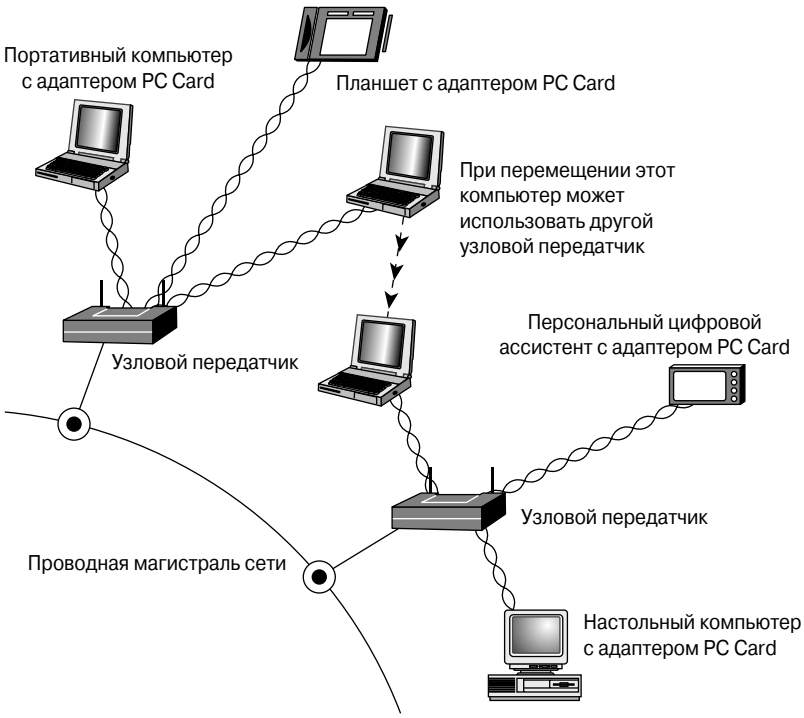


Рис. 17.22. Типичная беспроводная сеть с несколькими точками доступа. Когда пользователи с беспроводными сетевыми адаптерами переходят из одного офиса в другой, система переключения автоматически переводит адаптер с одной точки доступа на другую, позволяя отключаться от сети и подключаться к ней без использования проводов

Кабельные Ethernet являются наиболее дешевыми компьютерными сетями, если учесть, что их монтаж можно выполнить самостоятельно. Тем не менее в настоящее время создание сети Wi-Fi обходится примерно в такую же сумму, как и компоновка проводных Ethernet, если учесть стоимость профессиональной разводки сетевых кабелей.

Поскольку Wi-Fi действительно является стандартом, можно соединять точки доступа и беспроводные сетевые адаптеры разных производителей. Быть может, такое решение обеспечит приемлемую стоимость беспроводной сети.

Сетевые протоколы

Еще несколько лет назад при организации локальной сети было очень важно выбрать правильный протокол; этот выбор определял типы компьютеров, которые можно подключить к сети. Сегодня такой проблемы практически не существует. Современный сетевой протокол TCP/IP пришел на смену всем ранее существовавшим, заменив IPX/SPX (использовавшийся в старых версиях Novell NetWare) и NetBEUI (использовавшийся в старых версиях Windows, одноранговых сетях MS-DOS и прямых кабельных соединениях). TCP/IP — универсальный протокол, который может быть использован практически в любой операционной системе.

В отличие от протоколов передачи данных, сетевые протоколы не привязаны к определенной аппаратуре (ни к кабелю, ни к сетевому адаптеру). Они реализуются на уровне программного обеспечения и могут быть установлены на компьютер или удалены с него в любое время. В табл. 17.9 приведены отличия между этими протоколами.

Таблица 17.9. Обзор сетевых протоколов

Протокол	Наилучшая область применения	Примечание
TCP/IP	Большинство сетей на базе Windows, Linux, Unix и MacOS	Основной сетевой протокол систем Windows 2000/XP/Vista, Novell NetWare 5.x и выше, Linux, Unix и MacOS; также используется в коммутируемых подключениях к Интернету
IPX/SPX	Сети Novell 4.x и более ранние	Используется в NetWare 5.x только в отдельных случаях
NetBEUI	Одноранговые сети Windows for Workgroups и DOS	Самый простой протокол. Не поддерживает маршрутизацию между сетями; также используется для прямого кабельного соединения через последовательный, параллельный и USB-порт

Чтобы связываться друг с другом, все компьютеры в любой сети должны использовать один и тот же сетевой протокол или пакет протоколов.

IP и TCP/IP

Семейство сетевых протоколов *TCP/IP* (Transmission Control Protocol/Internet Protocol — протокол управления передачей/протокол Интернета) используется как в Интернете, так и в большинстве операционных систем. Протокол TCP представляет транспортный уровень, а IP определяет протокол сетевого уровня, который отвечает за передачу блоков данных.

В течение многих лет этот протокол использовался только в сетях Unix, однако стремительный рост Интернета обеспечил его применение практически во всех видах локальных компьютерных сетей. TCP/IP является основным сетевым протоколом большинства служб операционных систем Novell NetWare 6 и выше, а также Windows XP/Vista.

Протоколы TCP/IP для локальных и коммутируемых сетей

В отличие от сетевых протоколов, перечисленных в предыдущем разделе, TCP/IP применяется и такими пользователями, которые в глаза не видели сетевых плат. Для доступа к Интернету посредством модема (коммутируемого подключения) или локальной сети используется один и тот же протокол — TCP/IP. В то же время настройка протокола напрямую зависит от типа используемого соединения.

В табл. 17.10 представлены основные параметры TCP/IP, которые необходимо настроить должным образом независимо от того, что используется — модемы, локальная сеть или все вместе. Как правило, подробное описание нужных параметров предоставляется поставщиком интернет-услуг или сетевым администратором. Кроме того, иногда в браузере следует указать тип используемого соединения.

Таблица 17.10. Обзор параметров TCP/IP

Меню Свойства: Протокол Интернета (TCP/IP)	Параметр	Модемный доступ (коммутируемое соединение)	Доступ по локальной сети (сетевая плата)
IP-адрес	IP-адрес	Автоматически назначается провайдером	Определен (получите значение у сетевого администратора) либо автоматически назначается сервером DHCP (такие серверы часто встроены в шлюзы и маршрутизаторы)
WINS	Добавить/ удалить WINS-адрес	Отключен	Укажите сервер или включите DHSP для передачи NetBIOS через TCP/IP
Шлюз	Добавить шлюз/ список шлюзов	Автоматически назначается провайдером	IP-адрес шлюза, необходимого для подключения локальной сети к Интернету
DNS	Добавить/ удалить DNS-адреса	Автоматически назначается провайдером	Включен; укажите адрес DNS-сервера и основной DNS-суффикс (получите значения у администратора сети)

Как видите, параметры доступа к Интернету из локальной сети или с помощью модема существенно различаются. Обычно для настройки коммутируемого соединения наилучшим

выбором будет использование программы автоматической конфигурации, поставляемой провайдером. В противном случае нужные параметры придется вводить вручную.

IPX

Семейство протоколов *IPX* было разработано компанией Novell для собственной сетевой операционной системы NetWare. Стандарт IPX частично основан на некоторых протоколах пакета TCP/IP, но Novell защитила его авторскими правами. Однако это не помешало компании Microsoft создать свой IPX-совместимый протокол для операционных систем семейства Windows.

IPX (Interwork Packet Exchange) — это протокол сетевого уровня, функционально аналогичный IP. *SPX* (как и TCP) представляет собой протокол транспортного уровня, обеспечивающий обмен пакетами данных между компьютерами.

В настоящее время протоколы IPX используются для сетей с серверами, на которых установлены старые версии операционной системы NetWare, и часто устанавливаются вместе с другими наборами сетевых протоколов типа TCP/IP. Компания Novell, начиная с NetWare 5, отказалась от IPX и перешла к широкомасштабному применению TCP/IP, как и вся компьютерная индустрия; IPX/SPX в NetWare 5 применяется только для специализированных операций. В операционных системах следующего поколения NetWare 6 и выше поддерживается исключительно TCP/IP.

NetBEUI

Этот протокол используется в основном в небольших сетях Windows NT, 9x и Windows for Workgroups. Впервые он был представлен в Windows NT 3.1 и в некоторых последующих версиях этой ОС использовался по умолчанию. В последних версиях Windows по умолчанию установлен протокол TCP/IP.

Это простой протокол, которому не хватает многих функций TCP/IP, а следовательно, и возможности поддержи крупных сетей. NetBEUI не поддерживает маршрутизацию, поэтому непригоден для межсетевого обмена данными. Его можно использовать для небольшой одноранговой сети, однако в качестве стандартного компонента он в последний раз был представлен в версиях Windows Me и 2000. В комплект стандартной установки Windows XP протокол NetBEUI уже не входит; в случае необходимости его следует отдельно устанавливать с компакт-диска. В Windows Vista/7 протокол NetBEUI вообще не поддерживается.

Примечание

Более подробно вопрос установки протокола NEtBEUI в системе Windows XP рассматривается в статье 301041 базы знаний Microsoft (`http://support.microsoft.com`).

Протокол NetBEUI все еще пригоден для создания прямого кабельного подключения и является минимальным протоколом, требующимся для организации одноранговой сети в Windows 9x.

Альтернативные способы организации домашней сети

Если вы работаете дома или в небольшом офисе, то вместо пробивания стен, прокладки специальных кабелей и изучения способов настройки протоколов TCP/IP, IPX и NetBEUI можно воспользоваться альтернативными решениями.

Так называемые “домашние” сетевые решения созданы для того, чтобы свести к минимуму сложности с прокладкой кабелей и настройкой протоколов. Эти сети быстро устанавливаются и не требуют дополнительных кабелей и особых компьютерных знаний.

В данном случае применяются два основных стандарта:

- HomePNA (используются существующие телефонные линии);
- HomePlug (используется существующая электропроводка).

HomePNA

Наиболее популярной альтернативой Ethernet в домашних сетях являются сети на базе существующих телефонных кабелей. При этом сигнал имеет частоту, более высокую, чем используемая в телефонной сети. Поскольку *HomePNA* — наиболее развитый и широко поддерживаемый тип домашних сетей, ниже рассматривается стандарт HomePNA, разработанный группой Home Phoneline Networking Alliance (`www.homepna.org`), в которую входят основные производители компьютерного оборудования и устройств связи.

Группа Home Phoneline Networking Alliance разработала три версии стандарта HomePNA. Первая версия, HomePNA 1.0, была представлена в 1998 году и поддерживала скорость всего 1 Мбит/с; она была быстро вытеснена в 1999 году на порядок более производительной версией HomePNA 2.0, поддерживавшей скорость до 32 Мбит/с. Большинство устройств HomePNA 2.0 работало на скорости 10 Мбит/с, характерной для сетей 10BASE-T Ethernet. Многие производители выпускали оборудование для сетей HomePNA 1.0 и 2.0, однако эти решения так и не завоевали популярность. Во всех этих продуктах использовалась шинная топология, построенная на существующей телефонной проводке.

В ходе разработки стандарта HomePNA 3.1 акценты были смещены с чисто компьютерных сетей на интегрированные мультимедийные решения — так называемый "цифровой дом". С помощью HomePNA предполагалось связать в единую сеть компьютеры и автономные устройства мультимедиа, такие как телевизоры и музыкальные центры.

Цифровой дом и HomePNA 3.1

HomePNA 3.1 — самая современная версия стандарта. В дополнение к телефонной проводке в ней реализована поддержка соединений по коаксиальному кабелю к телевизору, автономным плеерам и IP-телефонам. В HomePNA 3.1 в единую сеть объединяются два типа сетевой проводки. Со скоростью 320 Мбит/с по ней передаются данные, голос и службы IPTV. Во избежание коллизий поддерживается технология QoS. В HomePNA 3.1 также поддерживается удаленное управление сетью поставщиком сервиса (рис. 17.23).

Поскольку в сетях HomePNA 3.1 совмещены традиционные и интернет-службы передачи данных и голоса, оборудование для этих сетей распространяется и устанавливается телефонными компаниями и поставщиками услуг мультимедиа; так что такое оборудование редко можно встретить в розничной торговле. К примеру, компания AT&T использует HomePNA 3.1 для передачи U-verse IPTV, организации широкополосного доступа к Интернету, а также для службы передачи голоса через интерфейс IP (VoIP).

Примечание

Более подробно о AT&T U-Verse можно узнать по адресу `https://uverse1.att.com/launchAMSS.do`. Обмен информацией между потребителями этих услуг осуществляется на сайте `www.universeusers.com`.

Организация сети с помощью линий электропередачи

Технология организации домашних сетей с помощью линий электропроводки развивается уже много лет, однако вопросы интерференции, несогласованного напряжения и безопасности помешали выработке единого стандарта в этой области. В середине 2001 года промышленно-торговая группа HomePlug Powerline Alliance разработала многопользовательский стандарт по технологии компании Intellon для домашних сетей, использующих линии электропередачи. Скорость передачи по технологии HomePlug 1.0 достигает 14 Мбит/с. Полевые испытания, проведенные в начале 2001 года в 500 домах, привели к разработке сертификационных стандартов совместимых продуктов.

Стандарт HomePlug 1.0 основан на технологии PowerPacket, разработанной компанией Intellon. В основе технологии лежит использование метода *ортогонального частотного уплотнения* (OFDM), при котором множественные сигналы на разных частотах объединяются в один сигнал передачи. Поскольку в OFDM используется несколько частот, метод учитывает

постоянно изменяющиеся характеристики переменного тока. Для обеспечения безопасности в PowerPacket поддерживаются 56-разрядное шифрование DES и индивидуальный ключ-пароль для каждой домашней сети. Благодаря PowerPacket стандарт HomePlug 1.0 характеризуется надежностью и безопасностью, поэтому подходит для небольших локальных сетей (домашних или офисных). Несмотря на то что в стандарте HomePlug 1.0 указана скорость передачи данных 14 Мбит/с, в реальных условиях она составляет около 4 Мбит/с в пределах локальной сети и 2 Мбит/с — при подключении к устройствам широкополосного доступа к Интернету (таким, как кабельный модем).

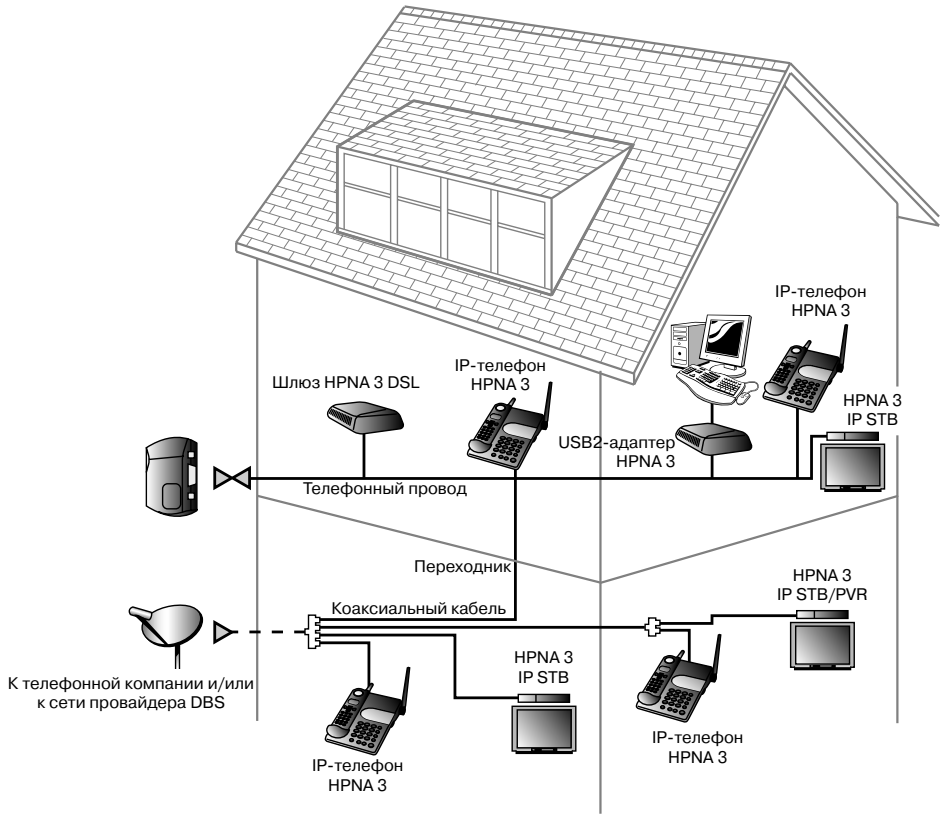


Рис. 17.23. Типичная сеть HomePNA 3.1 с подключенными к ней компьютерами, телефонами и телевизорами, осуществляющими взаимодействие по телефонному и коаксиальному кабелям

Сетевые устройства HomePlug 1.0 включают в себя адаптеры, мосты и маршрутизаторы USB и Ethernet, что позволяет использовать современные компьютеры с портами USB или Ethernet для организации локальных сетей и сетей с выходом в Интернет на основе линий электропередачи. В конце 2001 года появились первые сетевые продукты HomePlug 1.0, которые были представлены компанией Linksys. К числу ведущих производителей, занимающихся выпуском сетевых устройств HomePlug 1.0, относятся также компании Phonex, NetGear и Asoka. Обновленная версия стандарта, HomePlug Turbo, поддерживает скорость передачи данных до 85 Мбит/с; на практике пропускная способность обычно составляет 15–20 Мбит/с.

Улучшенная спецификация HomePlug AV с поддержкой более высокой скорости передачи данных (до 200 Мбит/с), мультимедийного оборудования, а также необходимой полосы

пропускания для мультимедийных приложений была анонсирована осенью 2002 года; окончательный вариант спецификации HomePlug AV был утвержден в августе 2005 года.

Группа HomePlug Powerline Alliance, кроме того, разработала стандарты передачи широкополосного сигнала по линиям электропередач (*BPL*), а также команду управления освещением и электрическими приспособлениями (CC). Вследствие этого были утверждены специальные сертификационные знаки, указывающие на поддержку устройствами определенных спецификаций HomePlug. На рис. 17.24 показаны исходный и новый сертификационные знаки HomePlug.

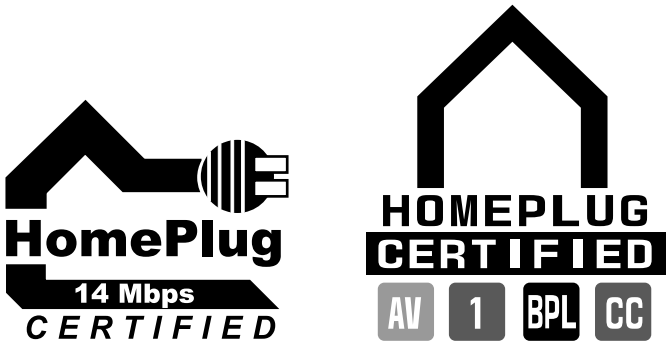


Рис. 17.24. Сертификационные знаки HomePlug: старый знак для сетей с быстродействием 14 Мбит/с (слева) и заменивший его новый знак многофункциональных устройств (справа)

Настройка сети

В этом разделе представлен полный список устройств и программ, необходимых для организации сети.

Прежде всего нужно подсчитать количество компьютеров, которые будут объединены в сеть. Также для установки сети потребуются элементы, описанные в следующих разделах.

Сетевой адаптер

Сетевой адаптер нужен каждому компьютеру, у которого нет встроенного сетевого порта; если он все же есть, убедитесь в его совместимости с формируемой сетью.

Изначально сетевые адаптеры назывались *сетевыми интерфейсными платами* (NIC), однако широкое распространение устройств USB и встроенных сетевых портов сделали это обозначение менее актуальным. Чтобы предотвратить возможные технические проблемы, приобретите (если можно) для каждой системы сетевые адаптеры одной модели. При создании сети с выделенным сервером Windows Server или Novell NetWare следует купить сетевой адаптер, оптимизированный не для сервера, а для клиентских систем. Покупка адаптеров для клиентских компьютеров и серверов от одного производителя упрощает дальнейшую установку сети, поскольку чаще всего для них используются одни и те же драйверы.

Для повышения производительности лучше использовать в настольных компьютерах адаптеры с интерфейсом PCI Express, а для ноутбуков — ExpressCard (также созданные на основе шины PCI Express). Если таких доступных разъемов нет, используйте карты PCI или CardBus.

Устройства USB очень удобны в использовании, однако стандарт USB 1.1 заметно уступает в скорости сети 10/100 Ethernet. Стандарт USB 2.0 обеспечивает сопоставимую с Ethernet производительность, но для достижения скорости передачи данных 480 Мбит/с необходимо, чтобы и компьютер, и устройство передачи данных были совместимы с USB 2.0. Если одно из устройств оснащено портом USB 1.1, скорость будет ограничена значением 12 Мбит/с.

Запишите имя производителя и номер модели сетевого адаптера, а также версию драйвера; эта информация пригодится впоследствии.

Установка сетевого адаптера

Сначала необходимо установить сетевые адаптеры на все компьютеры. Сетевой адаптер устанавливается так же, как и любое другое устройство ISA или PCI.

1. Снимите кожух компьютера и найдите свободный разъем расширения, который совпадает с типом устанавливаемого сетевого адаптера.
2. Снимите защитную крышку возле разъема на задней панели компьютера.
3. Аккуратно, но плотно вставьте сетевой адаптер в разъем.
4. Прикрепите адаптер тем же винтом, который удерживал защитную крышку.

Совет

Не закрывайте корпус компьютера, пока не убедитесь в том, что все работает нормально.

Сетевые адаптеры USB и PC Card/CardBus автоматически обнаруживаются и устанавливаются сразу при подключении.

Проверка адаптера и соединения

После тестирования сетевого адаптера подключите сетевой кабель. Затем проверьте, загорелись ли сигнальные светодиоды на концентраторе и на задней панели сетевого адаптера (если такие светодиоды предусмотрены). Во многих концентраторах используется зеленый светодиод для индикации соединения с компьютером на соответствующем порте RJ-45. Подключите второй компьютер к концентратору. После этого запустите программы диагностики на обоих компьютерах, чтобы отправить и принять данные.

Кабельное соединение компьютеров

В зависимости от типа выбранной сети, возможно, придется прокладывать кабели. При создании сети 10BASE-T, 100BASE-TX или 1000BASE-TX Ethernet (все с UTP-кабелями) нужны достаточно длинные кабели, которые свободно дотягиваются до сетевого порта каждой системы и сетевого концентратора/коммутатора. Задокументируйте всю необходимую информацию; организовать эти данные поможет табл. 17.11.

Поскольку сеть HomePNA базируется на существующей телефонной линии, соединительный шнур, поставляемый вместе с сетевым адаптером, должен достать до телефонного разъема типа RJ-11. Сетевой адаптер HomePNA имеет два разъема: один — для подключения к телефонной линии, другой — для подключения телефона к самому адаптеру. Не перепутайте разъемы, иначе сеть будет неработоспособна. Технология HomePNA позволяет одновременно использовать телефонную систему и обычным образом, и для передачи данных между компьютерами.

В беспроводной сети для соединения с другими компьютерами используются сетевые интерфейсные платы (NIC) с внешней антенной. В некоторых случаях антенна встраивается в сетевой адаптер, но чаще прикручивается к специальному разъему сетевой платы.

Концентратор/коммутатор/точка доступа

Для подключения к Ethernet (UTP) более двух компьютеров понадобится концентратор или коммутатор (для соединения двух компьютеров нужен перекрестный кабель). В беспроводной сети для подключения более двух систем или организации совместного доступа пригодится точка доступа.

Для проводной Ethernet приобретите коммутатор или концентратор, поддерживающий достаточную скорость и обладающий нужным количеством портов RJ-45, для каждого компьютера в сети. Организация беспроводной сети подразумевает наличие хотя бы одной точки доступа в зависимости от радиуса охвата сети. Большинство точек доступа IEEE 802.11b/Wi-Fi имеют радиус действия 90 м в помещении (и до 450 м снаружи), чего вполне достаточно для большинства домов и малых предприятий. Для обеспечения большего радиуса охвата могут потребоваться дополнительные точки доступа.

Запишите сведения о сети

Сети просто восхищают, если все работает должным образом, и становятся сущим кошмаром в случае сбоев. Записав все сведения о конфигурации сети, можно переустанавливать сетевые драйверы, подключать к сети новые компьютеры, а также обслуживать другие сети. Для записи сведений о сети пригодится рабочий лист, представленный в табл. 17.11.

Таблица 17.11. Рабочий лист для записи сведений о сети

Тип сети: _____	Количество рабочих станций: _____	Общий доступ к Интернету: _____	
Размещение компьютера/Идентификатор: _____	Марка/Модель: _____	Марка и модель сетевого адаптера: _____	Быстродействие: _____
Драйвер: _____	Тип кабеля/Стандарт подключения: _____	Длина кабеля: _____	
Размещение концентратора/коммутатора/Идентификатор: _____	Марка и модель концентратора/коммутатора: _____	Быстродействие концентратора/коммутатора: _____	
Количество портов: _____	Концентратор или коммутатор: _____		
Размещение маршрутизатора/Идентификатор: _____	Марка и модель маршрутизатора: _____	Быстродействие маршрутизатора: _____	
Количество портов: _____	IP-адрес маршрутизатора: _____	Пароль маршрутизатора: _____	

Установка сетевого программного обеспечения

Чтобы обращаться к сетевым ресурсам независимо от типа сети, нужно установить на компьютер клиентское программное обеспечение. Клиент сети может быть установлен как часть операционной системы или же как отдельный продукт, однако в любом случае именно это программное обеспечение позволяет использовать сетевой адаптер для связи с другими компьютерами.

В большинстве случаев сетевой клиент является частью операционной системы. Например, в системах Windows 9x и более новых есть все необходимые средства для создания одноранговой сети на базе Windows и организации подключения к серверам Windows NT, Windows 2000, Windows Server 2003, Windows Server 2008 и Novell NetWare. Для того чтобы подключиться к сети, используя DOS или Windows 3.1, нужно установить отдельное клиентское программное обеспечение.

Конфигурирование сетевого программного обеспечения

При установке сетевого адаптера могут возникнуть проблемы, которые можно успешно решить с помощью диагностических средств. После установки адаптера необходимо выбрать "язык", на котором будут общаться компьютеры в сети, т.е. настроить программное обеспечение клиента и сервера, а также выбрать один и тот же протокол.

В табл. 17.12 приводится программное обеспечение, которое необходимо настроить для создания одноранговой сети на основе Windows 9x/Me и Windows NT/2000/XP. В системе Windows Vista и 7 настройка выполняется в окне Центр управления сетями и общим доступом.

Таблица 17.12. Минимальный набор сетевого программного обеспечения для создания одноранговой сети

Элемент	Рабочая станция	Сервер
Сетевой клиент Windows	Да	Нет
Протокол NetBEUI или TCP/IP[1]	Да	Да
Служба доступа к файлам и принтерам сетей Microsoft	Нет	Да

Окончание табл. 17.12

Элемент	Рабочая станция	Сервер
Установка сетевого адаптера и привязка к одному из протоколов или служб	Да	Да
Идентификация рабочей группы (одна для всех ПК в рабочей группе)	Да	Да
Имя компьютера (каждый компьютер в сети должен иметь уникальное имя)	Да	Да

1. В том случае, если TCP/IP используется в качестве стандартного сетевого протокола, каждая рабочая станция должна иметь уникальный IP-адрес, который либо назначается вручную, либо передается службой DHCP сервера, маршрутизатором, шлюзовым компьютером или шлюзовым устройством.

Несмотря на то что сетевых настроек, перечисленных в табл. 17.12, достаточно для функционирования одноранговой сети Windows, иногда требуется установить и другие параметры. Если компьютер должен обеспечить доступ к сети Novell NetWare 4.x (и в некоторых случаях — 5.x) с архитектурой "клиент/сервер", следует установить протокол IPX/SPX. Если компьютер используется для доступа к Интернету или другим сетям TCP/IP, должна быть установлена поддержка протокола TCP/IP. Чаще всего в локальной сети и при доступе к Интернету сегодня используется один сетевой протокол — TCP/IP.

Для настройки параметров сети воспользуйтесь пиктограммой Сеть панели управления. При этом понадобятся установочные диски операционной системы и драйверы сетевых адаптеров.

Для того чтобы установить необходимые сетевые компоненты, выполните ряд действий.

1. Дважды щелкните на ярлыке Сеть в окне Панель управления.
2. Во вкладке Конфигурация щелкните на кнопке Добавить.
3. Выберите один из элементов.
   - Клиент. Выберите этот параметр, если необходимо установить клиента для сети Microsoft или какой-либо другой сети. На каждом компьютере одноранговой сети должен быть установлен Клиент для сети Microsoft.
   - Сетевая плата. Этот компонент должен быть уже установлен. Тем не менее параметр можно использовать для инсталляции нового сетевого адаптера.
   - Протокол. Для сети, не имеющей выхода в Интернет, в старых системах (до Windows XP) установите протокол NetBEUI. Если вы собираетесь, кроме работы в сети, использовать и систему Internet Connection Sharing, установите протоколы TCP/IP и NetBEUI. В Windows XP конфигурирование TCP/IP выполняется с помощью мастера установки сети.
   - Служба. Установите Службу доступа к файлам и принтерам сетей Microsoft на каждом компьютере, который будет использоваться в качестве сервера.
4. Перейдите на вкладку Идентификация. Введите уникальное имя для каждого компьютера сети; имя рабочей группы должно быть одинаковым для всех компьютеров.
5. Щелкните на кнопке OK. Для инсталляции выбранных компонентов потребуется установочный компакт-диск Windows (или его файлы, размещенные на другом носителе).
6. При отсутствии доступа к нужным файлам на установочном компакт-диске Windows или в заданном по умолчанию каталоге жесткого диска появится сообщение соответствующего содержания.

Для завершения инсталляции компонентов перезагрузите компьютер. После перезагрузки системы сетевые ресурсы станут доступными для совместного использования.

После инсталляции аппаратного и программного обеспечения сеть готова к использованию. Далее в Windows NT/2000/XP Professional необходимо определить пользователей и группы для обеспечения безопасности данных. В Windows 9x/Me/XP Home применяется одноранговый контроль доступа, защищаемый по желанию с помощью паролей.

Настройка сети в Windows Vista/7

В системе Windows Vista/7 в качестве основного сетевого протокола по умолчанию используется TCP/IP, однако процесс настройки параметров значительно отличается от аналогичного процесса в предыдущих версиях ОС.

Управление сетью осуществляется в окне Центр управления сетями и общим доступом. В этом окне графически отображаются текущее состояние сети, мощность сигнала беспроводных сетей, параметры обнаружения и совместного использования ресурсов (файлов, принтеров, общих папок и мультимедиа). При желании в окне можно изменять все эти настройки, а также включать (и отключать) защиту паролем общих ресурсов. Если защита паролем отключена, Windows Vista функционирует точно так же, как и упрощенный режим совместного использования файлов в Windows XP Professional. Когда защита паролем включена, в системе следует создать пользователей и назначить им соответствующие права (как в Windows 2000/XP при отключенном упрощенном режиме совместного доступа).

Среди других отличий — расширенное управление беспроводными сетями, улучшенный брандмауэр, а также усовершенствованные средства диагностики и восстановления сети. В Windows Vista добавлена поддержка сетевых проекторов и совместной работы в реальном времени (с помощью специальной программы Конференц-зал Windows).

Полезные советы

Этот раздел поможет вам сделать свою сеть более скоростной, производительной и простой в использовании.

Совместный доступ к ресурсам

- Если хотите, чтобы сетевые диски или папки отображались как папки в Проводнике Windows, назначьте этим ресурсам букву логического устройства.
- Для упрощения системы именования сетевых дисков используйте на всех компьютерах сети одинаковое имя сетевого ресурса. Другими словами, если диск `D:` планируется смонтировать на сервере под именем `P:`, то это имя указывается при настройке параметров общего доступа. Затем при просмотре папки с другого компьютера по ее имени становится понятно, что диск нужно смонтировать как `P:`. Это позволяет монтировать один и тот же ресурс с одинаковой буквой диска на различных системах.

Настройка системы безопасности

- При создании одноранговой сети помните, что использование паролей — это единственный способ уберечь сеть от посторонних глаз. В системах Windows 9x и Me пароли можно применять на уровне ресурсов; в системах Windows 2000/XP Professional/Vista доступ к ресурсам организован на уровне пользователей и их групп. (В системе Windows XP для этого следует отключить упрощенное совместное использование файлов.) В системе Windows XP Home Edition пароли не поддерживаются, что делает ее наименее защищенной из существующих современных операционных систем.
- Создайте группу из нескольких пользователей, которым необходимо назначить одинаковые права доступа.

Совместный доступ к Интернету

- Маршрутизаторы и шлюзы — удобные и экономичные средства организации широкополосного совместного доступа к Интернету в домах и небольших офисах. Они гораздо надежнее и функциональнее, чем служба ICS и другие аналогичные программы. Маршрутизаторы и шлюзы также могут выступать в качестве брандмауэра для защиты системы от вторжения из Интернета.

ГЛАВА 18

Блоки питания

Блок питания можно назвать одним из главных компонентов компьютера, однако его обычно обходят вниманием. Покупатели компьютеров часами обсуждают частоту процессоров, емкость модулей памяти, объем и скорость жестких дисков, производительность видеоадаптеров, размер экрана монитора и так далее, но крайне редко упоминают о блоках питания. Когда систему собирают из самых дешевых компонентов, на какой элемент производитель обращает меньше всего внимания? Правильно, на блок питания. Для многих это просто невзрачная серая металлическая коробка, расположенная внутри компьютера и покрытая слоем пыли. Иногда пользователи все же задумываются о блоке питания, интересуясь исключительно мощностью в ваттах (несмотря на то, что не существует практических методов проверки этой мощности) и упуская из виду важнейшие моменты, а именно: стабильна ли подача энергии, или напряжение отличается шумом, скачкообразными выбросами и перебоями.

При выборе компьютера я всегда уделяю первоочередное внимание блоку питания, так как именно он обеспечивает надежность и устойчивость всей системы. Блок питания крайне важен, поскольку подает электроэнергию каждому компоненту системы. Кроме того, он является одним из самых ненадежных компьютерных устройств, так как по статистике именно блоки питания чаще всего выходят из строя. Не в последнюю очередь это связано с тем, что многие производители устанавливают самые дешевые блоки питания. Неисправный блок питания может не только помешать стабильной работе системы, но и физически повредить ее компоненты неустойчивым электрическим напряжением.

Назначение и принципы работы блоков питания

Главное назначение блоков питания — преобразование электрической энергии, поступающей из сети переменного тока, в энергию, пригодную для питания узлов компьютера. Блок питания преобразует сетевое переменное напряжение 220 В, 50 Гц (или 120 В, 60 Гц) в постоянные напряжения +3,3, +5 и +12 В. Как правило, для питания цифровых схем (системной платы, плат адаптеров и дисковых накопителей) используется напряжение +3,3 или +5 В, а для двигателей (дисководов и различных вентиляторов) — +12 В. Одни блоки питания тре-

буют ручной установки параметров входного переменного тока, в то время как другие настраиваются автоматически.

Технически блок питания в компьютере представляет собой источник постоянного напряжения, преобразующий переменное напряжение в постоянное.

- *Постоянное напряжение* означает, что блок питания подает одинаковое напряжение к внутренним компонентам ПК, независимо от напряжения переменного тока или мощности блока питания (в ваттах).
- Под *переключением* понимают технологию регулировки мощности, используемую многими блоками питания. По сравнению с другими типами эта конструкция позволяет обеспечить эффективную и экономную работу блока питания с минимальным выделением тепла.

Положительное напряжение

Как правило, цифровые электронные компоненты и интегральные схемы компьютера (системные платы, платы расширения, логические схемы дисководов) используют напряжения +3,3 и +5 В, в то время как двигатели (дисководов и вентиляторов) обычно работают с напряжением +12 В. Список устройств и их потребляемые мощности приведены в табл. 18.1.

Таблица 18.1. Потребляемая мощность компонентов компьютера

Напряжение, В	Устройство
+3,3	Наборы микросхем, модули памяти DIMM, платы PCI/AGP, разнообразные микросхемы
+5	Логические схемы дисководов, модули памяти SIMM, платы PCI/AGP, платы ISA, разнообразные микросхемы
+12	Двигатели, регуляторы напряжения (с высокой выходной мощностью)

Шинопроводы

Каждое из напряжений, генерируемое источником питания, обычно поставляется материнской плате по нескольким проводам, подключенным к одной электрической цепи, называемой *шинопроводом* или *ответвлением*. Напряжение подается по нескольким кабелям, потому что в противном случае все провода, штекеры и разъемы были бы чрезвычайно толстыми и крупными, чтобы справиться с такой нагрузкой. Гораздо эффективнее распределить нагрузку по нескольким тонким кабелям.

Каждый шинопровод можно представить себе как отдельную цепь, т.е. маленький блок питания внутри большого. Обычно каждый из шинопроводов характеризуется максимальной силой подаваемого тока, измеряемой в *амперах*. Так как потребляемый новыми видеокартами и прочими современными устройствами ток с напряжением +12 В может оказаться слишком большим для одного шинопровода, некоторые блоки питания содержат несколько ответвлений с напряжением +12 В. Таким образом, в блоке питания содержатся два шинопровода с напржением +12 В, к каждому из которых подведено несколько проводов. К сожалению, такая архитектура может стать источником серьезных проблем, особенно при нарушении баланса нагрузки между отдельными шинопроводами. Другими словами, чаще выгоднее иметь один шинопровод +12 В с максимальным током 40 А, чем два с током 20 А каждый. При этом не придется волноваться о том, от какого именно шинопровода к какому потребителю подведен ток и не превысит ли он максимально допустимую величину.

Шинопроводы с напряжением +3, +5 и +12 В технически независимы, однако в некоторых дешевых блоках питания они совместно используют некоторые электрические цепи (т.е. независимы не в полной мере). Это может вылиться в проблемы с регулировкой напряжения, когда слишком большая нагрузка в одном шинопроводе приводит к падению напряжения в другом. К примеру, переход от рабочего стола к трехмерной игре удваивает нагрузку на шинопровод +12 В, что в дешевых блоках питания может привести к падению напряжения на других устройствах ниже допустимого согласно спецификации (т.е. более чем на 5%). В результате произой-

дет сбой системы. Более дорогие блоки питания, имеющие полностью независимые шинопроводы, обеспечивают максимальные колебания напряжения в пределах от 1 до 3%.

Стабилизаторы напряжения

Для того чтобы система работала нормально, источник питания должен обеспечивать непрерывную подачу постоянного тока. Устройства, рабочие напряжения которых отличаются от подаваемого, должны питаться от встроенных регуляторов, которые принимают от блока питания +5 или +12 В и преобразуют его в более низкие напряжения, необходимые разным компонентам. Например, рабочие напряжения 2,5 В для модулей памяти RIMM/DDR DIMM и 1,5 В для адаптеров AGP 4x/8x, а также 0,8 В для адаптеров PCI Express обеспечиваются простыми встроенными стабилизаторами тока; процессоры подключаются к модулю стабилизатора напряжения (VRM), который обычно встраивается в системную плату. Современная системная плата содержит три (или больше) модуля стабилизатора напряжения.

Примечание

Когда компания Intel начала выпускать процессоры, для которых требовалось напряжение 3,3 В, источников питания с таким выходным напряжением еще не существовало. Поэтому изготовители системных плат начали встраивать трансформаторы, преобразующие напряжение +5 в +3,3 В. Такие преобразователи генерируют большое количество тепла, что нежелательно для компьютера. Бытует мнение, что при наличии напряжения питания 3,3 В, которое обеспечивается блоком питания, исчезнет необходимость в этих встроенных трансформаторах. Однако в настоящее время появились процессоры, имеющие более низкое рабочее напряжение. Для того чтобы приспособиться к изменяющимся требованиям энергообеспечения процессоров, в системные платы включаются адаптивные схемы регулятора тока, получившие название *модули стабилизатора напряжения* (Voltage Regulator Modules — VRM). Другие регуляторы также применяются для обеспечения питания устройств, не использующих напряжение +3,3, +5 или +12 В.

Отрицательное напряжение

Если посмотреть на спецификацию типичного блока питания, то окажется, что он подает не только напряжения +3,3, +5 и +12 В, но также –5 и –12 В. Положительное напряжение необходимо для питания практически всех компонентов системы (логических схем и двигателей), так зачем же нужно отрицательное? Если напряжение –5 В подается на материнскую плату, оно направляется на шину ISA (контакт 5) для некоторых плат расширения, которые его используют (хотя таких осталось крайне мало). В качестве примера можно привести цепи аналогового разделителя, которые можно найти в старых контроллерах. Также с логической точки зрения в материнской плате не используется напряжение –12 В, однако оно может применяться в некоторых конструкциях цепей последовательного порта и сетевого адаптера.

В некоторых современных блоках питания напряжение –12 В уже не вырабатывается (к примеру, в спецификации ATX12V 1.3 оно отсутствует). Наличие напряжения –12 В в некоторых блоках питания можно объяснить требованием обратной совместимости с шиной ISA. Поскольку современные ПК больше не используют шину ISA, в сигнале –5 В больше нет ни малейшей необходимости. Однако если блок питания устанавливается в систему со старой материнской платой, содержащей разъемы ISA, он должен подавать напряжение –5 В.

Примечание

Нагрузка источника питания на выход –12 В для встроенного LAN-адаптера весьма незначительна. Например, интегрированный Ethernet-адаптер 10/100 в системной плате Intel D815EEAL потребляет всего 10 мА по цепи как +12, так и –12 В (0,01 ампер каждый).

Напряжение +12 В подается для питания двигателей дисковых устройств, а также стабилизаторов напряжения процессоров в некоторых материнских платах. Обычно блок питания обеспечивает подачу большого тока на шинопровод с напряжением +12 В, особенно в системах с большим числом отсеков для дисковых приводов. Кроме того, напряжение +12 В используется некоторыми вентиляторами, которые, естественно, всегда включены. Один вентилятор может потреблять ток от 100 до 250 мА, однако большинство современных вентилято-

ров не потребляет более 100 мА. Следует отметить, что в настольных системах в основном используются вентиляторы с напряжением питания +12 В, в то время как в ноутбуках — +5 или даже +3,3 В.

Большинство систем с современными формфакторами системных плат (ATX и BTX) поддерживают еще один специальный сигнал. Эта функция, получившая название PS_ON, может применяться для выключения блока питания (и, следовательно, компьютера) с помощью программного обеспечения. Она так и называется — *программное управление питанием*. Сигнал PS_ON нашел применение в операционной системе Windows, где он определяется в спецификациях APM (Advanced Power Management — усовершенствованное управление питанием) и ACPI (Advanced Configuration and Power Interface — усовершенствованный интерфейс конфигурирования системы и управления энергопитанием). При выборе команды Выключение в меню Пуск Windows автоматически выключает питание системы по завершении программной последовательности отключения. В компьютере, не поддерживающем функцию PS_ON, будет выведено сообщение о том, что питание можно отключить вручную.

Сигнал Power_Good

Блок питания не только вырабатывает необходимое для работы узлов компьютера напряжение, но и приостанавливает функционирование системы до тех пор, пока величина этого напряжения не достигнет значения, достаточного для нормальной работы. Иными словами, блок питания не позволит компьютеру работать при нештатном уровне напряжения питания.

В каждом блоке питания перед получением разрешения на запуск системы выполняются внутренняя проверка и тестирование выходного напряжения. После этого на системную плату посылается специальный сигнал *Power_Good* (питание в норме). Если такой сигнал не поступил, компьютер работать не будет.

Уровень напряжения сигнала Power_Good — около +5 В (нормальной считается величина от +2,4 до +6 В). Он вырабатывается блоком питания после выполнения внутренних проверок и выхода на номинальный режим и обычно появляется через 0,1–0,5 с после включения компьютера. Сигнал подается на системную плату, где микросхемой тактового генератора формируется сигнал начальной установки процессора.

При отсутствии сигнала Power_Good микросхема тактового генератора постоянно подает на процессор сигнал сброса, не позволяя компьютеру работать при нештатном или нестабильном напряжении питания. Когда Power_Good подается на генератор, сигнал сброса отключается и начинается выполнение программы, записанной по адресу FFFF:0000 (обычно в ROM BIOS).

Если выходные напряжения блока питания не соответствуют номинальным (например, при снижении напряжения в сети), сигнал Power_Good отключается и процессор автоматически перезапускается. При восстановлении выходных напряжений снова формируется сигнал Power_Good, и компьютер начинает работать так, будто его только что включили. Благодаря быстрому отключению сигнала Power_Good компьютер “не замечает” неполадок в системе питания, поскольку останавливает работу раньше, чем могут появиться ошибки четности и другие проблемы, связанные с неустойчивостью напряжения питания.

Примечание

Иногда сигнал Power_Good используется для сброса вручную. Он подается на микросхему тактового генератора. Эта микросхема управляет формированием тактовых импульсов и вырабатывает сигнал начальной перезагрузки. Если сигнальную цепь Power_Good заземлить каким-либо переключателем, то генерация тактовых сигналов прекращается и процессор останавливается.

В компьютерах, выпущенных до появления стандарта ATX, сигнал Power_Good поступает на системную плату через контакт P8-1 разъема блока питания. В соответствии со стандартом ATX сигнал Power_Good поступает через восьмой контакт 20/24-контактного разъема блока питания (как правило, серый провод).

В правильно спроектированном блоке питания подача сигнала Power_Good задерживается до стабилизации напряжений во всех цепях после включения компьютера. В плохо спроектированных блоках питания (которые устанавливаются во многих дешевых моделях) задержка сигнала Power_Good часто недостаточна, и процессор начинает работать слишком рано. Обычно задержка сигнала Power_Good составляет 0,1–0,5 с. В некоторых компьютерах ранняя подача сигнала Power_Good приводит к искажению содержимого CMOS-памяти.

Примечание

Если компьютер не загружается при включении питания, но потом запускается нормально (при нажатии кнопки сброса или комбинации клавиш <Ctrl+Alt+Del>), то проблема, по всей вероятности, связана с сигналом Power_Good. В этом случае лучший способ проверки — раздобыть новый высококачественный блок питания и попытаться установить его вместо старого.

В некоторых дешевых блоках питания схемы формирования сигнала Power_Good нет вообще, и эта цепь просто подключена к источнику напряжения питания на +5 В. Одни системные платы более чувствительны к неправильной подаче сигнала Power_Good, чем другие. Проблемы, связанные с запуском, часто возникают именно из-за недостаточной задержки этого сигнала. Иногда бывает так, что после замены системной платы компьютер перестает нормально запускаться. В такой ситуации довольно трудно разобраться, особенно неопытному пользователю, которому кажется, что причина кроется в новой плате. Но не торопитесь списывать ее в неисправные — часто оказывается, что виноват блок питания: либо он не обеспечивает достаточной мощности для питания новой системной платы, либо не подведен или неправильно вырабатывается сигнал Power_Good. В такой ситуации лучше всего заменить блок питания более качественным.

Формфакторы блоков питания

Габариты блока питания и расположение его элементов характеризуются конструктивными размерами, или *формфакторами*. Узлы одинаковых формфакторов взаимозаменяемы. Проектируя компьютер, разработчики либо выбирают стандартные размеры, либо "изобретают велосипед". В первом случае владелец компьютера всегда может подобрать блок питания для своей системы. При разработке оригинальной конструкции блок питания получится уникальным, т.е. пригодным только для конкретной модели (в лучшем случае — для серии моделей) какого-либо производителя, и при необходимости его можно будет приобрести только в этой компании.

Не могу не отметить тот факт, что лично я отдаю предпочтение стандартным формфакторам. Использование стандартных решений значительно упрощает модернизацию системы в дальнейшем, в то время как использование устройств "фирменных" стандартов делает это практически невозможным.

Компания IBM постоянно определяет стандарты различных компонентов ПК, в число которых вошли и блоки питания. Начиная с 1995 года наиболее распространенные формфакторы блоков питания ПК разрабатывались на основе трех моделей IBM — PC/XT, AT и PS/2 Model 30. Интересен тот факт, что все три модели блоков питания имели одинаковые соединители и выводы к системной плате. Отличались они главным образом формой, максимальной выходной мощностью, количеством разъемов питания для подключения периферийных устройств и компоновкой выключателя. Блоки питания, созданные на их основе, использовались в компьютерах начиная с 1996 года; в некоторых конструкциях они используются и по сей день. Даже современный стандарт ATX12V основан на формфакторе PS/2 Model 30; правда, имеет другой состав разъемов.

В 1995 году компания Intel представила формфактор ATX, ставший новым стандартом для блоков питания. С 1996 года формфактор ATX, получивший широкое распространение, приходит на смену предыдущим стандартам IBM. Для ATX и последующих "родственных" стандартов характерно наличие соединителей, обеспечивающих подачу дополнительных на-

пряжений и сигналов, что допускает использование устройств с более высокой потребляемой мощностью и дополнительными возможностями, которые не поддерживались блоками питания формфактора AT.

Примечание

Даже если два источника питания имеют один и тот же формфактор, они могут отличаться друг от друга качеством и эффективностью (КПД). Далее будут показаны и другие спецификации и функции, на которые следует обращать внимание при выборе блока питания.

Существует больше десяти основных физических формфакторов блоков питания, которые могут по праву называться промышленным стандартом. Большинство из них создано на основе конструкций IBM, а оставшиеся — на основе разработок Intel. Формально все эти формфакторы можно разбить на две категории: используемые в современных системах и вышедшие из употребления.

Обратите внимание на то, что названия формфакторов блоков питания похожи на названия формфакторов системных плат. Тем не менее конструктивные размеры блоков питания скорее относятся к геометрическим параметрам корпусов, чем к размерам системных плат. Это связано с тем, что существует только два возможных типа соединителей (AT и ATX), которые могут быть использованы тем или иным формфактором. Так что к материнской плате можно подключать блок питания не только своего формфактора, но и некоторые другие модели.

Например, все современные системные платы формфактора ATX с разъемами PCI Express содержат два разъема питания, включая 24-контактный основной разъем ATX и 4-контактный разъем, подающий напртяжение +12 В. Блоки питания современных формфакторов, включая ATX12V, SFX12V, EPS12V, TFX12V, CFX12V и LFX12V, содержат одинаковые разъемы и могут работать с одними и теми же системными платами. Другими словами, независимо от формфактора системной платы (ATX, BTX или уменьшенные версии данных формфакторов) с ней можно использовать любой современный блок питания.

Подключение кабелей к разъемам системной платы — это только одна сторона медали; нельзя забывать о том, что блок питания должен быть физически установлен в системном блоке. И именно здесь приходится вспомнить о формфакторе. Основная идея такова: выбранный блок питания не только должен содержать все необходимые разъемы, но и быть совместимым с выбранным корпусом.

В табл. 18.2-18.3 представлены наиболее популярные формфакторы блоков питания, доступные разъемы, а также совместимые системные платы.

Таблица 18.2. Современные формфакторы блоков питания

Формфактор	Год появления	Разъем питания	Обычно поддерживаемые формфакторы системных плат
ATX/ATX12V	1995	20/24-контактный основной; 4-контактный дополнительный (+12 В)	ATX, microATX, BTX, microBTX
SFX/SFX12V/PS3	1997	20/24-контактный основной; 4-контактный дополнительный (+12 В)	MicroATX, FlexATX, microBTX, picoBTX, Mini-ITX, DTX
EPS/EPS12V	1998	24-контактный основной; 8-контактный дополнительный (+12 В)	ATX, Extended ATX
TFX12V	2002	20/24-контактный основной; 4-контактный дополнительный (+12 В)	MicroATX, FlexATX, microBTX, picoBTX, Mini-ITX, DTX
CFX12V	2003	20/24-контактный основной; 4-контактный дополнительный (+12 В)	MicroBTX, picoBTX, DTX
LFX12V	2004	24-контактный основной; 4-контактный дополнительный (+12 В)	PicoBTX, nanoBTX, DTX

SFX12V также поддерживает формфактор PS3 — укороченную версию формфактора ATX12V.
Версии 12V поддерживают 4- или 8-контактный дополнительный разъем (+12 В).

Блоки питания данных формфакторов выпускались в разных конфигурациях и имели разную мощность. Блоки питания устаревшего формфактора LPX впервые были представле-

ны в компьютерах модели IBM PS/2 Model 30 в апреле 1987 года; они были достаточно распространены с 1980-х годов до середины 1996 года. После этого очень быстро стал набирать популярность формфактор ATX. Постепенно ATX и несколько его вариаций заняли доминирующее положение на рынке. Интересно отметить, что наследие IBM живет и сейчас, так как формфакторы ATX, PS3 и EPS базируются на физическом формфакторе LPX (PS/2). Любой блок питания, который не соответствует перечисленным стандартам, считается решением в "фирменном" стандарте.

Таблица 18.3. Устаревшие формфакторы блоков питания

Формфактор	Год появления	Разъем питания	Обычно поддерживаемые формфакторы системных плат
PC/XT	1981	PC/XT	PC/XT, Baby-AT
AT/Desk	1984	AT	Полноразмерный AT, Baby-AT
AT/Tower	1984	AT	Полноразмерный AT, Baby-AT
Baby-AT	1984	AT	Полноразмерный AT, Baby-AT
LPX (PS/2)	1987	AT	Baby-AT, Mini-AT, LPX

Разъемы PC/XT практически совпадают с разъемами AT, но контакт 2 разъема P8 (+5 В) не используется. Формфактор LPX иногда называют PS/2 или Slimline.

Тех систем, в которых применяются блоки питания фирменных стандартов, следует всячески избегать, так как даже их замена окажется проблематичной, не говоря уже о модернизации. Учитывая, что блок питания — один из компонентов, наиболее склонных к поломкам, приобретать системы закрытых (фирменных) стандартов крайне нежелательно.

Устаревшие формфакторы

Вы столкнетесь с блоками питания устаревших формфакторов, если придется иметь дело с ПК, созданными с 1980-х до середины 1990-х годов. Подробно блоки питания устаревших формфакторов описаны во всех предыдущих изданиях настоящей книги.

Современные формфакторы

Формфакторы блоков питания, описанные в следующих разделах, относятся к стандартам, которые до сих пор используются в современных системах. Среди них наиболее популярным является ATX, но если вы имеете дело с компьютерами разных типов, то можете столкнуться со всеми перечисленными ниже типами блоков питания.

ATX/ATX12V

В 1995 году компания Intel пришла к выводу, что блоки питания существующих стандартов в буквальном смысле оказались недостаточно мощными. Проблема была связана с тем, что существовавшие стандартны предполагали использование для питания системной платы двух разъемов, содержащих двенадцать контактов. Помимо того что эти разъемы было сложно не только совместить должным образом, но и вставить в разъем, их неправильная установка приводила к выходу из строя системной платы и блока питания. Для устранения этих проблем в 1995 году компания Intel, взяв за основу существующий популярный стандарт LPX (PS/2), внесла изменения в электрические схемы и разъемы (сохранив общую форму) и представила формфактор *ATX* (рис. 18.1).

Стандарт ATX был разработан компанией Intel в 1995 году, но популярность завоевал через год, после выпуска компьютеров с процессорами Pentium и Pentium Pro, захватив 18% рынка. Начиная с 1996 года различные варианты ATX заняли доминирующее положение среди формфакторов системных плат и блоков питания, придя на смену ранее популярным стандартам Baby-AT и LPX. Блоки питания ATX12V также можно использовать с системными платами более новых формфакторов, таких как BTX, благодаря чему ATX и его производные сохранят доминирующее положение среди формфакторов блоков питания на протяжении еще нескольких лет.

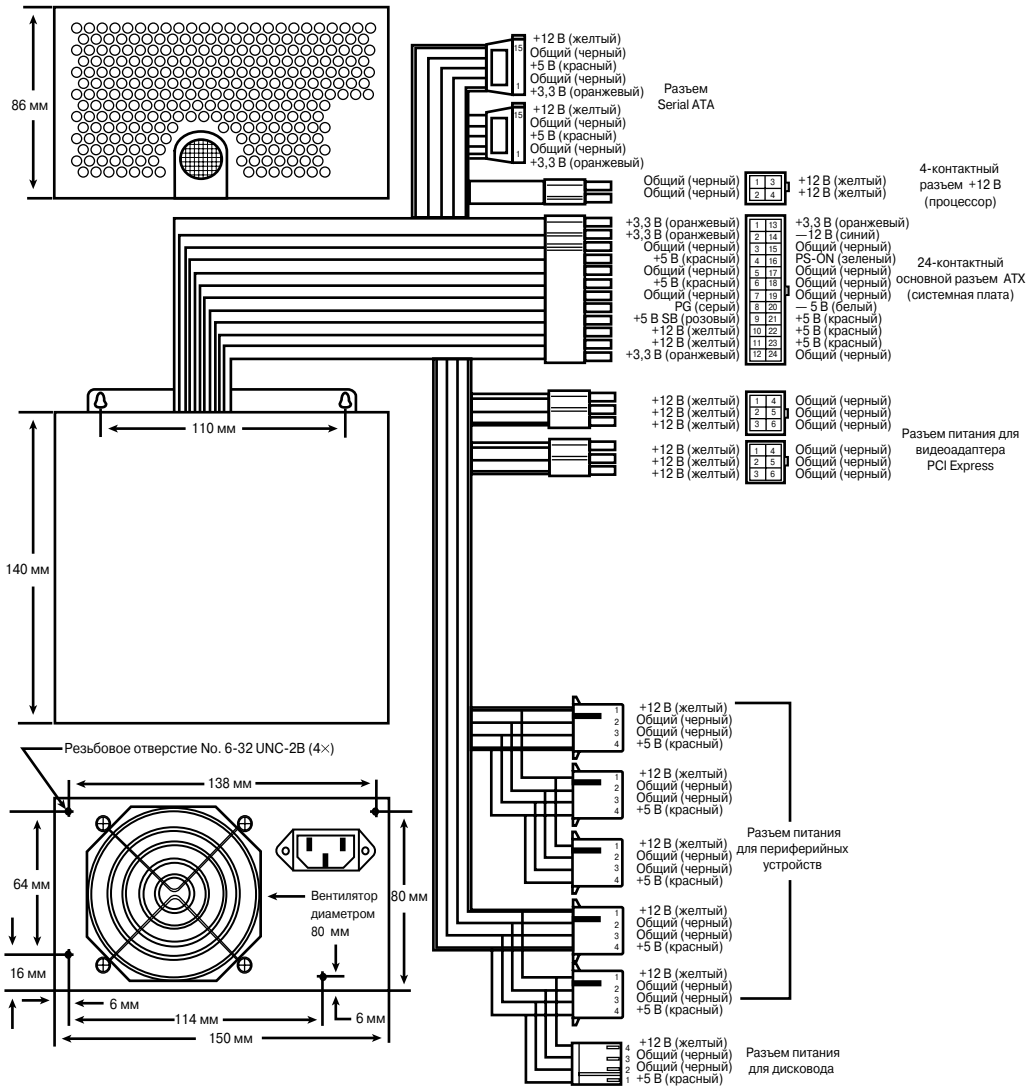


Рис. 18.1. Блок питания формфактора ATX12V 2.x, содержащий 24-контактный основной разъем питания, 4-контактный разъем, подающий напряжение +12 В, а также необязательные разъемы для подключения видеоадаптеров PCI Express

Спецификация ATX12V определяет физическую или механическую форму, а также электрические разъемы, которые содержит блок питания. С 1995 по начало 2000 года формфактор блока питания ATX составлял часть спецификации системной платы ATX. Однако в феврале 2000 года Intel изъяла спецификацию блоков питания из самой новой версии спецификации системных плат/шасси ATX 2.03 и создала спецификацию блоков питания ATX/ATX12V версии 1.0, добавив дополнительный 4-контактный разъем +12 В (блоки питания, содержащие разъем +12 В, получили название ATX12V). Наличие дополнительного разъема +12 В стало обязательным требованием в версии спецификации 1.3 (апрель 2002 года), при этом сама спецификация получила название ATX12V. В спецификации ATX12V 2.0 (февраль 2003 года) был устранен 6-контактный дополнительный разъем, количество контактов основного

разъема питания было увеличено до 24, а также было добавлено требование наличия разъемов Serial ATA. Текущей версией спецификации является ATX12V 2.2, представленная в марте 2005; она содержит лишь незначительные изменения по сравнению с первыми версиями, например касающиеся использования в разъемах терминалов HCS (High Current System).

По мере эволюции блоков питания ATX вносились определенные изменения в расположение и конструкцию вентиляторов. Изначально спецификация ATX предполагала использование вентилятора диаметром 80 мм, расположенного в блоке питания таким образом, чтобы "захватывать" воздух за пределами корпуса и направлять его вдоль системной платы. Это противоречило большинству других стандартов блоков питания, которые предполагали выдувание воздуха из системного блока. Обращение потока воздуха повышало эффективность системы охлаждения и позволяло обходиться без активного теплоотвода на процессоре.

Другое преимущество обратного направления потока воздуха состоит в том, что уменьшается загрязнение внутренних узлов компьютера. В корпусе создается избыточное давление, и воздух выходит через щели в корпусе, в отличие от систем другой конструкции. По этой причине такую систему часто называют *вентиляцией с положительным давлением*. В системе, работающей в условиях повышенной запыленности, на воздухозаборнике можно установить фильтр, который предотвратит попадание в систему частиц пыли.

Хотя с точки зрения вентиляции системы все это звучит достаточно неплохо, схема с положительным давлением предполагает использование более мощного вентилятора, так как он должен обеспечить необходимый поток воздуха. При использовании фильтров нельзя забывать о необходимости их регулярной замены и чистки (это следует делать не реже одного раза в неделю). Кроме того, при увеличении нагрузки блок питания нагревается, внутрь системного блока начинает поступать теплый воздух, а значит, общие возможности по охлаждению значительно снижаются.

Поскольку новые поколения процессоров выделяли все больше и больше тепла, охлаждение системы оказывалось очень важной задачей, а схема с положительным давлением становилась все менее и менее желательной. В связи с этим последующие спецификации ATX были переписаны таким образом, чтобы разрешить использование схем как с положительным, так и с отрицательным давлением. Популярность приобрели блоки питания, в которых установлены два вентилятора: один — на задней панели, воздух от которого направлен наружу, а второй, обдувающий процессор, — на нижней стенке блока.

Формфактор блоков питания ATX позволил решить несколько проблем, характерных для блоков питания PC/XT, AT и LPX. Одна из проблем была связана с тем, что платы PC/XT/AT содержали два разъема питания. Суть проблемы такова: если перепутать разъемы, то можно сжечь системную плату. Большинство производителей качественных систем выпускают разъемы системной платы и блока питания с ключами, чтобы их нельзя было перепутать, но почти все дешевые системы не имеют ключей ни на системной плате, ни в блоке питания. Формфактор ATX предполагает использование ключей, которые просто не позволяют подключить что-то неправильно. Разъемы ATX также обеспечивают подачу +3,3 В, а значит, нет необходимости использовать на системной плате регуляторы напряжения, необходимые для питания цепей, требующих напряжения +3,3 В.

Кроме подачи напряжения 3,3 В, блок ATX формирует другой набор управляющих сигналов, отличающийся от обычных. Это сигналы Power_On и 5v_Standby (5VSB), совместно называемые *программным выключателем*. Эти сигналы позволили реализовать ряд дополнительных функций, например "пробуждение" компьютера по сигналу модема или сетевого адаптера. Многие подобные системы допускают и установку точного времени, в которое компьютер должен включиться для решения запланированной задачи. Эти сигналы также позволили задействовать клавиатуру для включения компьютера. Все это стало возможным потому, что сигнал +5 В Standby подается всегда, даже при выключенном питании компьютера. Управление этими функциями осуществляется с помощью программы настройки BIOS.

SFX/SFX12V

В декабре 1997 года компания Intel представила уменьшенный формфактор системной платы micro-ATX. Примерно в то же время появился и новый формфактор блока питания SFX, специально разработанный для этой платы. Тем не менее в корпусах micro-ATX вместо данного блока зачастую продолжал использоваться стандартный блок питания ATX. В марте 1999 года Intel выпустила дополнение к спецификации micro-ATX, получившее название Flex-ATX. Этот стандарт определял небольшую плату, предназначенную для недорогих компьютеров или устройств, созданных на их основе. Здесь-то и нашли свое воплощение блоки питания формфактора SFX, которые начали использоваться в различных компактных конструкциях. В отличие от большинства спецификаций блоков питания, которые определяют всего одну механическую конструкцию, стандарт SFX определяет пять различных физических форм блока, которые не взаимозаменяемы. Кроме того, по мере эволюционирования спецификации вносились определенные изменения в разъемы. Таким образом, при замене блока питания SFX/SFX12V следует убедиться, что приобретен блок питания необходимого типа, который можно подключить к системной плате. Это означает, что он должен содержать все необходимые разъемы.

Количество и типы разъемов изменялись по мере развития спецификации. Исходная спецификация SFX предполагала использование одного 20-контактного разъема питания для подключения к системной плате. Четырехконтактный разъем, обеспечивающий дополнительное питание процессора, был добавлен как необязательный компонент в версии 2.0 (май 2001 года), а в версии 2.3 (апрель 2003 года) он стал обязательным требованием и получил название SFX12V. В спецификации SFX12V версии 3.0 вместо 20-контактного был введен 24-контактный основной разъем питания; также было сделано обязательным наличие разъемов Serial ATA. Текущая версия 3.1 спецификации SFX12V была представлена в марте 2005 года; в нее внесен ряд небольших изменений, например наличие терминалов HCS в разъемах. Спецификация SFX12V описывает несколько физических формфакторов, включая формфактор PS3.

Если используется стандартный источник питания SFX/SFX12V, то вентилятор диаметром 60 мм крепится на поверхности корпуса, причем он вдувает холодный воздух внутрь корпуса компьютера (рис. 18.2). Вентилятор обдувает источник питания, а через отверстия в задней панели корпуса теплый воздух выводится из системы. Такое расположение вентилятора уменьшает шум, но в то же время обладает недостатками, которые были характерны для систем охлаждения до введения стандарта ATX. В любом случае необходимо использовать дополнительные охлаждающие элементы на наиболее тепловыделяющих компонентах компьютера.

Для систем, которым необходим более интенсивный отвод тепла, был разработан блок питания с вентилятором диаметром 80 мм. Этот больший по размеру вентилятор гораздо лучше охлаждает элементы компьютера (рис. 18.3).

Еще одна версия SFX12V предполагала использование закрепленного выше вентилятора диаметром 80 мм, однако при этом блок питания поворачивался, чтобы ширина оказалась больше, а глубина меньше (рис. 18.4).

Также существовала специальная низкопрофильная версия SFX12V, предназначенная для использования в “тонких” корпусах. Высота блока составляла всего 50 мм, а внутри был установлен вентилятор диаметром 40 мм (рис. 18.5).

И наконец, более новая версия SFX, получившая название формфактор *PS3*, была определена в приложении E спецификации SFX12V. Несмотря на то что формфактор PS3 определен как часть спецификации SFX12V, на самом деле он оказался укороченной версий ATX12V; блоки питания этого формфактора обычно используются совместно с системными платами microATX, которым необходима более высокая мощность, чем могут обеспечить обычные блоки питания SFX (рис. 18.6).

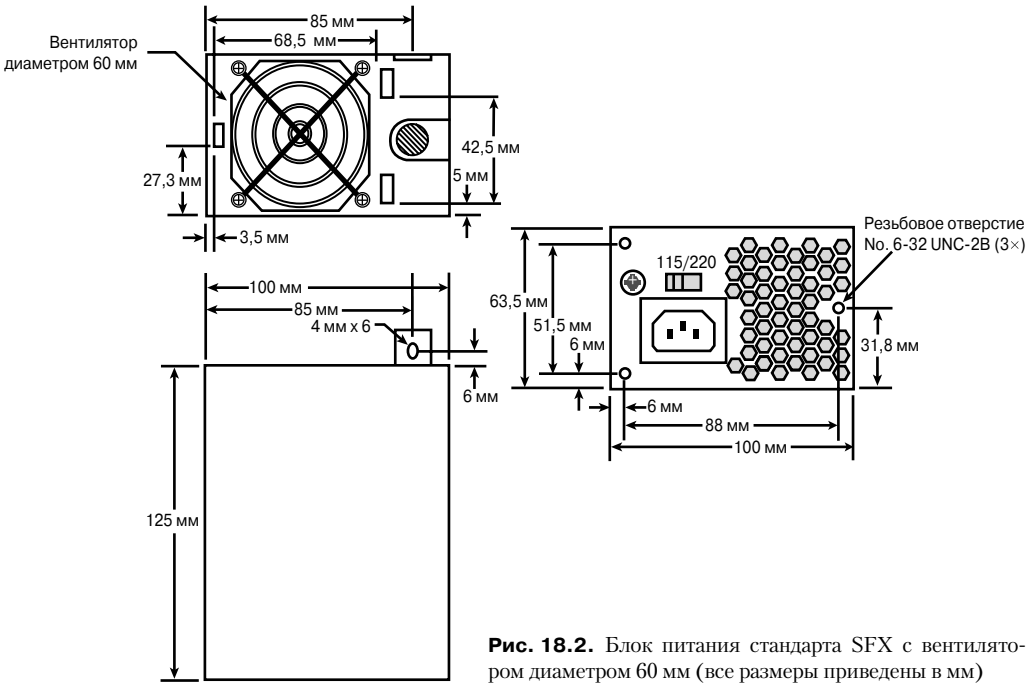


Рис. 18.2. Блок питания стандарта SFX с вентилятором диаметром 60 мм (все размеры приведены в мм)

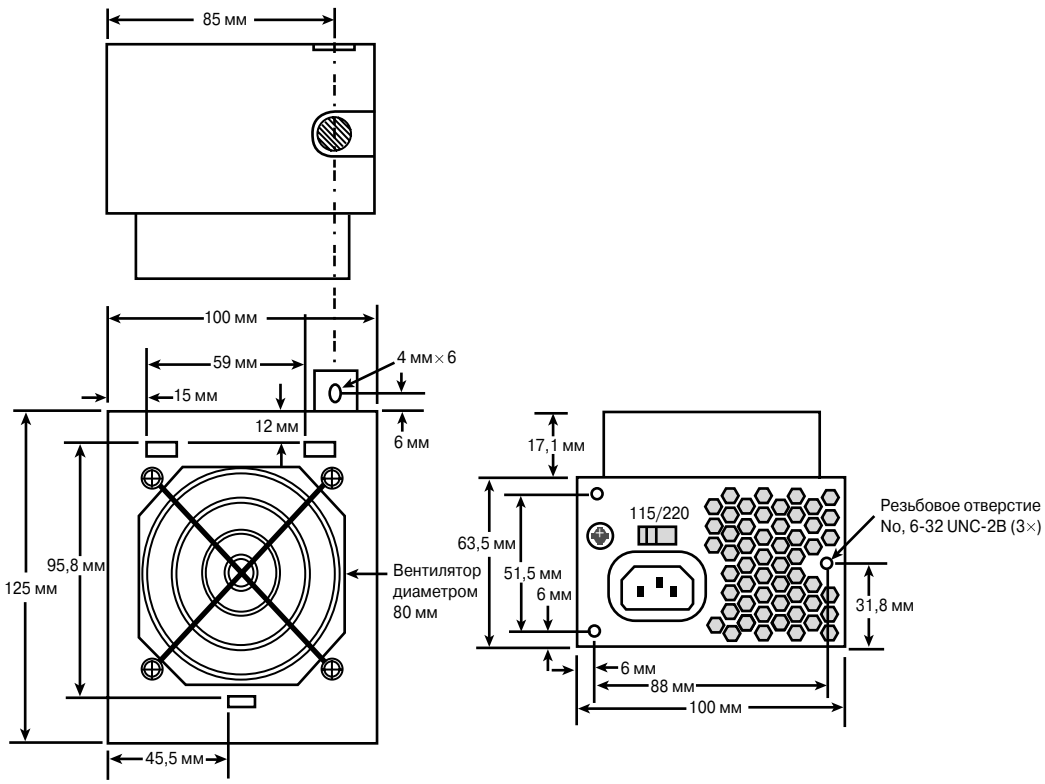


Рис. 18.3. Блок питания стандарта SFX с вентилятором диаметром 80 мм

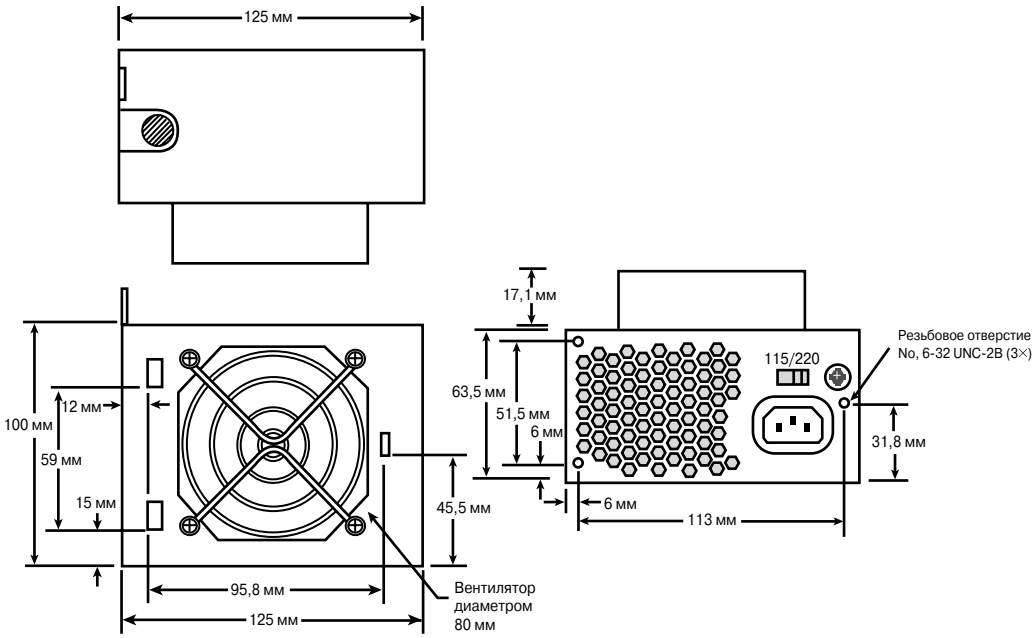


Рис. 18.4. Повернутый блок питания SFX/SFX12V с расположенным сверху вентилятором диаметром 80 мм

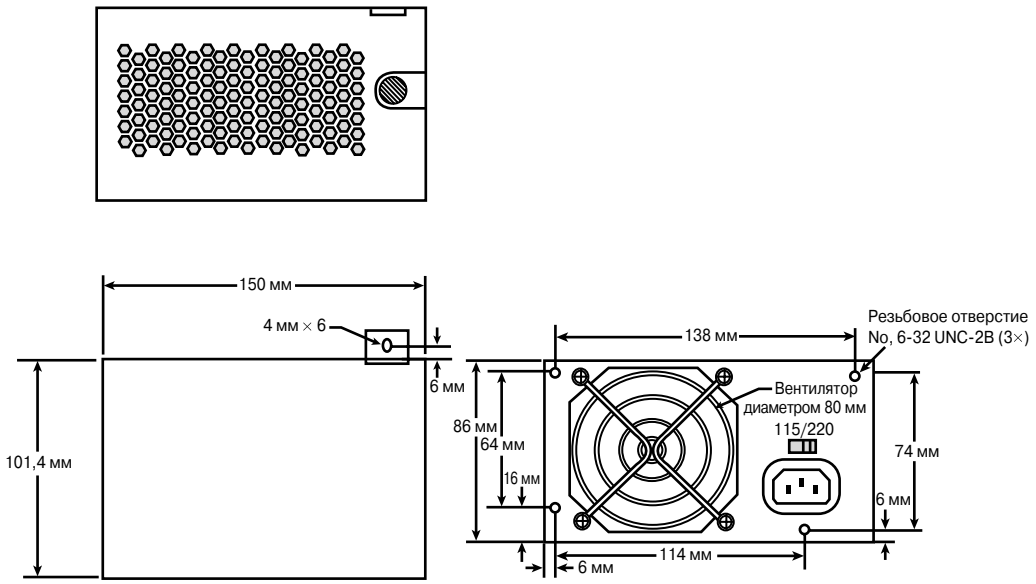


Рис. 18.5. Низкопрофильный блок питания SFX/SFX12V с внутренним вентилятором диаметром 40 мм

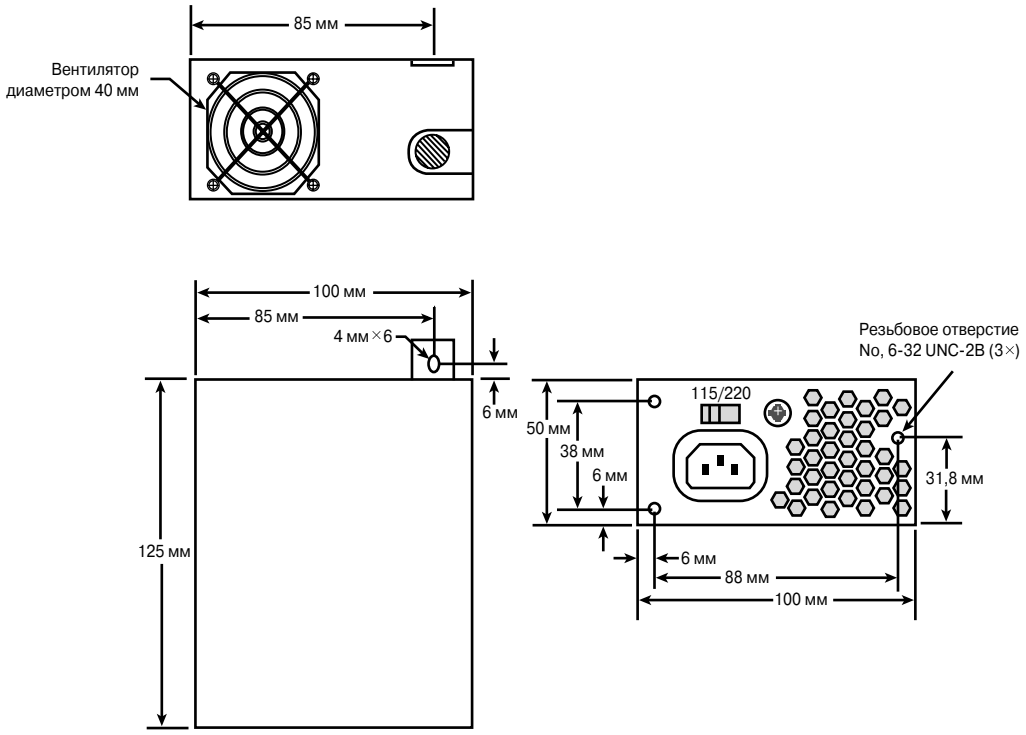


Рис. 18.6. Блок питания PS3 (SFX/SFX12V) с внутренним вентилятором диаметром 80 мм

Блоки питания SFX12V предназначены для использования в системах, содержащих ограниченное количество устройств и обеспечивающих минимальные возможности модернизации. Подавляющее большинство моделей блоков SFX обеспечивают мощность 80–300 Вт по четырем напряжениям (+5, +12, –12 и +3,3 В). Данной мощности достаточно для небольшой системы, содержащей процессор, интерфейс AGP или PCI Express x16, до четырех разъемов расширения, а также трех устройств, таких как жесткие диски и накопители CD-ROM.

Хотя компания Intel разработала спецификацию блоков питания SFX12V, принимая во внимание существование формфакторов microATX и FlexATX, SFX — это совершенно отдельный стандарт, совместимый и с другими системными платами. Например, такая разновидность SFX12V, как PS3, может использоваться вместо стандартных блоков питания ATX12V, если только доступны все необходимые разъемы. Блоки питания SFX используют тот же 20- или 24-контактный основной разъем питания, который определен стандартами ATX/ATX12V, а также обеспечивают подачу сигналов Power_On и 5V_Standby. Блоки питания SFX12V поддерживают дополнительный 4-контактный разъем (+12 В) для процессора, так же как и блоки ATX12V. Будете ли вы использовать блок питания ATX или SFX, в большей мере зависит от выбранного корпуса (шасси), чем от системной платы. Поскольку оба стандарта поддерживают один и тот же набор разъемов питания, все зависит от физической формы, которую поддерживает конструкция системного блока.

EPS/EPS12V

В 1998 году несколько компаний, включая Intel, Hewlett-Packard, NEC, Dell, Data General, Micron и Compaq, создали рабочую группу SSI (Server System Infrastructure), которая занималась продвижением стандартных формфакторов, касающихся стандартных компонентов серверов: шасси, блоков питания, системных плат и т.д. Основная задача состояла в таком

проектировании серверов, чтобы их компоненты можно было легко заменять. Подробные сведения о SSI приведены на сайте `www.ssiforum.org`. Хотя в настоящей книге серверы не рассматриваются, во многих аспектах сервер начального уровня представляет собой высокопроизводительный ПК, в то же время целый ряд компонентов, которыми раньше оснащались только серверы, сейчас можно найти и в стандартных ПК. Особенно данная тенденция просматривается на примере блоков питания. В 1998 году компания SSI разработала спецификацию EPS (Entry-level Power Supply — блок питания начального уровня), которая определяет стандартный формфактор блоков питания для серверов начального уровня в "пьедестальном" исполнении (шасси в исполнении "башня" (tower)). Первоначальный стандарт EPS базировался на ATX, однако имел несколько улучшений. Первое касалось использования 24-контактного основного разъема питания, который в дальнейшем стал использоваться в ATX12V и других формфакторах, представленных после 2003 года. Также стандарт EPS предполагал использование терминалов HCS в разъемах Molex Mini-Fit Jr., которые стали стандартом в спецификации ATX12V в марте 2005 года. Кроме того, 6-контактный разъем питания (сейчас не используется), 4-контактный разъем с напряжением +12 В, а также 6-контактный разъем для подключения видеоадаптеров сначала были представлены в спецификации EPS и только потом появились в спецификации ATX.

Спецификация EPS изначально предполагала использование механического формфактора, полностью идентичного ATX, однако в дальнейшем формфактор EPS был расширен для обеспечения возможности выпуска более мощных блоков питания; для этого допустимое значение глубины было увеличено. В спецификация ATX и исходной версии спецификации EPS предполагалось, что высота блока составляет 86 мм, ширина — 150 мм, а глубина — 140 мм; точно такие же размеры определялись спецификациями LPX и PS/2. В дальнейшем спецификация EPS была изменена, что позволило создавать блоки питания глубиной 180 и даже 230 мм. Можно подумать, что для установки подобных блоков питания могут потребоваться специальные корпуса EPS, однако на самом деле практически все полноразмерные корпуса ATX в исполнении "башня" (tower) способны вместить подобные блоки питания, особенно при использовании современных "укороченных" оптических накопителей (в противном случае накопители могут просто "упираться" в блок питания).

После переноса всех улучшений в блоках питания EPS/EPS12V в блоки питания ATX/ATX12V я внимательно изучил спецификации SSI EPS, чтобы понять, какие потенциальные улучшения еще могут появиться в блоках питания ATX. В настоящее время основное различие между блоками ATX и EPS применительно к разъемам состоит в использовании 8-контактного двойного разъема +12 В в случае EPS12V вместо 4-контактного разъема +12 В в случае ATX12V. Восьмиконтактный двойной разъем с напряжением +12 В эквивалентен двум объединенным 4-контактным разъемам; он предназначен для использования в серверах начального уровня для питания нескольких процессоров. Разъемы спроектированы таким образом, что 8-контакный коннектор можно вставить в 4-контактный разъем на системной плате; при этом лишние контакты просто "зависнут" над системной платой.

Еще одно существенное различие между EPS12V и ATX12V состоит в том, что блоки питания EPS могут составлять в длину 180 или 230 мм, в то время как блоки питания ATX по этому измерению ограничены значением 140 мм. В качестве примера блока питания EPS12V можно привести Turbo-Cool 1KW (мощность — 1 кВт) от компании PC Power and Cooling (рис. 18.7).

Этот блок питания имеет глубину 230 мм, что допускается спецификацией EPS12V, однако его вполне можно использовать для модернизации блоков питания ATX12V; главное — чтобы он поместился в корпус. Блоки питания EPS12V иногда называют блоками питания *Extended ATX* в связи с увеличенной глубиной. Если планируется использовать один из блоков питания EPS12V в стандартном корпусе ATX, очень важно измерить доступное для установки пространство, прежде чем совершать покупку.



Рис. 18.7. Блок питания Turbo-Cool 1KW формфактора EPS12V (www.pcpowercooling.com)

Совместимость разъемов никаких проблем не представляет; 24-контактный коннектор основного питания можно вставить в 20-контактный разъем, а 8-контактный двойной коннектор — в 4-контактный разъем.

Если места достаточно, можете смело приобретать блок питания EPS12V, так как его можно использовать совместно с подавляющим большинством системных плат и шасси ATX.

TFX12V

Стандарт блоков питания *TFX12V* (Thin Form Factor) впервые был представлен компанией Intel в апреле 2002 года; данные блоки питания предназначались для использования в малогабаритных системах SFF (Small Form Factor) объемом 9–15 литров. Как правило, в низкопрофильных корпусах SFF чаще всего используются системные платы формфакторов microATX, FlexATX и Mini-ITX. Блоки питания TFX12V оказываются длиннее и *уже* блоков ATX или SFX, что позволяет использовать их в низкопрофильных системах. Размеры блоков питания формфактора TFX12V указаны на рис. 18.8.

Блоки питания TFX12V обладают номинальной мощностью 180–300 Вт, чего более чем достаточно для небольших систем, для использования в которых они и предназначены. Блоки питания TFX12V содержат боковой вентилятор с термостатическим контролем, что обеспечивает "холодную" и тихую работу. Благодаря симметричной системе крепления вентилятор можно закрепить по-разному в соответствии с конструкцией шасси (рис. 18.9).

В отличие от блоков SFX для блоков TFX12V определен только один механический формфактор. Блоки питания TFX12V всегда содержали 4-контактный коннектор +12 В с момента представления стандарта в апреле 2002 года, после того как этот коннектор появился у блоков питания других формфакторов. Спецификация TFX12V 1.2 (апрель 2003 года) добавила коннекторы Serial ATA как необязательные, в то время как согласно спецификации TFX12V 2.0 (февраль 2004 года) они стали обязательными. Кроме того, основной коннектор питания стал содержать 24 контакта вместо 20. Версия спецификации 2.1 (июль 2005 года) содержит только незначительные изменения по сравнению с предыдущей версией.

CFX12V

Формфактор блоков питания *CFX12V* (Compact Form Factor) представлен компанией Intel в ноябре 2003 года; данные блоки предназначены для использования в системах BTX средних размеров (объемом 10–15 литров), в которых используются материнские платы microBTX и picoBTX.

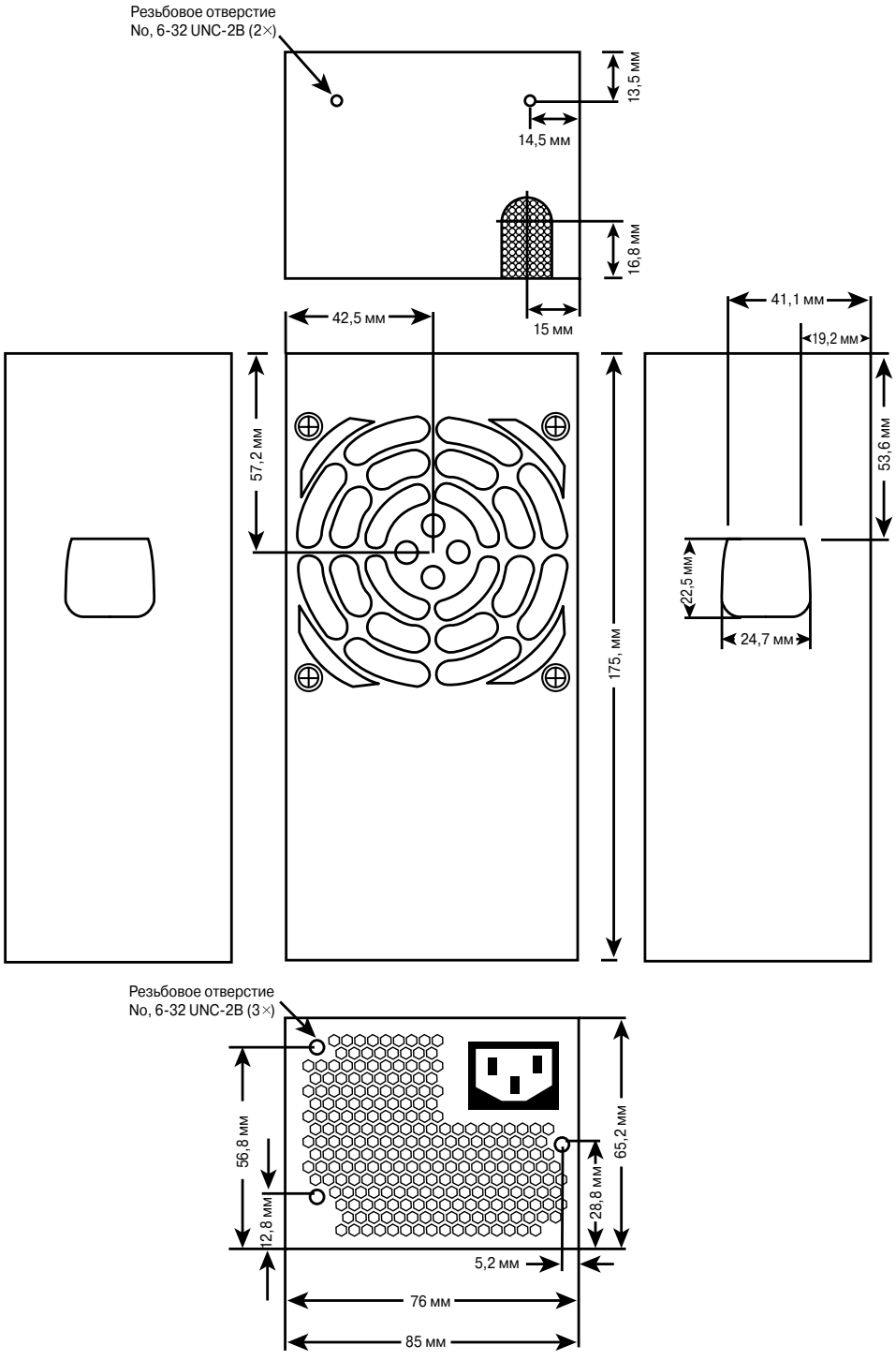


Рис. 18.8. Размеры блоков питания формфактора TFX12V

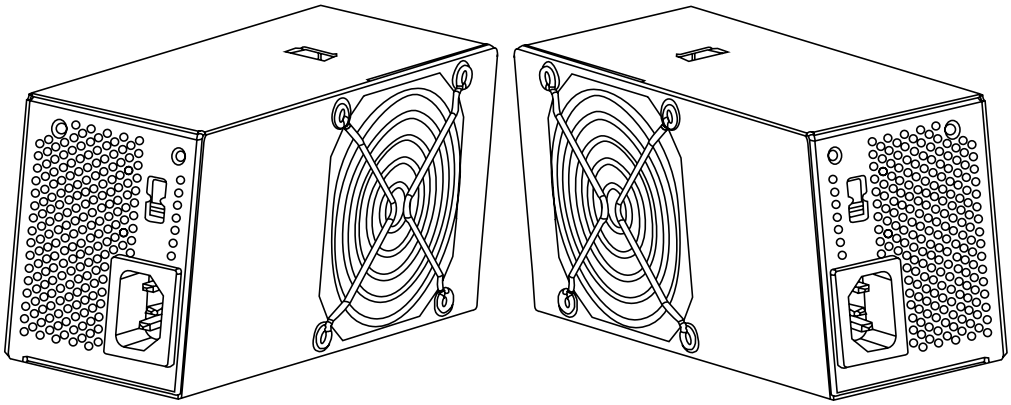


Рис. 18.9. Блоки питания TFX12V симметричны и допускают установку вентилятора как слева, так и справа



Рис. 18.10. Блок питания CFX12V

Блоки питания CFX12V обладают номинальной мощностью 220–300 Вт, чего вполне достаточно для небольших систем, для использования в которых они и предназначены. Блоки питания CFX12V содержат закрепленный на задней стенке вентилятор диаметром 80 мм с термостатическим контролем, что обеспечивает "холодную" и тихую работу. Блок питания содержит "вырез", который позволяет ему частично нависать над системной платой, благодаря чему становится возможным создание систем уменьшенных размеров (рис. 18.10). Размеры блоков питания CFX12V приведены на рис. 18.11.

Блоки питания CFX12V всегда содержали 4-контактный коннектор с напряжением +12 В с момента представления стандарта в ноябре 2003 года, после того как этот коннектор появился у блоков питания других формфакторов. Блоки TFX12V также содержат 24-контактный коннектор питания и коннекторы Serial ATA. Текущая версия спецификации CFX12V 1.2 была представлена в 2005 году и содержала лишь незначительные изменения по сравнению с предыдущими версиями, например изменение терминалов HCS в разъемах.

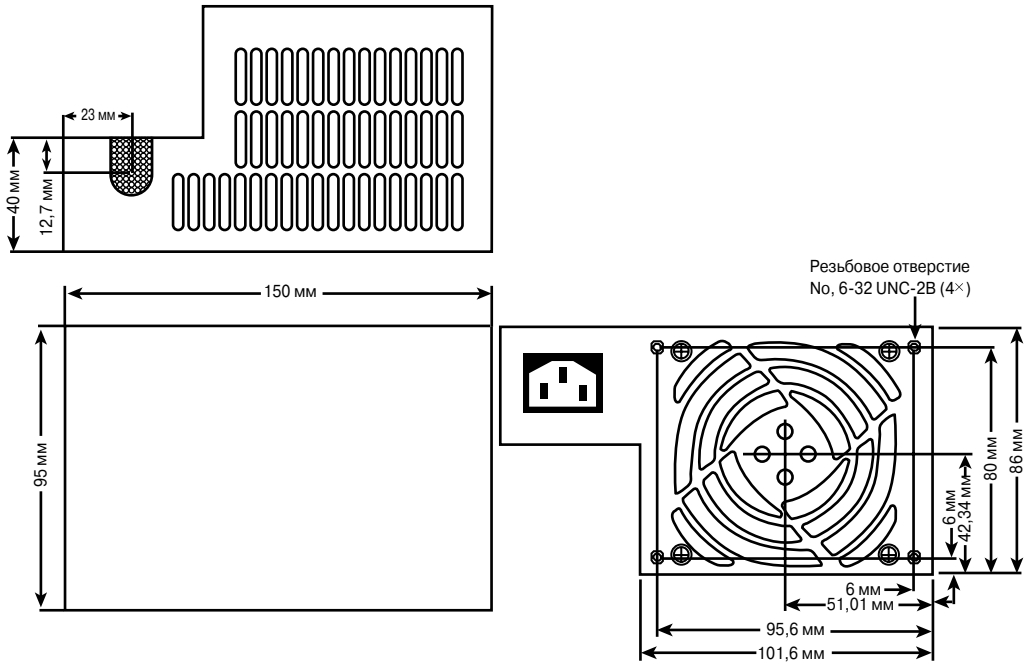


Рис. 18.11. Размеры блока питания формфактора CFX12V

LFX12V

Компания Intel представила спецификацию низкопрофильных блоков питания LFX12V (Low profile Form Factor) в апреле 2004 года. Подобные блоки предназначены для использования в ультракомпактных системах BTX (объемом 6–9 литров), в которых чаще всего установлены системные платы picoBTX или nanoBTX.

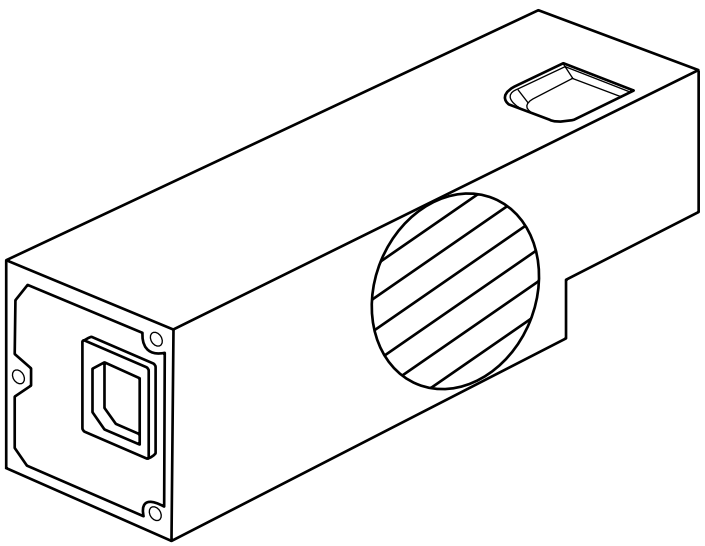


Рис. 18.12. Блок питания LFX12V

Блоки питания LFX12V характеризуются мощностью 180–260 Вт, чего достаточно для крошечных систем, для использования в которых они предназначены. Блоки питания LFX12V содержат внутренний вентилятор диаметром 60 мм, что на 20 мм меньше, чем у блоков питания CFX12V. Как и в случае блоков CFX12V, здесь используется термостатический контроль, что обеспечивает тихую работу при достаточно эффективном охлаждении. Блок питания содержит "вырез", который позволяет ему частично нависать над системной платой, благодаря чему становится возможным создание систем уменьшенных размеров (рис. 18.12). Размеры блоков питания LFX12V указаны на рис. 18.13.

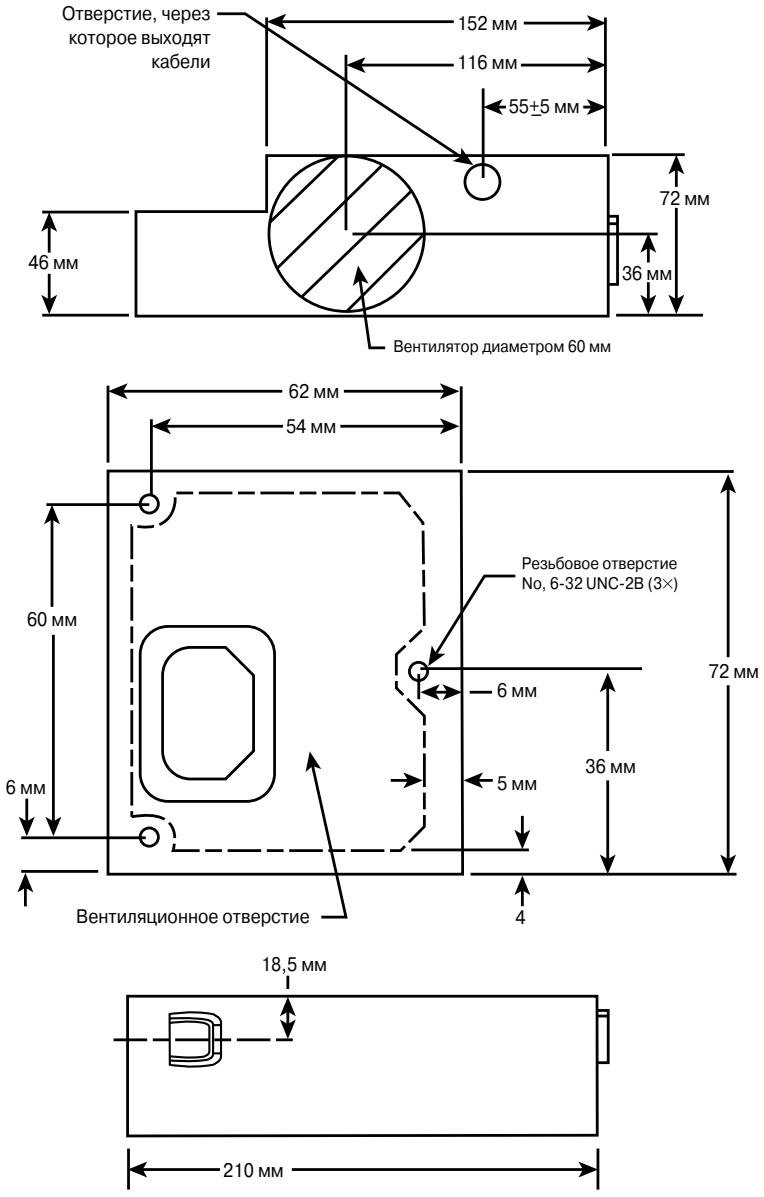


Рис. 18.13. Размеры блоков питания LFX12V

Все блоки питания LFX12V содержат 24-контактный основной коннектор питания, 4-контактный дополнительный коннектор, а также коннекторы Serial ATA. Текущая версия LFX12V 1.1 представлена в апреле 2005 года и содержит лишь незначительные изменения по сравнению с предыдущей.

FlexATX

Известный производитель блоков питания, компания FSP (Fortron Source Power), представила формфактор блоков питания FlexATX в 2001 году; этот формфактор предназначен для использования в компактных настольных системах *SFF* (small form factor) и "тонких" серверных системах 1U. Данные блоки питания широко использовались в системах от Shuttle, но также и применялись в решениях HP/Compaq, IBM, SuperMicro и других компаний. Компания Intel представила формфактор блоков питания FlexATX в марте 2007 года как часть документа "Power Supply Design Guide for Desktop Platform Form Factors" версии 1.1, доступного на сайте `www.formfactors.org`. Данные блоки питания часто назывались блоками питания 1U, так как они широко используются в серверных шасси 1U.

Блоки питания FlexATX, подобные представленному на рис. 18.14, предназначены для обеспечения мощности в диапазоне 180–270 Вт, что идеально подходит для компактных систем, для которых данные блоки питания и предназначены. Как правило, блоки питания FlexATX содержат один или два вентилятора диаметром 40 мм, однако возможна установка и более крупных вентиляторов; также существуют модели блоков питания без вентиляторов. Размеры блоков питания FlexATX представлены на рис. 18.15.

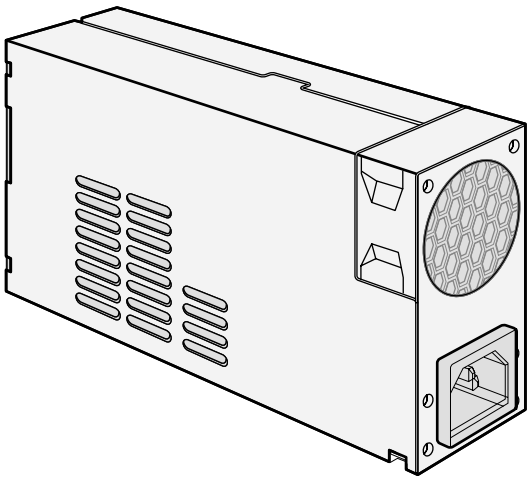


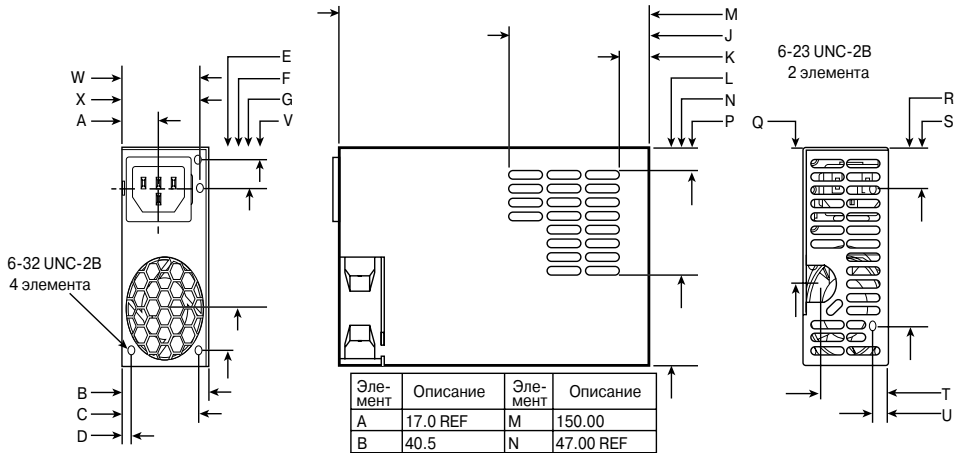
Рис. 18.14. Блок питания FlexATX

Блоки питания FlexATX включают 20- или 24-контактный основной разъем питания, а также 4-контактный разъем +12 В для материнской платы. Как правило, они оснащены всеми необходимыми кабелями питания для подключения устройств, в том числе и кабелями питания Serial ATA.

Выключатели питания

Существуют три основных типа переключателей, используемых в ПК:

- управляемый системной платой переключатель на передней панели (ATX и более новые стандарты);
- кнопка включения блока питания на передней панели (AT/LPX; устаревший стандарт);
- кнопка включения блока питания на его задней панели (PC/XT/AT; устаревший стандарт).



Элемент	Описание	Элемент	Описание
A	17.0 REF	M	150.00
B	40.5	N	47.00 REF
C	36.1	P	9.00 REF
D	4.1	Q	50.50 REF
E	76.0	R	66.50
F	60.0 REF	S	15.00
G	15.2	T	32.00 REF
J	68.10 REF	U	7.00
K	15.10 REF	V	4.40
L	81.50	W	35.90
		X	37.00

Рис. 18.15. Размеры блоков питания FlexATX

ATX и более новые стандарты

Во всех источниках питания ATX, которые подключаются к 20- или 24-контактному разъему системной платы, для включения системы используется сигнал PS_ON. В данной конструкции при подключении к выключенной системе блок питания работает в режиме ожидания. Сигнал PS_ON передается от блока питания через системную плату на низковольтный контактный переключатель постоянного тока на передней панели. В результате дистанционный переключатель физически не управляет доступом к источнику питания 220 или 110 В, как в более старых блоках питания. Вместо этого состояние источника питания (включен или выключен) переключается сигналом PS_ON, поступающим с контакта 14 в разъеме ATX. В данном случае иногда используется название *переключатель soft-off* (soft-off switch), поскольку так называется состояние ACPI, в котором система выключена, но все равно получает напряжение режима ожидания.

Сигнал PS_ON может быть сгенерирован переключателем питания компьютера или (с помощью электронных схем) операционной системой. PS_ON — *активный низкий сигнал*. Это означает, что все сигналы мощности постоянного тока, генерируемые блоком питания, деактивизируются при высоком уровне PS_ON, за исключением сигнала +5VSB (резервного) на контакте 9, который активен всегда, когда источник питания подключен к розетке. Сигнал +5VSB подводит напряжение к дистанционному переключателю на корпусе, чтобы система могла функционировать в то время, когда компьютер выключен. Таким образом, дистанционный переключатель в системе ATX (который должен присутствовать в большинстве систем NLX и SFX) находится под напряжением всего +5 В постоянного тока, а не 220 или 110 В, как в более старых корпусах с иными формфакторами.

Предупреждение

Постоянное наличие сигнала +5VSB на контакте 9 разъема ATX означает, что к системной плате ток от блока питания подведен всегда, когда источник включен, даже при выключенном компьютере. Поэтому перед снятием корпуса лучше отключить всю систему ATX от источника питания.

Удаленный переключатель в конструкции ATX и более новых только переводит систему в состояние soft-off, в котором она как будто выключена, но все равно получает напряжение режима ожидания. На некоторых блоках питания ATX и более новых стандартов имеется переключатель, который позволяет полностью отключить питание системы. В результате система не получает никакого напряжения, что равносильно ее отключению от электророзетки.

Совет

Архитектура переключателя питания ATX такова, что системная плата контролирует состояние блока питания. Если система полностью поддерживает стандарт ACPI, при нажатии переключателя питания системная плата указывает операционной системе на необходимость корректно завершить работу, прежде чем подача напряжения действительно будет прекращена. Если система "зависла" или работает некорректно, нажатие кнопки может ни к чему не привести. В данной ситуации следует удерживать кнопку питания дольше четырех секунд, чтобы принудительно выключить систему.

Выключатели PC/XT/AT и LPX

В старых системах выключатели встраивались непосредственно в блок питания, используемый для обеспечения постоянным током основных системных компонентов. Такая конструкция была достаточно простой. Блок питания устанавливался в задней или боковой части системного блока, поэтому для включения компьютера требовалось дотянуться рукой до выключателя, расположенного на задней панели. Кроме того, для дистанционного включения системы при прямом подсоединении к источнику переменного тока требовалось специальное аппаратное обеспечение.

С конца 1980-х годов в системах с блоками питания LPX стали использоваться выносные переключатели, расположенные на лицевой панели. Конструкция используемых блоков питания практически не отличалась от предыдущих типов. Единственное отличие состояло в том, что выключатель переменного тока теперь устанавливался на некотором расстоянии от блока питания (обычно на лицевой панели системного блока) и соединялся с ним с помощью четырехжильного кабеля. Концы кабеля с плоскими соединительными наконечниками подсоединялись к контактам выключателя. Кабель, соединяющий выключатель с блоком питания, содержит четыре провода с цветовой кодировкой. В дополнение к этому кабель может содержать пятый провод, предназначенный для заземления на корпус. Для уменьшения опасности электрического травматизма плоские наконечники выключателя, соединенные с кабелем блока питания, надежно изолированы.

Так была решена проблема с эргономичным расположением выключателя. Однако данная конструкция не обеспечивала возможность дистанционного или автоматического включения системы без использования специальных аппаратных средств. Кроме того, в корпусе был установлен 120-вольтный выключатель переменного тока, по проводам которого через весь системный блок проходил электрический ток высокого напряжения. Соединительные провода при включении системы очень нагревались, что могло привести к различным опасным ситуациям.

Предупреждение

По крайней мере два провода из четырех, соединяющих выключатель с блоком питания AT/LPX, постоянно находятся под высоким напряжением. Неосторожное прикосновение к этим проводам, даже при выключенном системном блоке, может привести к самым печальным последствиям. Поэтому, прежде чем снять крышку корпуса, убедитесь, что вы не забыли отключить блок питания от сети.

В соответствии с цветом каждый из проводов питания имеет определенное назначение.

- **Коричневый и голубой провода** — это фаза и нуль сетевого шнура, по которому напряжение поступает из блока питания. Когда блок питания подключен к сети, провода находятся под напряжением.
- **По черному и белому проводам** переменный ток возвращается через выключатель в блок питания. Эти жилы находятся под напряжением только в том случае, если блок питания подключен к сети и компьютер включен.

- **Зеленый провод или зеленый провод с желтой полосой** (если он имеется в кабеле) должен соединяться с корпусом компьютера и обеспечивать его заземление.

Отверстия для контактов на выключателе обычно окрашены; если это не так, вставьте голубой и коричневый провода в параллельные гнезда, а черный и белый — в гнезда, расположенные под углом друг к другу (рис. 18.16).

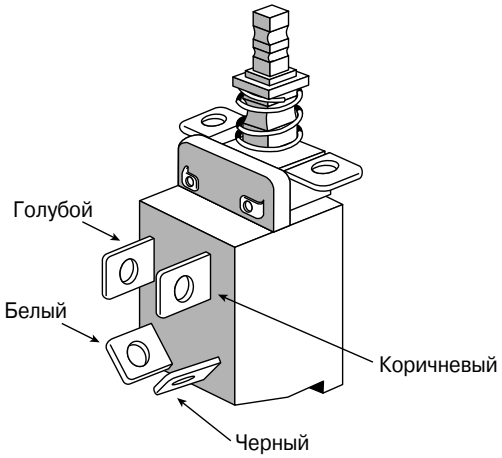


Рис. 18.16. Выводы дистанционного выключателя блока питания

Предупреждение

Хотя цветовая кодировка и параллельное/угловое расположение выводов используются в большинстве блоков питания, это не является универсальным правилом. Иногда встречаются блоки питания с расположением выводов, отличным от показанного на рис. 19.19. Тем не менее одно можно сказать наверняка: если блок питания подключен к настенной розетке электропитания, два провода будут находиться под постоянным напряжением. Обязательно отключите блок питания от электросети, прежде чем дотрагиваться до любого из выводов. Чтобы не рисковать в дальнейшем, наденьте на выводы пластиковую или резиновую оболочку.

Если голубой и коричневый провода были вставлены по одну сторону, а черный и белый находятся по другую, то выключатель и блок питания будут работать нормально. Если же вы перепутали контакты, то может перегореть предохранитель или произойти короткое замыкание.

Разъемы питания системной платы

Каждый блок питания содержит специальные отводы, подключаемые к соответствующим разъемам системной платы, которые подают напряжение на центральный процессор, модули памяти, установленные платы расширения, такие как видеоадаптеры, адаптеры LAN, порты USB и FireWire, а также платы различных типов. Подобные разъемы очень важны. Они не только обеспечивают питание системы — неправильное подключение разъемов может привести к весьма нежелательным последствиям, вплоть до сгорания блока питания и системной платы. Как и в случае с формой блоков питания, подобные разъемы соответствуют одной из стандартных спецификаций, которые определяют их типы, а также схемы соединения проводов и терминалов. К сожалению, как и в случае с механическими формфакторами, некоторые производители ПК используют блоки питания с разъемами нестандартной формы или (что еще хуже) разъемы стандартной формы, но с нестандартной схемой назначения контактов. Подключение подобного коннектора к разъему со стандартной схемой назначения контактов на системной плате приведет к повреждению блока питания, системной платы или обоих устройств.

Я не только настаиваю на использовании блоков питания стандартного формфактора, но и настоятельно рекомендую отдавать предпочтение стандартным разъемам и схемам назначения контактов. Приобретая только стандартизированные компоненты, вы избавите себя от лишней головной боли при ремонте или модернизации компьютерной системы в дальнейшем.

На протяжении всей истории ПК наиболее популярными оставались два набора разъемов питания; назовем их разъемами типа AT/LPX и разъемами типа ATX. Каждый из них немного изменялся с течением времени (появлялись новые разъемы и исчезали те, в которых не было необходимости). Более подробно разъемы системной платы, используемые различными блоками питания (в том числе нестандартными), рассматриваются в следующих разделах.

Разъемы блоков питания AT/LPX

Системные платы промышленного стандарта PC, XT, AT, Baby-AT и LPX используют один и тот же тип разъемов блока питания. Для подключения системной платы используются два 6-контактных разъема питания (P8 и P9). Терминалы, использованные в данных разъемах, способны выдержать ток до 5 А при напряжении до 250 В (хотя максимальное напряжение в ПК составляет +12 В). Оба разъема представлены на рис. 18.17.

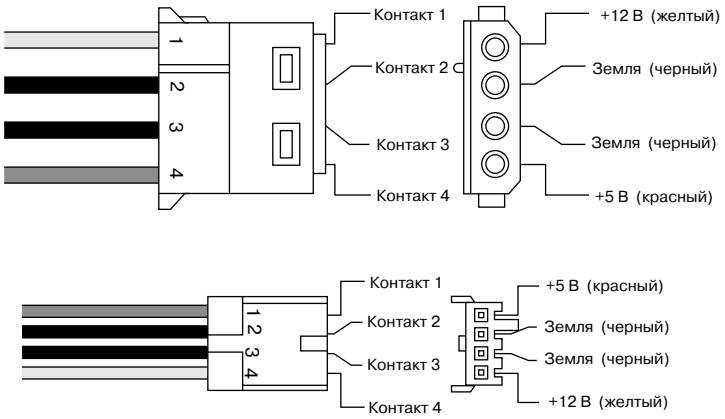


Рис. 18.17. Разъемы питания P8/P9 (называемые иногда P1/P2) формфактора AT/LPX

Все блоки питания AT/LPX, содержащие разъемы P8 и P9, предполагают их подключение к системной плате таким образом, чтобы черные провода (общие контакты) обоих разъемом находились рядом друг с другом. Обратите внимание на то, что обозначения P8 и P9 не являются полностью стандартизированными, хотя и широко применяются, так как подобные обозначения в свое время использовала компания IBM. В некоторых блоках питания подобные разъемы обозначены как P1/P2. При подключении разъемов самое главное — правильно их ориентировать и не вставить в разъем системной платы со смещением на несколько контактов. Главное правило — "черный с черным по центру". Также необходимо следить за тем, чтобы не осталось лишних контактов. Если вы видите лишние контакты со стороны системной платы, при включении могут быть повреждены не только системная плата, но и подключенные к ней устройства. Разъемы P8 и P9 (иногда называемые P1/P2) в том виде, в котором они должны подключаться к системной плате, представлены на рис. 18.18.

В табл. 18.4 приведены разъемы типичных блоков питания AT и LPX.

Таблица 18.4. Разъемы блока питания AT и LPX

Разъем	Контакт	Сигнал	Цвет[2]	Разъем	Контакт	Сигнал	Цвет[2]
P8 (или P1)	1	Power_Good (+5 В)	Оранжевый	P9 (или P2)	1	Общий	Черный
	2	+5 В[1]	Красный		2	Общий	Черный

Окончание табл. 18.4

Разъем	Контакт	Сигнал	Цвет[2]	Разъем	Контакт	Сигнал	Цвет[2]
	3	+12 В	Желтый		3	–5 В	Белый
	4	–12 В	Синий		4	+5 В	Красный
	5	Общий	Черный		5	+5 В	Красный
	6	Общий	Черный		6	+5 В	Красный

1. Первое поколение системных плат и блоков питания PC/XT не требовало данного напряжения, поэтому контакт может отсутствовать как на системной плате, так и в разъеме от блока (контакт 2 разъема P8).

2. Мне встречались блоки питания, производители которых не придерживались цветового кодирования проводов, хотя сигналы при этом использовались корректно.

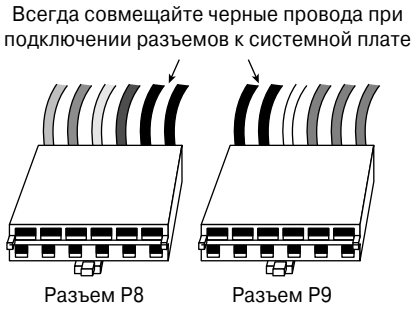


Рис. 18.18. Разъемы P8 и P9, используемые при подключении системной платы к блоку питания AT/LPX

Совет

Хотя старые блоки питания PC/XT не используют контакт 2 разъема P8, их можно подключать к системным платам AT, и наоборот. Наличие или отсутствие сигнала +5 В на этом контакте никак не отражается на работе системы, поскольку вполне достаточно других контактов по линии + 5 В.

Следует отметить, что все блоки питания типа AT/LPX используют одни и те же разъемы и схемы контактов, которые ни разу не изменялись (по крайней мере, никакие нестандартные вариации мне не встречались).

Разъемы питания ATX и ATX12V 1.x

Блоки питания, соответствующие спецификациям ATX и ATX12V 1.x, а также некоторым их вариантам, содержат следующие разъемы питания для подключения к системной плате:

- 20-контактный основной разъем питания;
- 6-контактный дополнительный разъем питания;
- 4-контактный разъем питания с напряжением +12 В.

Основной разъем питания является обязательным, в то время как два других используются при необходимости. Следовательно, блок питания стандарта ATX или ATX12V может содержать одну из следующих комбинаций разъемов:

- только основной разъем питания;
- основной и дополнительный разъемы;
- основной разъем и разъем с напряжением +12 В;
- основной и дополнительный разъемы, а также разъем с напряжением +12 В.

Наиболее часто встречаются блоки питания, содержащие или только основной разъем, или основной разъем и разъем с напряжением +12 В. Многие системные платы, содержащие разъем с напряжением +12 В, не содержат дополнительный разъем, и наоборот.

Причина существования нескольких разъемов питания

Исходная спецификация ATX предполагала наличие только одного 20-контактного основного разъема питания; в середине 1990-х годов его было более чем достаточно для обеспечения питания системных плат и процессоров, требовавших 251 Вт общей мощности и даже меньше. Однако к концу 1990-х годов требования системных плат и процессоров возросли, и в некоторых системах основной разъем питания оказался неспособен справиться с возросшей нагрузкой. Системные платы и процессоры, потреблявшие суммарно больше 251 Вт мощности, могли потенциально привести к перегреву терминалов и повреждению разъема; несколько раз последствия перегрева контактов в разъеме питания мне довелось видеть лично.

Вместо того чтобы изменять конструкцию основного разъема, тем самым порождая несовместимость с системными платами, которым дополнительная мощность не нужна, компания Intel в 1998 году расширила спецификацию ATX 2.02, добавив дополнительный разъем питания. Этот разъем обеспечивал подачу 58 Вт мощности по дополнительным линиям с напряжением +3,3 и +5 В, которые необходимы для питания процессора, памяти, а также регулятора напряжения AGP. Однако, несмотря на появление дополнительного разъема, что было очень неплохой идеей, мне чаще встречались системные платы только с одним основным разъемом, хотя он и оказывался перегруженным.

Несмотря на то что дополнительный разъем обеспечивал дополнительную мощность по линиям с напряжением +3,3 и +5 В, линии дополнительного питания процессора (+12 В) это не касалось. Дебют процессора Pentium 4 в 2000 году показал, что требования процессоров к мощности блока питания резко возросли. Процессоры обычно характеризуются достаточно низким напряжением питания, за что отвечает схема регулятора напряжения на системной плате. Регулятор напряжения использует напряжение от блока питания и выполняет его преобразование. Мощность в ваттах равна произведению напряжения в вольтах и силы тока в амперах. Поэтому при равной мощности чем больше напряжения подать на схему регулятора, тем меньшая сила тока потребуется. Таким образом, чтобы уменьшить силу тока, на регулятор напряжения стали подавать сигнал с напряжением +12 В, а не +3,3 или +5 В, как было раньше.

К сожалению, это привело к еще одной проблеме с питанием. Даже при комбинировании основного и дополнительного разъемов существовал только один контакт с напряжением +12 В, способный подать на системную плату ток не более 6 А. Поэтому, чтобы увеличить мощность по линии с напряжением +12 В и сохранить совместимость с основным и дополнительным разъемами, в начале 2000 года Intel добавила в спецификацию ATX 2.1 разъем питания с напряжением +12 В. Этот разъем предназначался для подачи мощности 192 Вт на регуляторы напряжения питания процессоров Pentium 4 и более новых версий.

Блоки питания с соединительным разъемом +12 В стали называть блоками питания *ATX12V*, поэтому для них была выпущена спецификация формфактора ATX12V. Поскольку изначально разъем с напряжением +12 В предназначался для процессоров Pentium 4, он получил неофициальное название “разъем P4”, несмотря на то, что использовался и на системных платах для процессоров AMD. В конце 2001 года практически все выпускаемые системные платы и блоки питания соответствовали спецификации ATX12V.

Регуляторы напряжения процессора на системной плате стали использовать линию с напряжением +12 В, в результате чего нагрузка на линии +3,3 и 5 В снизилась, а значит, необходимость в дополнительном разъеме питания отпала. В результате на многих блоках питания ATX12V этого разъема нет. Дополнительный разъем был официально исключен из спецификации ATX12V 2.0 в 2000 году. Некоторые блоки питания ATX12V все же содержат дополнительный разъем, поэтому, если материнская плата требует его подключения, следует выбрать блоки питания с этим разъемом.

20-контактный основной разъем питания

Этот разъем питания является стандартом для всех блоков питания стандартов ATX и ATX12V 1.x; он содержит коннектор Molex Mini-Fit Jr. с терминалами-“мамами”. 20-контакт-

ный основной разъем питания показан на рис. 18.19-18.20, а схема его разводки описана в табл. 18.5. Для каждого контакта указаны стандартные цвета в соответствии с рекомендациями стандарта ATX; однако, для того, чтобы блоки питания от разных компаний отличались друг от друга, эти рекомендации обязательными не являются. Я предпочитаю показывать расположение контактов со стороны проводов, а не терминала, так как эта схема полностью соответствует компоновке контактов в разъеме материнской платы.

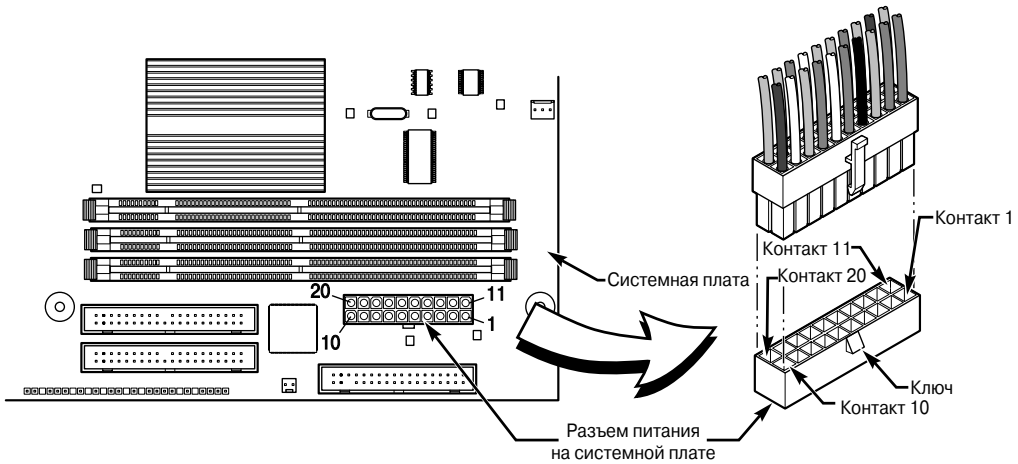


Рис. 18.19. 20-контактный соединитель ATX (вид в перспективе)

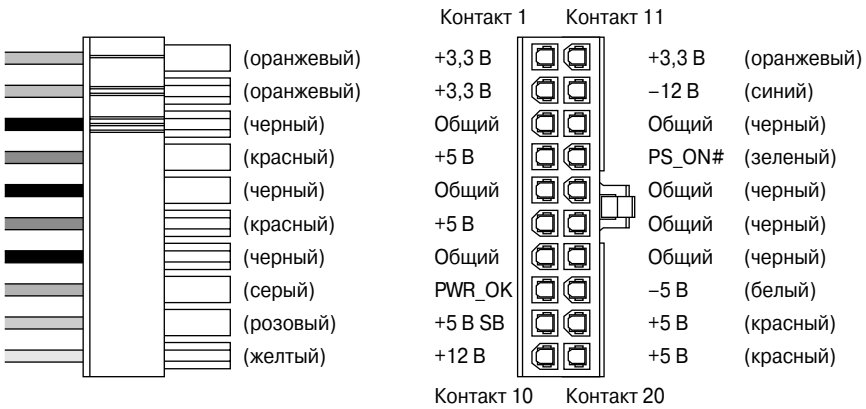


Рис. 18.20. 20-контактный разъем блока питания ATX/NLX (вид сбоку и со стороны разъема)

Таблица 18.5. Разъем блока питания ATX

Цвет	Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал	Цвет
Оранжевый	+3,3 В	11[1]	1	+3,3 В	Оранжевый
Синий	-12 В	12	2	+3,3 В	Оранжевый
Черный	Общий	13	3	Общий	Черный
Зеленый	PS_On	14	4	+5 В	Красный
Черный	Общий	15	5	Общий	Черный
Черный	Общий	16	6	+5 В	Красный
Черный	Общий	17	7	Общий	Черный
Белый	-5 В	18[2]	8	Power_Good	Серый

Окончание табл. 18.5

Цвет	Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал	Цвет
Красный	+5 В	19	9	5v_Stby	Розовый
Красный	+5 В	20	10	+12 В	Желтый

1. Может содержать второй оранжевый или коричневый провод, который используется для регулирования блоком питания цепи с напряжением 3,3 В.

2. Контакт 18 может не использоваться в некоторых современных моделях блоков питания или системных платах, так как сигнал –5 В исключен из спецификации ATX12V 1.3 и более поздних версий. Подобные блоки питания не следует использовать совместно со старыми системными платами, содержащими шину ISA.

Примечание

Обратите внимание на то, что блок ATX вырабатывает несколько сигналов, которых раньше не было, например +3,3 В, Power_On и 5v_Standby. Поэтому приспособить стандартный (или узкопрофильный) блок питания Slimline для работы в системе ATX весьма сложно, несмотря на то, что внешне они одинаковы.

Как уже отмечалось, ATX был создан на основе устаревшего стандарта LPX. Поэтому для подключения блока питания формфактора ATX к системной плате Baby-AT можно воспользоваться специальным адаптером. Поставкой адаптеров этого типа занимается компания PC Power and Cooling (`www.pcpower.com`).

Один из наиболее важных вопросов, касающихся соединителей блока питания, — возможность подать необходимую мощность на системную плату без перегрева. Блок питания мощностью 500 Вт окажется бесполезным, если уже при 250 Вт соединители начнут плавиться. Если говорить об определенных соединителях, то для них задается максимально допустимое значение силы тока в амперах, которое они могут выдержать при нагреве не выше 30°C (85°F) и температуре окружающей среды 22°C (72°F). Другими словами, температура терминалов не должна превышать 52°C (157°F). Поскольку внутри системного блока температура составляет 40°C (104°F) и больше, при максимально допустимых значениях силы тока соединители могут разогреться до очень высоких температур.

Максимальная сила тока затем корректируется в соответствии с используемым количеством контактов в разъеме, так как необходимо принимать во внимание нагрев соседних терминалов. Например, 4-контактный разъем может допускать силу тока 8 А на канал, однако в случае 20-контактного разъема это значение уменьшается до 6 А на канал.

Все современные блоки питания формфактора ATX и более новых предполагают использование коннекторов Molex Mini-Fit Jr. в качестве основного и дополнительного соединителей. При этом они могут содержать от 4 до 24 контактов. Существуют три типа соединителей Molex: Standard, HCS и Plus HCS. Их характеристики представлены в табл. 18.6.

Таблица 18.6. Максимальная нагрузка для соединителей Molex Mini-Fit Jr.

Тип терминала Mini-Fit Jr. Type/Маркировка	2–3 контакта (А/контакт)	4–6 контактов (А/контакт)	7–10 контактов (А/контакт)	12–24 контакта (А/контакт)
Standard/5556	9	8	7	6
HCS/44476	12	11	10	9
Plus HCS/45750	12	12	12	11

Предполагается, что в соединителях Mini-Fit Jr. с 12–24 контактами используется кабель калибра 18 при стандартных температурных условиях.

Основной коннектор питания ATX может содержать 20 или 24 контакта, каждый из которых способен выдержать до 6 А. Для терминалов HCS это значение увеличивается до 9 А, а для терминалов Plus HCS — до 11 А. До марта 2005 года использовались стандартные терминалы, затем обязательным стало использование терминалов HCS. Если соединитель блока питания перегревается, можно улучшить его характеристики на 50%, установив терминал HCS или Plus HCS.

Подсчитав количество терминалов для каждого уровня напряжений, можно определить максимальную нагрузку, которую способен выдержать соединитель (табл. 18.7).

Таблица 18.7. Максимальная мощность, которую способен обеспечить 20 -контактный основной разъем питания

Линия, В	Количество контактов	При использовании стандартных терминалов, Вт	При использовании терминалов HCS, Вт	При использовании терминалов Plus HCS, Вт
+3,3	3	59,4	89,1	108,9
+5	4	120	180	220
+12	1	72	108	132
Общая мощность		251,4	377,1	460,9

Стандартные терминалы рассчитаны на силу тока не больше 6 А, терминалы HCS — на силу тока не больше 9 А, терминалы Plus HCS — на силу тока не больше 11 А.

Предполагается, что в соединителях Mini-Fit Jr. с 12–24 контактами используется кабель калибра 18 при стандартных температурных условиях.

Это означает, что суммарная мощность, обеспечиваемая при использовании стандартных терминалов, составляет всего 251 Вт, чего явно недостаточно для современной системы. При увеличении мощности выше этого значения соединитель просто перегреется. Вы должны прекрасно понимать, что вряд ли имеет смысл выпускать блок питания мощностью 400–500 Вт, если основной соединитель питания не может выдержать больше 251 Вт без перегрева. Это можно сравнить с автомобилем, способным ехать со скоростью 320 км/ч, в то время как резина на колесах может выдержать максимум 160 км/ч. Если не превышать эту скорость, все будет нормально, в противном случае возникнет масса проблем.

Именно поэтому официальные спецификации блоков питания были обновлены в марте 2005 года; обязательным требованием стало использование терминалов HCS, способных выдержать мощность, большую на 50%. При этом 20-контактный разъем может выдержать мощность 377 Вт, чего более чем достаточно для большинства систем.

6-контактный дополнительный разъем питания

С разработкой новых типов процессоров и системных плат возникла необходимость в дополнительном энергообеспечении устройств. В частности, наборы микросхем и модули памяти DIMM требуют напряжения питания +3,3 В, увеличивая тем самым текущую потребность в этом напряжении. Кроме того, многие платы включают в себя регуляторы напряжения, предназначенные для преобразования подаваемого напряжения компания +5 В в разные уровни напряжений, необходимые для работы процессора. В конечном счете возросшие потребности к выходным напряжениям +3,3 и +5 В привели к увеличению количества и размеров используемых проводов. Оплавленные разъемы и провода, заметно нагревающиеся во время работы, стали встречаться все чаще и чаще.

Чтобы справиться с этой проблемой, Intel изменила спецификацию ATX, добавив еще один силовой разъем, используемый для подключения системных плат ATX и различных устройств. Этот разъем предназначен для подвода дополнительного питания к системным платам, потребляющим электрический ток силой 18 А при напряжении +3,3 В или более 24 А при напряжении +5 В. Более высокие уровни напряжения требуются обычно в системах, использующих устройства, потребляемая мощность которых составляет 250–300 Вт и более.

Дополнительный 6-контактный разъем был добавлен в спецификации материнских плат ATX 2.02 и 2.03, а также в спецификацию ATX21V 1.x для блоков питания. Эти спецификации предназначены для систем, в которых сила тока по линии +3,3 В превышает 18 А, а по линии +5 В — 25 А (эти параметры характеризуют максимальные возможности основного разъема). Как правило, такие условия можно встретить в системах, потребляющих более 300 Вт. Дополнительный разъем, показанный на рис. 18.21, представляет собой 6-контактный разъем Molex-типа, похожий на один из силовых разъемов системной платы, используемых для подключения устройств AT/LPX.

Расположение выводов дополнительного разъема приведено в табл. 18.8.

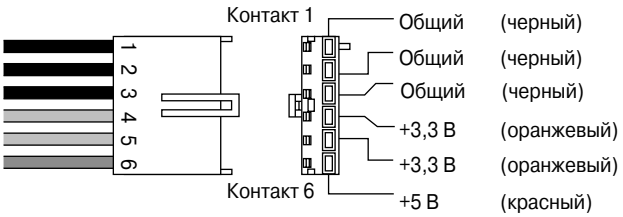


Рис. 18.21. Дополнительный разъем питания ATX

Таблица 18.8. Необязательный разъем блока питания типа Molex

Контакт	Сигнал	Цвет	Контакт	Сигнал, В	Цвет
1	Общий	Черный	4	+3,3	Оранжевый
2	Общий	Черный	5	+3,3	Оранжевый
3	Общий	Черный	6	+5	Красный

Каждый терминал в дополнительном разъеме питания выдерживает силу тока до 5 А, что меньше, чем в основном разъеме питания. Подсчитав количество терминалов на каждом уровне напряжения, можно определить, какую суммарную мощность может обеспечить разъем (табл. 18.9).

Таблица 18.9. Максимальная мощность, обеспечиваемая 6-контактным дополнительным разъемом питания

Напряжение, В	Количество контактов	Мощность, Вт
+ 3,3	2	33
+5	1	25
Общая мощность		58

Каждый терминал в дополнительном разъеме питания выдерживает силу тока до 5 А.
Предполагается использование стандартного кабеля калибра 18 при нормальных температурных условиях.

Это означает, что максимальная мощность для разъема составляет 58 Вт. Превышение этого значения может привести к перегреву.

Комбинирование 20-контактного основного и дополнительного разъемов позволяет подать на системную плату до 309 Вт.

Сначала лишь некоторые модели системных плат и блоков питания поддерживали данный разъем. При этом действовало простое правило: если системная плата оснащена дополнительным разъемом, им должен быть оснащен и блок питания, и наоборот. Если блок питания содержал дополнительный отвод, а материнская плата не имела соответствующего разъема, этот штекер оставался неподключенным.

Начиная с 2000 года системные платы и блоки питания стали оснащаться дополнительными разъемами питания иных типов, и постепенно 6-контактный дополнительный разъем исчез из современных компьютерных систем.

24-контактный основной разъем питания ATX12V 2.x

Начиная с июня 2004 года на системных платах стали появляться разъемы новой шины PCI Express. Это тип последовательной шины со стандартным разъемом, использующим для передачи данных один канал или линию. Подобные разъемы получили обозначение *x1* и предназначались для установки плат расширения, таких как сетевые и звуковые адаптеры и т.п. Однако были представлены разъемы, использующие большее количество линий (вплоть до 16) для обеспечения большей пропускной способности шины (они обозначаются как *x16*), что необходимо в первую очередь видеоадаптерам. Разработчикам было понятно, что видеоадаптеры PCI Express x16 способны потреблять гораздо больше мощности, чем могут обеспечить

20-контактный основной разъем питания и 6-контакный дополнительный разъем, особенно по линии с напряжением +12 В.

Проблема состояла в том, что 20-контактный основной разъем питания содержал всего один контакт с напряжением +12 В, в то время как для надежной работы видеоадаптеров требовалась большая мощность по каналу с напряжением +12 В. Добавленный ранее 4-контактный разъем обеспечивает питание процессора, однако для других устройств он недоступен. Вместо того чтобы придумывать еще один дополнительный разъем, было принято решение доработать уже существующий основной разъем питания таким образом, чтобы он обеспечил подачу на системную плату большей мощности.

Полученный разъем получил название ATX12V 2.0 и был представлен в феврале 2003 года. Спецификация ATX12V 2.0 содержала два ключевых изменения по сравнению со спецификациями ATX12V 1.x. Сюда относятся новый 24-контактный основной разъем, а также исключение 6-контактного дополнительного разъема питания. Новый 24-контактный разъем содержит 4 дополнительных контакта для подачи напряжений +3,3, +5 и +12 В, а также общего контакта. Дополнительные контакты не только обеспечили питание для видеоадаптеров PCI Express, потребляющих до 75 Вт, но также привели к тому, что полностью отпала необходимость в 6-контактном дополнительном разъеме. Схема 24-контактного разъема питания, который впервые появился на системных платах в середине 2004 года, приведена на рис. 18.22.

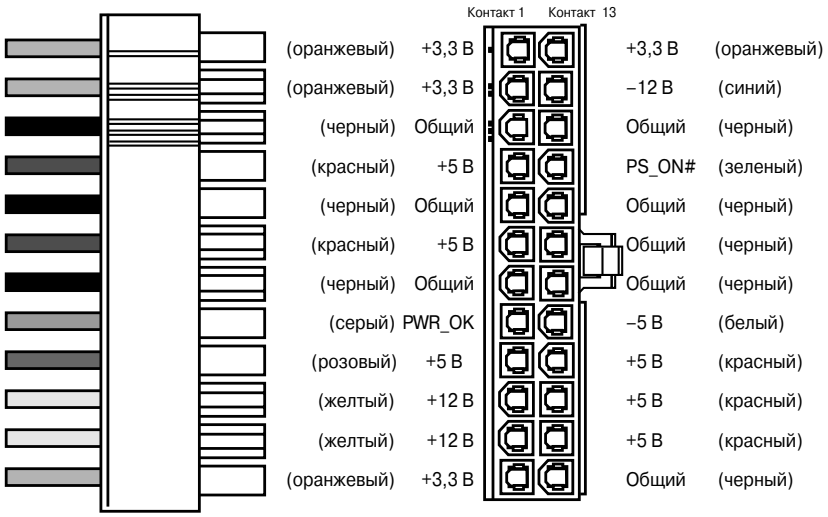


Рис. 18.22. 24-контактный основной разъем питания ATX12V 2.x

Примечание

Дополнительные контакты вводились в основной разъем питания для обеспечения достаточным энергоснабжением видеокарт с интерфейсом PCI Express. В то же время большинство видеокарт PCI Express x16 верхнего ценового диапазона потребляют мощность, большую, чем 75 Вт, которые могут быть поданы непосредственно по шине PCIe. Такие карты имеют собственные силовые разъемы, на которые напряжение подается из блока питания.

Глядя на рисунок, очень важно не забыть, что 13-й контакт может содержать второй оранжевый или коричневый провод для обеспечения обратной связи по каналу +3,3 В, необходимой для регулирования и контроля цепи с напряжением 3,3 В. Кроме того, 20-й контакт может не использоваться, так как напряжение –5 В было исключено из спецификации ATX12V 2.01 и более поздних версий. Блоки питания, в разъеме питания которых не используется 20-й контакт, не следует подключать к старым системным платам, содержащим разъемы ISA.

Интересно отметить тот факт, что 24-контактный разъем не такой уж и новый; впервые он был представлен в спецификации *EPS* (Entry Power Supply), разработанной группой SSI в 1998 году. SSI (`www.ssiforum.org`) — это рабочая группа, созданная для разработки стандартных интерфейсов серверных компонентов, в том числе блоков питания. 24-контактные разъемы впервые стали использоваться в серверах потому, что в то время дополнительная мощность была необходима только таким компьютерным системам. Энергопотребление современных настольных компьютеров порой выше энергопотребления серверов, выпускавшихся несколько лет назад, поэтому, вместо того, чтобы придумывать новый разъем, в спецификацию ATX12V 2.0 включили 24-контактный разъем, уже определенный стандартом SSI EPS.

По сравнению с 20-контактным вариантом 24-контактный основной разъем питания обеспечивает дополнительные терминалы +3,3, +5 и +12 В, что позволяет подать на системную плату бо́льшую мощность. Каждый терминал способен выдержать силу тока до 6 А. Подсчитав количество терминалов для каждого уровня напряжения, можно определить общую мощность, которую способен выдержать соединитель (табл. 18.10).

Таблица 18.10. Максимальная мощность, которую способен обеспечить 24 -контактный основной разъем питания

Линия, В	Количество контактов	При использовании стандартных терминалов, Вт	При использовании терминалов HCS, Вт	При использовании терминалов Plus HCS, Вт
+3,3	4	79,2	118,8	145,2
+5	5	150	225	275
+12	2	144	216	264
Общая мощность		373,2	559,8	684,2

Стандартные терминалы рассчитаны на силу тока не больше 6 А, терминалы HCS — на силу тока не больше 9 А, терминалы Plus HCS — на силу тока не больше 11 А при стандартных температурных условиях.

Предполагается, что в соединителях Mini-Fit Jr. с 12–24 контактами используется кабель калибра 18.

Это означает, что общая мощность, которую способен выдержать соединитель, составляет 373 Вт при использовании стандартных терминалов и 560 Вт при использовании терминалов HCS, что значительно больше, чем 251 Вт, характерные для 20-контактного разъема. Комбинация 24-контактного основного и 4-контактного дополнительного разъемов обеспечивает уже 565 Вт при использовании стандартных терминалов и целых 824 Вт при использовании терминалов HCS! Этого более чем достаточно для подключения представленных сегодня на рынке блоков питания, особенно если учесть, что они снабжают энергией также все дисковые устройства.

Разъем питания процессора

Питание к процессору подается от устройства, называемого *модулем регулятора напряжения* (VRM), который в настоящее время встраивается в большинство современных системных плат. Этот модуль считывает необходимые параметры потребляемой мощности процессора (обычно через выводы процессора) и соответствующим образом калибрует подаваемое напряжение. Конструкция регулятора напряжения позволяет подавать +5 или +12 В. В системе в основном используется напряжение +5 В, но многие компоненты в настоящее время переходят на +12 В, что связано с их энергопотреблением. Кроме того, напряжение 12 В используется, как правило, приводным электродвигателем, а все другие устройства потребляют напряжение 5 В. Величина напряжения, потребляемого модулем VRM (5 или 12 В), зависит от параметров используемой системной платы или конструкции регулятора. Современные интегральные схемы регуляторов напряжения предназначены для работы при входном напряжении от +4 до +36 В, поэтому их конфигурация всецело зависит от разработчика системной платы.

Например, мне однажды пришлось работать с компьютером, использующим системную плату SD-11 компании FIC (First International Computer) и содержащим регулятор напряжения Semtech SC1144ABCSW. Напряжение +5 В, потребляемое этой платой, преобразовывалось в более низкое напряжение, необходимое для работы процессора. В большинстве системных

плат для управления схемой регулятора напряжения используются микросхемы, поставляемые компаниями Semtech (www.semtech.com) и Linear Technology (www.linear.com). Для получения дополнительной информации об используемых микросхемах обратитесь на сайты этих компаний.

Системная плата FIC включала в себя процессор Athlon версии Cartridge (Model 2) с рабочей частотой 1 ГГц, который в соответствии со спецификациями AMD имеет максимальную мощность 65 Вт и номинальное потребляемое напряжение 1,8 В. Сила тока при этих параметрах равна 36,1 А (Вольт × Ампер = Ватт). В том случае, если регулятор использует подаваемое напряжение +5 В, мощность 65 Вт достигается только при силе тока 13 А. Это предполагает 100%-ную эффективность работы регулятора напряжения, что, к сожалению, невозможно. Таким образом, допуская, что производительность регулятора равна 80% (это стандартная величина), получаем фактическую силу тока, равную 16,25 А.

Предположив, что системная плата, а также платы ISA или PCI потребляют напряжение +5 В, можно заметить, насколько легко перегрузить 5-вольтные провода, соединяющие блок питания с системной платой.

Как правило, в системных платах, предназначенных для процессоров Pentium III и Athlon/Duron, используются 5-вольтные регуляторы напряжения. Несмотря на это, в последнее время возникла тенденция к переходу на регуляторы, потребляющие напряжение +12 В. Это связано с тем, что, используя более высокое напряжение, можно значительно уменьшить текущую нагрузку. Например, если использовать тот же 65-ваттный процессор AMD Athlon с рабочей частотой 1 ГГц, можно получить несколько уровней нагрузки при различных величинах потребляемого напряжения (табл. 18.11).

Таблица 18.11. Уровни нагрузки при различных напряжениях

Мощность, Вт	Напряжение, В	Сила тока, А	Сила тока (при эффективности регулятора 75%), А
65	1,8	36,1	---
65	3,3	19,7	26,3
65	5,0	13,0	17,3
65	12,0	5,4	7,2

Как видите, при использовании напряжения +12 В сила потребляемого тока достигает только 5,4 А, а с учетом 80%-ной эффективности регулятора напряжения — 6,8 А.

Таким образом, модификация схемы VRM системной платы, позволяющая использовать напряжение +12 В, представляется достаточно простой. К сожалению, стандартный блок питания ATX 2.03 содержит в основном силовом разъеме только один вывод с напряжением +12 В. Дополнительный разъем вообще не содержит выводов с напряжением +12 В, поэтому проку от него немного. Подача тока силой 8 А и более на системную плату, осуществляемая при напряжении +12 В через стандартный провод, может привести к повреждению разъема. Таким образом, возникла потребность в другом решении.

Рекомендации по совместимости платформ

Количество потребляемого тока через разъем с напряжением +12 В напрямую управляется процессором. Современные материнские платы поддерживают множество различных процессоров. Так как мощность, потребляемая процессорами, постоянно растет (особенно это относится к последним моделям), схема регулятора напряжения часто не способна удовлетворить требования всех процессоров, конструктивно подходящих для установки. Во избежание возникновения проблем, связанных с электропитанием, компания Intel разработала стандарт *Platform Compatibility Guide* (PCG), определяющий разные уровни совместимости процессоров и материнских плат. Индекс PCG наносится на упаковку процессоров и материнских плат. Такая маркировка облегчает поиск совместимых компонентов при сборке и модернизации системы.

Индекс PCG состоит из двух или трех буквенно-цифровых символов: первые две цифры соответствуют году выхода спецификации, а необязательная третья буква указывает на определенный сегмент рынка. Третий символ "A" в маркировке PCG указывает, что устройство предназначено для рынка малобюджетных систем (потребляющих меньшую мощность). Третий символ "B" указывает на принадлежность к сегменту рынка высокопроизводительных, дорогих систем (потребляющих большую мощность). К примеру, в материнскую плату со спецификацией 05B можно вставить процессор с индексом 05A. В то же время, если вставить процессор 05B в материнскую плату 05A, возникнут проблемы с энергообеспечением. Другими словами, процессор с более низкими требованиями всегда можно вставить в материнскую плату с более высокими, но не наоборот.

Индексы PCG были предназначены для материнских плат и процессоров, но по ним можно определить и минимальные требования к мощности блока питания. В табл. 18.12 приведены индексы PCG и требования к энергоснабжению, которые они описывают.

Таблица 18.12. Индексы PCG

Индекс PCG	Год появления	Сегмент рынка	Мощность процессора, Вт	Постоянный ток +12 В, А	Скачки тока +12 В, А
06	2006	Все	65	8	13
04A	2004	Дешевый	84	13	16,5
05A	2005	Дешевый	95	13	16,5
04B	2004	Дорогой	115	13	16,5
05B	2005	Дорогой	130	16	19

Блок питания должен выдерживать скачки тока продолжительностью не менее 10 мс.

Блок питания, обеспечивающий подачу необходимого тока на разъем +12 В, обеспечит бесперебойную работу системы.

4-контактный разъем питания процессора

Для повышения энергообеспечения системных плат в Intel была создана новая спецификация блоков питания ATX12V. Результатом этого стал новый силовой разъем, предназначенный для подачи на системную плату дополнительного напряжения +12 В. Этот разъем является обязательным для всех блоков питания ATX12V и представляет собой разъем Molex Mini-Fit Jr. с контактами-"мамами".

Этот разъем имеет два силовых вывода с напряжением +12 В, каждый на 8 А, что позволяет предоставить дополнительное напряжение +12 В с максимальной силой тока до 16 А; в комбинации с 20-контактным основным разъемом обеспечивается максимальная сила тока 22 А по линии с напряжением +12 В. Четырехконтактный разъем ATX12V представлен на рис. 18.23.

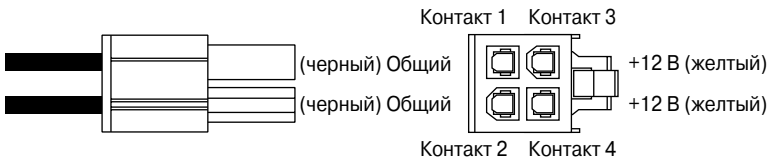


Рис. 18.23. Разъем питания ATX12V

Назначение выводов разъема блока питания ATX12V приведено в табл. 18.13.

Таблица 18.13. Разъем блока питания ATX12V (вид со стороны проводов)

Цвет	Сигнал, В	Контакт	Контакт	Сигнал	Цвет
Желтый	+12	3	1	Общий	Черный
Желтый	+12	4	2	Общий	Черный

При использовании стандартных терминалов каждый соединитель с напряжением +12 В может выдержать до 8 А. При использовании терминалов HCS это значение увеличивается до 11 А, а при использовании терминалов Plus HCS — до 12 А. Хотя при этом используется та же конструкция и такие же терминалы, что и в основном разъеме питания, допустимая сила тока оказывается больше, так как в данном случае количество контактов гораздо меньше (4 вместо 20). Подсчитав количество терминалов для каждого уровня напряжений, можно определить общую мощность, которую способен выдержать разъем (табл. 18.14).

Таблица 18.14. Максимальная мощность для 4-контактного дополнительного разъема питания

Линия, В	Количество контактов	При использовании стандартных терминалов, Вт	При использовании терминалов HCS, Вт	При использовании терминалов Plus HCS, Вт
+12	2	192	264	288

Стандартные терминалы рассчитаны на силу тока не больше 8 А, терминалы HCS — на силу тока не больше 11 А, терминалы Plus HCS — на силу тока не больше 12 А.

Предполагается, что в соединителях Mini-Fit Jr. с 4–6 контактами используется кабель калибра 18.

Это означает, что при использовании стандартных терминалов этот соединитель способен обеспечить 192 Вт, доступных для процессора и потребляемых исключительно им. Увеличение мощности приведет к перегреву соединителя, если только не будут использованы терминалы HCS или Plus HCS.

Комбинация из 20-контактного основного и 4-контактного дополнительного разъемов обеспечивает максимальное значение подаваемой мощности до 443 Вт (при использовании стандартных терминалов). Важно отметить, что добавление разъема дополнительного питания процессора обеспечило поддержку блоков питания до 500 Вт без перегрева даже при использовании стандартных терминалов.

Адаптеры для 4-контактного дополнительного разъема

Если в систему, блок питания которой не имеет 4-контактного вывода для регулятора напряжения процессора, вставляется новая материнская плата, решение проблемы найти можно, однако оно имеет некоторые подводные камни. На рынке доступны адаптеры, преобразующие сигналы, поступающие с обычных периферийных разъемов, в сигналы для 4-контактного разъема питания процессора. Слабое место этого подхода в том, что стандартный периферийный терминал блока питания имеет всего одну линию с напряжением +12 В, в то время как в 4-контактном разъеме их две. Если с одной линии напряжением +12 В периферийного терминала подавать напряжение на обе линии 4-контактного разъема, могут возникнуть серьезные проблемы, связанные с недостаточной мощностью. Дело в том, что стандартные периферийные терминалы рассчитаны только на ток 11 А, в то время как каналы 4-контактного разъема — на 11 А каждый. Если процессор будет потреблять слишком большую мощность, контакты периферийного терминала могут оплавиться из-за перегрева. Таким образом, существующие адаптеры не удовлетворяют современным стандартам. Для иллюстрации проведем некоторые вычисления. Предположим, что эффективность регулятора напряжения системной платы составляет 80% и процессор потребляет мощность 105 Вт. При этих условиях подаваемый ток равен примерно 11 А, что близко к абсолютному пределу, допустимому в соединении. Так как большинство процессоров иногда потребляют мощность, которая больше номинальной, я бы не рисковал использовать адаптеры с процессорами, мощность которых превышает 75 Вт (что исключает из рассмотрения все процессоры среднего и высокого классов, а также многоядерные). Пример адаптера между периферийным терминалом блока питания и 4-контактным дополнительным разъемом материнской платы показан на рис. 18.24.

8-контактный разъем питания процессора

Некоторые высокопроизводительные системы иногда используют несколько регуляторов напряжения для подачи питания на процессор. Распределение нагрузки между двумя регуля-

торами напряжения приводит к использованию двух 4-контактных дополнительных разъемов с напряжением +12 В, которые физически объединяются в один 8-контактный (рис. 18.25). Этот тип разъемов впервые был определен в спецификации EPS12V версии 1.6, вышедшей в 2000 году. Эта спецификация предназначалась для серверов, однако все повышающиеся требования обычных ПК к мощности процессора привели к ее распространению и на материнские платы ПК.

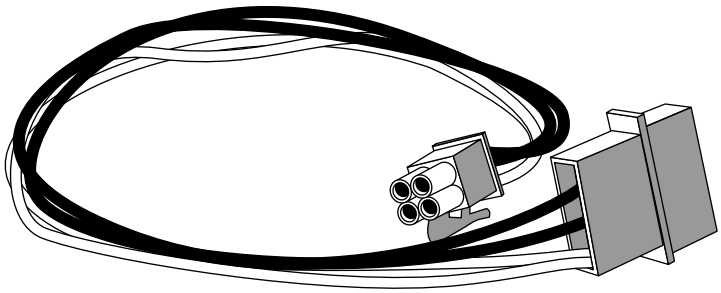


Рис. 18.24. Адаптер, соединяющий периферийный терминал блока питания и 4-контактный дополнительный разъем материнской платы

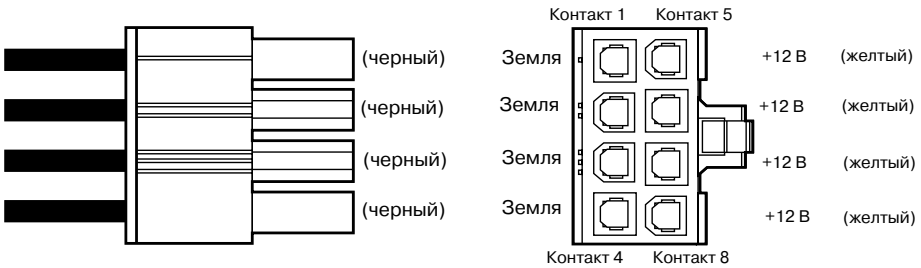


Рис. 18.25. 8-контактный разъем питания процессора; вид сбоку и со стороны терминала

Назначение выводов 8-контактного разъема питания процессора приведено в табл. 18.15.

Таблица 18.15. Назначение выводов 8-контактного разъема питания процессора

Цвет	Сигнал, В	Контакт	Контакт	Сигнал	Цвет
Желтый	+12	5	1	Общий	Черный
Желтый	+12	6	2	Общий	Черный
Желтый	+12	7	3	Общий	Черный
Желтый	+12	8	4	Общий	Черный

Материнские платы, оснащенные 8-контактным разъемом питания процессора, должны получать сигналы на все 8 выводов, в противном случае регуляторы напряжения не будут функционировать должным образом. Несмотря на то что в этот разъем можно вставить и один 4-контактный терминал с напряжением +12 В, в таком случае питание будет подаваться только на половину регуляторов напряжения, что приведет к повреждению материнской платы и/или процессора. Если материнская плата содержит 8-контактный силовой разъем, следует либо приобрести блок питания с соответствующим терминалом, либо при подключении 4-контактного терминала использовать специальный адаптер, распределяющий подаваемые сигналы на все 8 контактов разъема.

Адаптеры для 8-контактного разъема питания процессора

Если в блоке питания отсутствует вывод с 8-контактным терминалом, можно воспользоваться адаптером, преобразующим сигналы 4-контактного терминала в сигналы 8-контактного разъема. Пример такого адаптера показан на рис. 18.26.

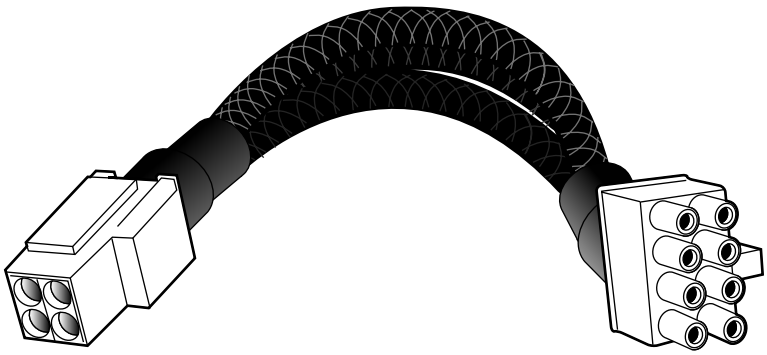


Рис. 18.26. Адаптер, соединяющий 4-контактный терминал блока питания и 8-контактный разъем материнской платы

Доступны и прямо противоположные адаптеры — преобразующие сигналы 8-контактного терминала в сигналы 4-контактного разъема материнской платы. Однако чаще всего они излишни, так как в данном случае достаточно сместить положение терминала так, чтобы использовать в нем только первые (или последние) четыре линии. В то же время могут возникнуть ситуации, когда смещение терминала невозможно ввиду наличия рядом других компонентов материнской платы. В данном случае адаптер действительно необходим.

Совместимость с существующими и будущими решениями

Если вы дочитали главу до этого раздела, я уверен, что у вас возник ряд вопросов. Например, как быть в том случае, если вы приобрели блок питания с 24-контактным соединителем питания, а системная плата оснащена 20-контактным разъемом? Или как быть, если блок питания оснащен 20-контактным соединителем питания, а системная плата — 24-конктным разъемом? Ответы на эти вопросы могут вас удивить.

Прежде всего позвольте отметить, что существуют адаптеры, позволяющие преобразовать 24-контактный соединитель в 20-контактный, однако подобные переходники не очень нужны; можно сказать, что их использование даже нежелательно. Дело в том, что все соединители, блоки питания и разъемы на системных платах проектировались с учетом необходимости обеспечения совместимости.

Если сравнить схемы 24- и 20-контактного соединителей, можно увидеть, что новый тип соединителя на самом деле представляет собой старый тип, с одной стороны которого добавили еще четыре контакта. А значит, можно говорить об обратной совместимости. Поэтому 24-контактный соединитель можно вставить в 20-контакный разъем и наоборот, причем без использования каких-либо переходников! Вставить соединитель нужно так, чтобы дополнительные четыре контакта оказались “лишними”.

На рис. 18.27 показано, каким образом можно вставить 24-контактный соединитель от блока питания в 20-контактный разъем на системной плате. Терминалы 24-контактного соединителя, выделенные серым цветом, вставляются в 20-контактный разъем, а терминалы белого цвета остаются свободными.

Логически подобное подключение возможно, так как первые двадцать контактов 24-контактного соединителя совпадают с контактами 20-контактного разъема, а значит, все сигналы передаются корректно. Единственная проблема может быть связана с тем, что какие-то ком-

поненты на системной плате могут располагаться слишком близко к разъему, а значит, могут мешать неиспользуемым терминалам 24-контактного соединителя.

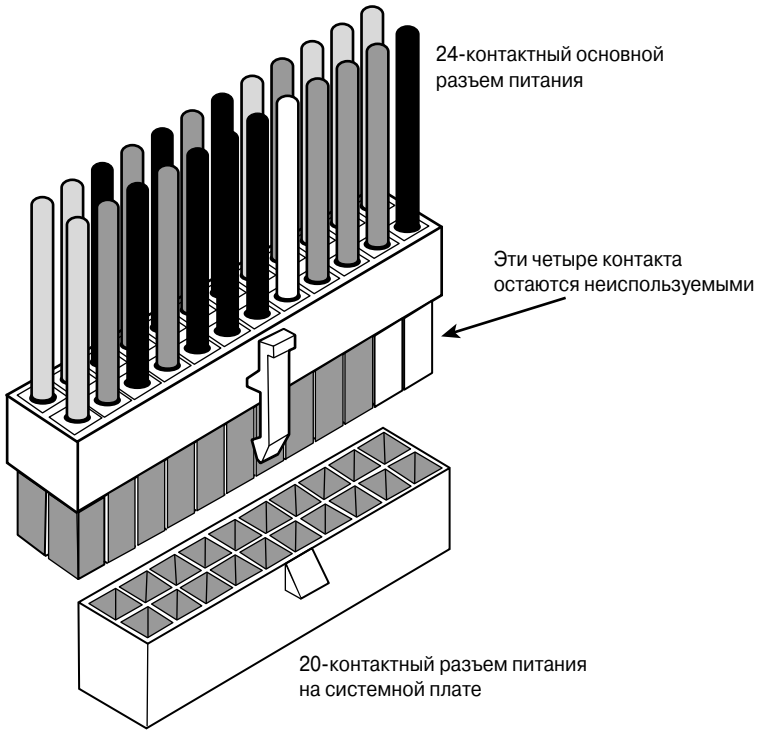


Рис. 18.27. Подключение 24-контактного соединителя от блока питания к 20-контактному разъему на системной плате

А как поступать в ситуации, когда системная плата оснащена 24-контактным разъемом, а блок питания — 20-контактным штекером? В данном случае неподключенными остаются четыре терминала в разъеме на системной плате. Поскольку назначение первых двадцати контактов совпадает, данная схема подключения срабатывает. Однако возникает еще один вопрос: будет ли системная плата корректно функционировать, если на часть контактов разъема питания не подается напряжение? Поскольку данные контакты дублируют другие, уже присутствующие в остальной части разъема, ответ вроде бы положительный, но если системная плата потребляет много энергии, то оставшиеся контакты могут оказаться перегруженными. В конце концов, дополнительные контакты были добавлены именно для того, чтобы избежать подобных перегрузок.

Все системные платы с 24-контактным разъемом, которые мне приходилось видеть, также содержали дополнительный разъем питания периферийных устройств (таких, как жесткий диск), который способен обеспечить дополнительное питание в том случае, если блок питания оснащен 20-контактным соединителем. В документации к системной плате данный разъем питания часто называют *альтернативным*. На рис. 18.28 показана системная плата Intel D925XBC, которая содержит 24-контактный основной разъем, 4-контактный разъем с напряжением +12 В, а также 4-контактный дополнительный разъем.

Независимо от того, используется ли 20- или 24-контактный соединитель, дополнительный разъем питания с напряжением +12 В все равно необходим, так как он обеспечивает питание процессора. Если 24-контактный штекер вставлен в 24-контактный разъем, в альтернатив-

ном разъеме питания необходимости нет. Если же 20-контактный штекер вставлен в 24-контактный разъем, также подключите соединитель питания периферийных устройств в альтернативный разъем питания. Чаще всего блоки питания содержат достаточное количество соединительных разъемов. Использование 20-контактного основного соединителя и альтернативного разъема питания оказывается достаточным решением для любой системы, даже оснащенной видеоадаптером PCI Express x16, потребляющим мощность до 75 Вт.

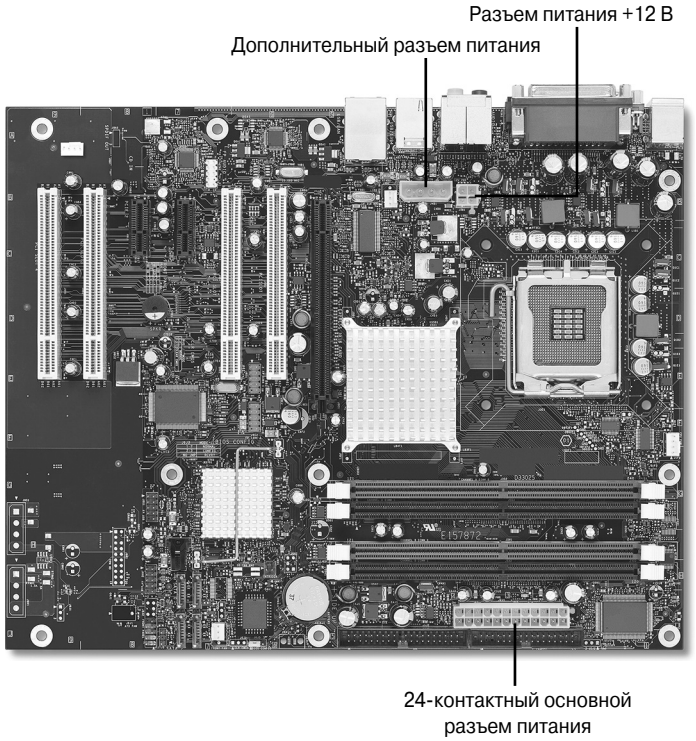


Рис. 18.28. Разъемы питания, доступные на системной плате Intel D925XBC

Нельзя не отметить тот факт, что соединители необходимо вставлять в разъемы строго определенным образом, не переворачивая их и не смещая. Основной соединитель, отвод с напряжением +12 В, а также штекер для подключения видеоадаптера PCI Express имеют тип Molex Mini-Fit Jr., который предполагает наличие специальных ключей, предотвращающих неправильную вставку штекера в разъем. Расположение ключей на штекерах строго согласовано с положением соответствующих им ключей на разъемах. Однако в случае некачественных разъемов или штекеров некорректное подключение все же возможно. Боле того, приложив чрезмерное усилие, можно неправильно вставить даже качественный штекер в качественный разъем. 20-контактный штекер можно вставить в 24-контактный разъем, и наоборот, и при этом точное согласование ключей может оказаться невозможным, а значит, необходимо быть предельно внимательным, чтобы все сделать правильно.

Собственная (нестандартная) конструкция ATX компании Dell

Если вам посчастливилось приобрести настольный компьютер, выпущенный компанией Dell в 1996–2000 годах, уделите особое внимание этому разделу. Здесь речь идет о потенциальных опасностях, ожидающих ничего не подозревающего владельца компьютера Dell, решившего модернизировать системную плату или блок питания. Скрытые опасности могут

привести к повреждению системной платы, блока питания или обоих компонентов сразу! Раз вы уже насторожились, я начну...

Слушатели моих семинаров и читатели предыдущих изданий этой книги знают, что долгое время я был приверженцем промышленно-стандартных систем и компонентов и даже не помышлял о приобретении настольного компьютера, содержащего нестандартную системную плату, блок питания или корпус (как, например, ATX). Я шел своей дорогой, не обращая внимания на системы, созданные в Packard Bell, Compaq, IBM и других компаниях, использующих специальные, уникальные и собственные компоненты. Однажды в начале 1990-х годов, утратив на мгновение здравый смысл, я приобрел компьютер компании Packard Bell. Когда существующие возможности системы быстро исчерпались, пришла пора модернизации системной платы и установки более быстрого процессора. К моему ужасу, системы LPX оказались совершенно нестандартными. Кроме того, различия в конструкциях привели к тому, что системные платы, платы расширения, корпус и блок питания не подлежали замене. Я получил то, что в настоящее время отношу к разряду "одноразовых ПК", т.е. систему, которую нельзя модернизировать, а можно только выбросить. Те деньги, которые, как мне казалось, были сэкономлены при покупке этой системы, оказались сущей мелочью по сравнению с затратами на полную замену ее компонентов. Это был первый урок.

Мне пришлось пережить еще несколько экспериментов, подобных этому, после чего я зарекся покупать системы, содержащие какие-либо нестандартные компоненты. Покупая систему, состоящую исключительно из стандартизированных комплектующих, можно без труда ее ремонтировать, модернизировать и обслуживать долгие годы. С тех пор на своих семинарах и в данной книге я пропагандирую использование только таких компонентов, которые поддерживают промышленные стандарты.

Формирование собственной системы из отдельных деталей является одним из способов избежать использования компонентов закрытых стандартов, но обычно этот способ оказывается более длительным и дорогостоящим, чем приобретение уже собранной системы. Какую же систему можно порекомендовать пользователям, желающим приобрести недорогой компьютер, собранный из стандартных компонентов и позволяющий относительно недорого его модернизировать или ремонтировать? Существует множество производителей и сборщиков систем, но раньше я отдавал предпочтение таким компаниям, как Gateway, Micron и Dell. Эти компании действительно являются наиболее крупными производителями и обычно продают компьютеры, использующие компоненты стандартного формфактора ATX практически во всех основных типах настольных систем.

Однако в сентябре 1998 года компания Dell покинула лагерь сторонников промышленной стандартизации и начала использовать модифицированные системные платы Intel формфактора ATX, имеющие силовые разъемы с уникальной разводкой. В результате пришлось создавать отличные от всех блоки питания, повторяющие нестандартную разводку разъемов питания системной платы.

Наибольший "сюрприз" кроется не в использовании нестандартных разъемов питания, а в том, что нестандартной является только схема расположения выводов; во всем остальном они практически не отличаются от "настоящих" разъемов ATX. Таким образом, нестандартный блок питания Dell можно запросто подключить к новой системной плате ATX, установленной в корпусе Dell, при модернизации компьютера (или подключить стандартный блок питания ATX к установленной системной плате Dell). Сочетание новой платы ATX с блоком питания Dell или нового блока питания ATX с существующей платой Dell является не более чем экзотическим способом приготовления кремниевого торта из материнской платы. Странно, не правда ли?

На мировом рынке ПК компания Dell занимает второе место по объему продаж после Compaq, поэтому меня особенно поразило то, что я ранее ничего не слышал о такой проблеме. Именно это подтолкнуло меня к решению обнародовать полученную информацию, чтобы уберечь тысячи "невинных" системных плат и блоков питания от преждевременной кончины.

Если вы оказались жертвой роковых обстоятельств, позвольте мне разделить вашу боль. Я тоже столкнулся с жестокой действительностью, потеряв свой блок питания в огне пожара. Вначале я пришел к мысли о неисправности нового блока питания, установленного в один из компьютеров Dell и загоревшегося при включении системы. Видели бы вы эти языки пламени, вырывающиеся через отверстия в корпусе! Вторую систему Dell спасло только то, что я решил проверить с помощью вольтметра цветовые коды разъемов блока питания перед его установкой. К счастью, огонь не перекинулся с блока питания на системную плату; думаю, что блок питания просто очень быстро сгорел и, жертвуя собой, спас системную плату. Вы можете оказаться не столь удачливым и потерять плату вместе с блоком питания.

Это может показаться странным, но я никогда раньше не думал о том, что мне придется перед установкой нового источника питания или системной платы сверять цветовую кодировку проводов или использовать вольтметр для проверки схемы расположения выводов блока питания "псевдоATX", созданного в компании Dell. Кстати, производители системных плат и блоков питания вряд ли заменят находящиеся на гарантии компоненты, которые сгорели из-за нестандартной разводки проводов.

Сама компания Dell объяснила несоответствие стандарту ATX тем, что в середине 1990-х годов стали более широко использоваться компоненты с напряжением питания +3,3 В, и в результате роста суммарной потребляемой мощности этого шинопровода инженеры Dell разработали свою конструкцию разъема, более стойкого к повышенному току. Все это объяснение не выдерживает никакой критики. Дело в том, что стандартом ATX предусмотрены три контакта с напряжением +3,3 В, что позволяет передавать ток силой до 18 А. К тому же в дополнительный разъем было добавлено еще два контакта, обеспечивающих передачу 10 А тока. Нестандартное конструктивное решение, предложенное Dell, имело только три дополнительных разъема с напряжением 3,3 В, обеспечивавших ток до 15 А. Как видите, даже основной разъем стандарта ATX обеспечивает подачу большего тока на материнскую плату, чем два разъема нестандартной архитектуры Dell.

Мне кажется, что единственная причина использования нестандартной конструкции кроется в стремлении "привязать" пользователей к системным платам и блокам питания производства компании Dell. Это положение усугубляется тем, что в собственных системах Dell используются практически все платы Intel. Один из компьютеров Dell, например, создан на основе системной платы Intel D815EEA, используемой многими поставщиками, к числу которых относятся Gateway, Micron и другие компании. Системная плата компьютеров Dell отличается только нестандартной разводкой силового разъема. В системах других производителей используются практически те же платы Intel со стандартными разъемами питания.

Схема расположения выводов основного и дополнительного разъемов блока питания Dell приведена в табл. 18.16-18.17. Нестандартная разводка этих разъемов используется в системах Dell стандарта "псевдоATX".

Таблица 18.16. Схема расположения выводов нестандартного основного разъема питания Dell

Цвет	Сигнал	Контакт	Контакт	Сигнал	Цвет
Серый	PS_On	11	1	+5 В	Красный
Черный	Общий	12	2	Общий	Черный
Черный	Общий	13	3	+5 В	Красный
Черный	Общий	14	4	Общий	Черный
Белый	–5 В	15	5	Power_Good	Оранжевый
Красный	+5 В	16	6	+5В SB (standby)	Розовый
Красный	+5 В	17	7	+12 В	Желтый
Красный	+5 В	18	8	–12 В	Синий
Ключ (отсутствует)	---	19	9	Общий	Черный
Красный	+5 В	20	10	Общий	Черный

Таблица 18.17. Схема расположения выводов нестандартного дополнительного разъема питания Dell

Контакт	Сигнал	Цвет	Контакт	Сигнал, В	Цвет
1	Общий	Черный	4	+3,3	Синий/Белый
2	Общий	Черный	5	+3,3	Синий/Белый
3	Общий	Черный	6	+3,3	Синий/Белый

Я предполагал, что если мне удастся извлечь клеммы с подсоединенными проводами из разъема и переставить их в соответствующем порядке, то это даст возможность использовать блок питания Dell с обновленной системной платой ATX. К сожалению, ничего не вышло. Если вы сравните схему расположения выводов основного и дополнительного разъемов Dell со стандартной схемой ATX, то обнаружите, что изменилось не только расположение контактов, но и количество клемм, используемых для подвода определенного напряжения или заземления. Для того чтобы использовать блок питания Dell вместе со стандартной платой ATX или стандартный блок питания ATX с системной платой Dell, придется не только изменить расположение клемм, но и какие-то провода отрезать, а какие-то, наоборот, срастить. Поверьте мне: это пустая трата сил и времени.

В следующих моделях компьютерных систем Dell используются нестандартные силовые разъемы:

- Dimension 2100, 4100, B1000R, L Series, V350, V400, XPS B Series, XPS Dxxx, XPS Mxxx, XPS;
- P133c MT, XPS Pro 180n, XPS Rxxx, XPS Txxx;
- OptiPlex G1, GX1, GX110, GX115, GX300, GXa, Gxi;
- Power Edge 2100, 2200;
- Precision Workstation 210, 400.

В том случае, если вы все же решили модернизировать нестандартный компьютер Dell, постарайтесь одновременно заменить и системную плату, и блок питания стандартными. Таким образом, вы не только сохраните систему в целости и сохранности, но и сможете перейти к стандартным системным компонентам ATX. Для того чтобы заменить только системную плату Dell, следует обратиться к ее производителю. Если же нужно заменить один блок питания, то дела не так уж и плохи. В настоящее время компания PC Power and Cooling (`www.pcpower.com`) поставляет высокоэффективный блок питания ATX, имеющий модифицированную разводку Dell. Этот блок питания внешне практически не отличается от стандартного блока ATX; изменилось только количество и расположение проводов.

К счастью, начиная с 2000 года компания Dell перешла на использование стандартных индустриальных разъемов ATX в моделях Dimension 4300, 4400, 8200 и более новых. За исключением каких-то непредвиденных обстоятельств это означает, что в системах можно отдельно заменить как блок питания, так и системную плату.

К сожалению, некоторые из новейших систем Dell XPS используют блоки питания собственного формфактора, что исключает возможность модернизации блока питания стандартным блоком в будущем. Другими словами, независимо от того, какую систему вы приобретаете, рекомендую отдавать предпочтение решениям, в которых используются только стандартные блоки питания, как по форме, так и по разводке кабелей.

Дополнительные разъемы питания

Кроме разъемов, предназначенных для подключения системной платы, блоки питания содержат ряд силовых разъемов для подключения различных периферийных устройств, начиная с дисковых накопителей и заканчивая внутренним вентилятором охлаждения. Рассмотрим типы разъемов питания подробнее.

Разъемы питания периферийных устройств

Возможно, наиболее распространенным дополнительным разъемом является *разъем питания периферийных устройств*, который часто называют *разъемом питания дисковых устройств*. Данный разъем был разработан компанией AMP в рамках коммерческой серии MATE-N-LOK.

Чтобы отыскать вывод 1, внимательно осмотрите разъем: обычно номер указан на пластмассовом корпусе, но он бывает настолько маленьким, что его трудно разглядеть. Эти разъемы обычно имеют ключ, поэтому их сложно вставить неправильно. На рис. 18.29 показан разъем питания периферийного устройства.

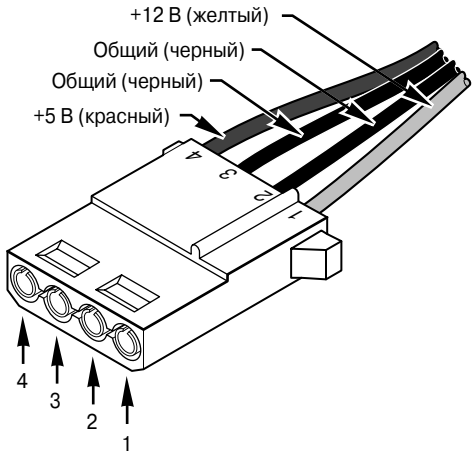


Рис. 18.29. Разъем питания периферийного устройства

Это единственный тип разъема, который остался неизменным во всех блоках питания для ПК, выпускавшихся со времен первых IBM PC. Чаще всего данный разъем применяется для подключения жестких дисков и оптических накопителей, однако его можно использовать и для обеспечения дополнительного питания системных плат, видеоадаптеров, вентиляторов охлаждения и любых других устройств, для питания которых необходимо напряжение +5 или +12 В.

Данный разъем имеет четыре контакта с круглыми терминалами, расположенных на расстоянии 0,2 дюйма друг от друга; при этом на каждый контакт можно подавать силу тока до 11 А. Поскольку один контакт относится к линии с напряжением +12 В, а второй — к линии +5 В (два остальных разъема общие), максимальная мощность, которую может обеспечить один разъем, составляет 187 Вт. Ширина разъема — 0,830 дюйма — позволяет подключать накопители и устройства достаточно большого размера.

Схема расположения выводов разъема питания периферийных устройств и цвета проводов представлены в табл. 18.18.

Таблица 18.18. Схема расположения выводов разъема питания периферийных устройств (большой силовой разъем)

Контакт	Сигнал	Цвет	Контакт	Сигнал	Цвет
1	+12 В	Желтый	3	Общий	Черный
2	Общий	Черный	4	+5 В	Красный

Разъем питания дисковода

Когда 3,5-дюймовые накопители на гибких магнитных дисках впервые появились в ПК в середине 1980-х годов, стало понятно, что необходимы разъемы питания меньших размеров. В результате появился привычный нам всем *разъем питания дисковода*, разработанный ком-

панией AMP в рамках серии EI (Economy Interconnection). Данные разъемы используются для подключения небольших устройств и содержат те же контакты с напряжениями +12, +5 В и два общих, что и разъем больших размеров. Контакты расположены на расстоянии 2,5 мм (0,098 дюйма) друг от друга, благодаря чему этот разъем в два раза меньше стандартного разъема питания периферийных устройств. Поскольку каждый контакт рассчитан на силу тока до 2 А, разъем может обеспечить мощность до 34 Вт.

Схема расположения выводов разъема питания дисковода и цвета проводов представлены в табл. 18.19.

Таблица 18.19. Схема расположения выводов разъема питания накопителя на 3,5-дюймовых гибких дисках

Контакт	Сигнал	Цвет	Контакт	Сигнал	Цвет
1	+5 В	Красный	3	Общий	Черный
2	Общий	Черный	4	+12 В	Желтый

Разъемы питания периферийных устройств и дисководов (рис. 18.30) стандартизированы в соответствии с назначением выводов и цветами проводов.

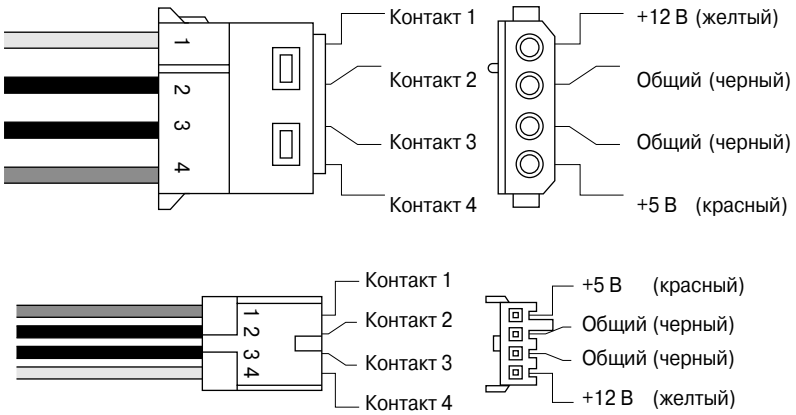


Рис. 18.30. Разъемы питания дисковых накопителей и периферийных устройств

Как видите, нумерация контактов относительно подаваемого напряжения штекера дисковода обратная, по сравнению со штекером для периферийных устройств, так что будьте внимательны при подключении или изготовлении переходника од одного типа разъема к другому. Если перепутать место расположения красного и желтого проводов, подключаемое устройство можно попросту сжечь.

Старые блоки питания оснащались только двумя отводами для подключения периферийных устройств, в то время как в современных блоках питания их не меньше четырех, а отводов для подключения дисководов — один или два. В зависимости от мощности и назначения некоторые блоки питания могут иметь до восьми и более штекеров подключения приводов и дисководов.

Чтобы подключить дополнительный дисковод, можно воспользоваться Y-образным кабелем-разветвителем (рис. 18.31) или переходным кабельным адаптером (рис. 18.32), предлагаемым сегодня на компьютерном рынке. Эти кабели позволяют использовать один силовой разъем для энергообеспечения двух дисководов и преобразовать большой периферийный разъем питания в силовой разъем меньшего размера, предназначенный для подключения накопителя на гибких дисках. При одновременном использовании нескольких Y-образных адаптеров убедитесь, что выходная мощность блока питания достаточна для поддержки такого количества устройств.

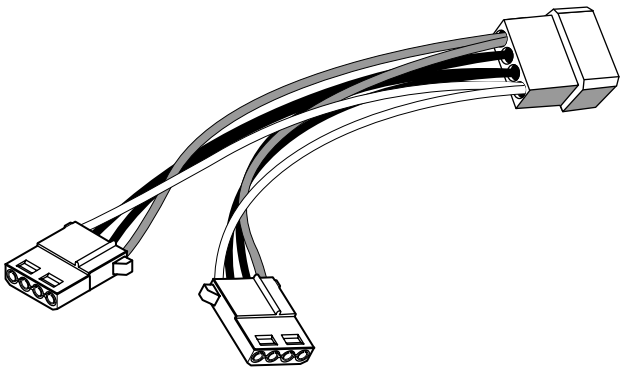


Рис. 18.31. Общий Y-образный кабельный адаптер

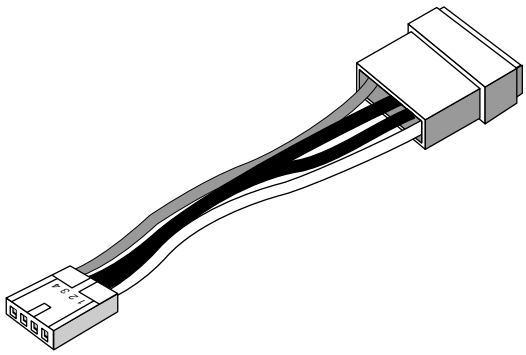


Рис. 18.32. Переходной кабельный адаптер "периферийное устройство–накопитель на гибких дисках"

Разъемы питания Serial ATA

Для того чтобы добавить в существующую систему накопитель Serial ATA, вам потребуется новый блок питания, на котором имеется специальный отвод со штекером SATA. Это специальный 15-контактный соединитель, содержащий пять проводов (к каждому из проводов подключено по три контакта). При этом ширина штекера SATA почти совпадает с шириной коннектора питания периферийных устройств, однако первый значительно тоньше. Все современные спецификации формфакторов блоков питания включают соединители питания SATA как обязательные. Штекер питания Serial ATA показан на рис. 18.33.

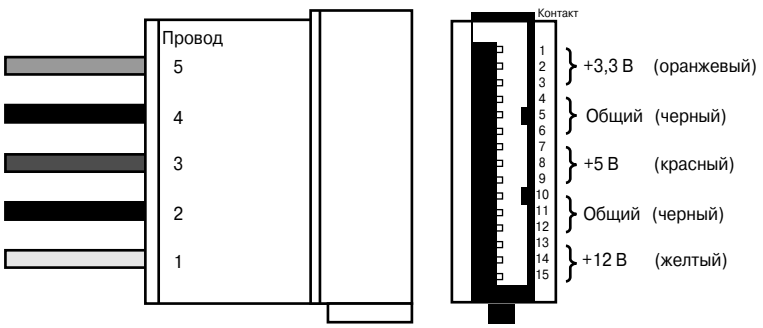


Рис. 18.33. Штекер кабеля питания Serial ATA

В штекере SATA каждый провод соединен с тремя контактами, причем прямой связи между нумерацией проводов и контактов нет, что может немного смущать.

Если блок питания не содержит соединители SATA, можно использовать адаптер, который позволяет превратить привычный штекер питания периферийных устройств в соединитель SATA. Подобные адаптеры не содержат линию с напряжением +3,3 В, однако это не составляет проблемы, так как большинство накопителей SATA обходятся напряжениями +12 и +5 В.

Переходник для преобразования сигналов разъема питания периферийных устройств в сигналы разъема питания устройств SATA представлен на рис. 18.34.

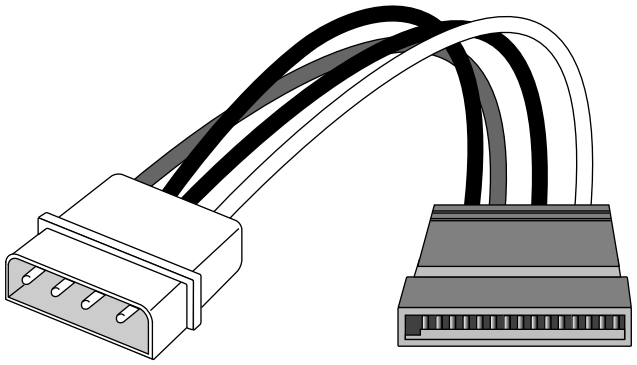


Рис. 18.34. Переходной кабельный адаптер для периферийных устройств SATA

Соединители PCI Express x16

Хотя спецификация ATX12V 2.x включает новый 24-контактный разъем питания, обеспечивающий большую мощность для таких устройств, как видеоадаптеры, при этом предполагается, что они потребляют не более 75 Вт. Однако уже сейчас существуют видеоадаптеры, которые потребляют значительно большую мощность. К примеру, NVIDIA GeForce GTX 295 потребляет 250 Вт, а будущие модели смогут потреблять еще больше. Системная плата не способна напрямую обеспечить питание более 75 Вт, поэтому рабочая группа PCI-SIG разработала стандарт, обеспечивающий подачу как минимум 150 Вт непосредственно на видеоадаптер от блока питания через специальный соединитель. Скорее всего, данный соединитель (разъем) будет включен в одну из будущих версий спецификации ATX12V.

Спецификация PCI Express x16 Graphics Power предполагает использование 6-контактного соединителя Molex Mini-Fit Jr. с терминалами-"мамами" для подачи электропитания непосредственно на видеоадаптер. Данный соединитель внешне похож на основной штекер питания и коннектор с напряжением +12 В. Схема контактов данного соединителя представлена на рис. 18.35.

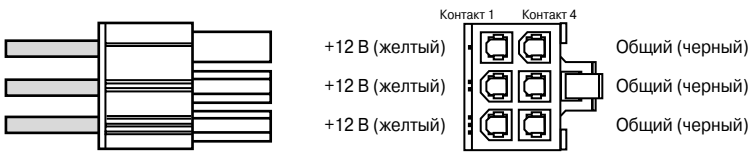


Рис. 18.35. Коннектор питания PCI Express x16 Graphics 150W

Контакт 2 в официальной спецификации указан как неиспользуемый. Большинство видеоадаптеров действительно его не использует, однако блоки питания подают на него напряжение +12 В. Восьмиконтактная версия этого разъема содержит дополнительную пару: +12 В/Общий.

Каждый контакт в разъеме способен выдержать до 8 А при использовании стандартных терминалов и до 11 А при использовании терминалов HCS. Подсчитав количество терминалов для каждого уровня напряжений, можно определить общую мощность, которую способен выдержать соединитель (табл. 18.20).

Таблица 18.20. Максимальная мощность, которую способен обеспечить разъем для подключения видеоадаптера PCI Express x16

Тип штекера	Линия, В	Количество контактов	При использовании стандартных терминалов, Вт	При использовании терминалов HCS, Вт	При использовании терминалов Plus HCS, Вт
6-контактный	+12	2	192	264	288
6-контактный	+12	3	288	396	432
8-контактный	+12	4	384	528	576

Официальный стандарт описывает только два контакта с напряжением +12 В, хотя большинство блоков питания обеспечивает три таких контакта.

Стандартные терминалы рассчитаны на силу тока не больше 8 А, терминалы HCS — на силу тока не больше 11 А, терминалы Plus HCS — на силу тока не больше 12 А.

Предполагается, что в соединителях Mini-Fit Jr. с 4–6 контактами используется кабель калибра 18.

Хотя согласно спецификации мощность составляет 150 Вт, реально максимальная мощность составляет 192 Вт при использовании стандартных терминалов или 264 Вт при использовании терминалов HCS. При наличии дополнительных терминалов HCS в 6- и 8-контактных версиях поддерживаемую мощность можно увеличить до 528 Вт. Этого более чем достаточно для самых мощных современных и будущих видеоадаптеров.

Данные соединители часто называются *SLI* или *CrossFire*, так как они используются с высокопроизводительными видеоадаптерами, поддерживающими технологии SLI и CrossFire. Эти технологии были разработаны компаниями NVIDIA и ATI с целью обеспечения совместной работы двух видеоадаптеров. При этом каждый из адаптеров поддерживает половину экрана, что существенно повышает производительность графической подсистемы. Большинство блоков питания, поддерживающих эти технологии, содержат два или четыре 6- или 8-контактных отвода для подключения к видеокартам. Как несложно подсчитать, если в системе используются две видеокарты, потребляющие 175 Вт каждая, а блок питания рассчитан на 500 Вт, на питание материнской платы и всех дисковых устройств остается всего 150 Вт. Учитывая, что мощные процессоры потребляют не меньше 130 Вт, такая мощность может оказаться недостаточной. Системы, в которых используются две и более видеокарты высокого класса, оснащаются блоками питания с повышенной мощностью. На рынке в настоящее время представлены блоки питания мощностью 1000 Вт и более.

Примечание

Компания NVIDIA запатентовала технологию *SLI* (Scalable Link Interface — интерфейс масштабируемых подключений), однако ее основной конкурент, компания ATI, также использует свою технологию объединения двух видеоадаптеров — CrossFire.

Если блок питания не содержит специальный разъем для подключения видеоадаптеров PCI Express x16, можно использовать Y-образный адаптер, который позволяет превратить два стандартных разъема питания периферийных устройств в один разъем для подключения видеоадаптеров PCI Express x16. Однако учтите, что ни один переходник не поможет, если блок питания не обеспечивает мощность, достаточную для всей системы.

Спецификации блоков питания

Блоки питания характеризуются параметрами потребляемой и отдаваемой мощности, а также другими рабочими параметрами. Рассмотрим стандартные спецификации блоков питания.

Нагрузка блоков питания

В персональных компьютерах используются *импульсные*, а не *линейные* блоки питания. В линейном блоке применяется большой встроенный трансформатор для формирования напряжений питания разной величины, а в импульсном — генератор высокой частоты для формирования различных напряжений питания. Импульсный блок имеет меньшие размеры, вес и энергопотребление. Линейные блоки питания имеют по меньшей мере три очевидных недостатка. Во-первых, выходное напряжение трансформатора линейно следует входному напряжению (отсюда и название), поэтому любые скачки переменного тока отражаются на выходном напряжении. Во-вторых, потребность ПК в большой мощности требует использования проводов большого сечения для трансформатора. И в-третьих, переменный ток с частотой 60/50 Гц трудно фильтровать внутри блока питания, т.е. необходимы большие и дорогие конденсаторы фильтра, а также стабилизаторы.

Импульсный блок питания, в свою очередь, характеризуется импульсной схемой, принимающей входящую энергию на относительно высокой частоте. Это позволяет использовать более легкие и дешевые высокочастотные трансформаторы. Кроме того, высокие частоты выходного напряжения гораздо проще фильтровать, а входное напряжение часто нестабильно. Изменение входного напряжения от 90 до 135 В все равно приводит к подаче нужного выходного напряжения, а многие импульсные блоки питания автоматически переключаются на входное напряжение 220 В.

Особенность импульсных блоков питания заключается в том, что они не работают *без нагрузки*, т.е. к источникам +5 В (+12 В) должны быть подключены какие-либо потребители энергии. Если поставить блок питания на стол, ничего к нему не подсоединив, и включить в сеть, то его либо отключит внутренняя схема защиты, либо он перегорит. Как правило, блоки питания защищены от работы без нагрузки и отключаются, но в некоторых дешевых моделях схема защиты отсутствует, и на холостом ходу они моментально выходят из строя.

Некоторые блоки питания предъявляют требования к минимальной нагрузке шинопроводов +4 и +12 В. Минимальная нагрузка, необходимая для обеспечения нормальной работы стандартного блока питания IBM AT мощностью 192 Вт, составляет для источника с напряжением +5 В — 7,0 А, для источника +12 В — 2,5 А. Пока системная плата подключена к блоку питания, регуляторы напряжения будут подавать напряжение +5 В для обеспечения постоянного питания схемы. В то же время напряжение +12 В обычно используется только двигателями (а не системной платой), а двигатели накопителей на гибких дисках и дисководов CD/DVD почти всегда выключены. Поскольку дисководы для гибких или оптических (CD/DVD) дисков не получают напряжение +12 В до тех пор, пока не начнут вращение диска, системы без жесткого диска могут испытывать определенные проблемы, так как шинопровод с напряжением +12 В не будет обеспечен достаточной нагрузкой.

Когда компания IBM решила выпускать компьютер AT без жесткого диска, ей пришлось подключить кабель питания к большому резистору с сопротивлением 5 Ом и мощностью рассеивания 50 Вт, смонтированному на небольшой стойке в том самом месте, где должен быть жесткий диск (в корпусе компьютера для этого даже были предусмотрены специальные отверстия).

Примечание

В середине 1980-х годов некоторые торговые фирмы закупали компьютеры AT без жестких дисков, а затем устанавливали в них накопители емкостью 20 или 30 Мбайт, приобретая их у других производителей по более низкой цене, чем у IBM. При этом нагрузочные резисторы выбрасывались сотнями. Мне тогда удалось подобрать пару штук (вот откуда стало известно, какие резисторы использовались для этих целей).

Резисторы включались между выводами 1 (+12 В) и 2 (Общий) разъема питания жесткого диска. Ток нагрузки 12-вольтного источника при этом был равен 2,4 А, мощность, рассеиваемая на резисторе, — 28,8 Вт (представляете, как он нагревался!), зато блок питания мог работать нормально. Если учесть, что вентиляторы в большинстве блоков питания потребляют

ток 0,1–0,25 А, общий ток нагрузки упомянутого источника составлял 2,5 А или чуть больше. Без нагрузочного резистора блок питания либо не запускается, либо работает неустойчиво.

Большинство современных блоков питания не требуют такой большой минимальной нагрузки, как первый блок питания IBM AT. Теперь по цепи с напряжением +3,3 В достаточно тока нагрузки от 0 до 0,3 А, по цепи +5 В — 2,0–4,0 А, а по цепи +12 В — 0,5–1,0 А. Почти все системные платы сами по себе достаточно хорошо нагружают 5-вольтный источник. Как уже не раз отмечалось, стандартный вентилятор потребляет от источника с напряжением +12 В ток 0,1–0,25 А. Обычно чем выше предельная мощность источника, тем выше минимально допустимая нагрузка, хотя бывают и исключения, так что всегда обращайте внимание на технические параметры блока питания.

В некоторых высококачественных блоках установлены нагрузочные резисторы. Эти блоки могут работать без внешней нагрузки. В большинстве дешевых моделей нагрузочные резисторы отсутствуют, поэтому для их работы необходима соответствующая нагрузка по цепям с напряжениеми +3,3, +5 и +12 В.

Чтобы проверить блок питания отдельно от компьютера, подключите нагрузку к выходам с напряжением +5 и +12 В. Лучше всего проверять блоки питания уже установленными в компьютер. Однако проверку можно выполнить и на месте; для этого лучше захватить с собой запасную материнскую плату и какой-либо дисковый накопитель, работающий от напряжения +12 В.

Мощность блоков питания

Большинство производителей компьютеров предоставляют техническую информацию о блоках питания. Ее можно найти в техническом руководстве, а также на этикетке, приклеенной к блоку. Если вы знаете название компании — производителя блока питания, обратитесь непосредственно к ней или на ее сайт.

Входные параметры измеряются в вольтах, а в качестве выходных приводятся токи нагрузки (в амперах) для разных номиналов выходного напряжения источника. Компания IBM обычно приводит в качестве выходного параметра мощность в ваттах. Если в документации к конкретному блоку указаны только токи нагрузки в амперах, преобразуйте их в выходную мощность в ваттах, используя простую формулу:

```
мощность (Вт) = напряжение (В) × ток (А).
```

Перемножив напряжения и токи по каждой выходной цепи и просуммировав результаты, можно получить общую (вычисленную) выходную мощность блока питания. Обратите внимание на то, что выходная мощность подсчитывается только на основе положительных сигналов напряжения; отрицательные сигналы Power_Good и другие не учитываются.

В табл. 18.21 приведены стандартные значения выходных параметров (мощности, напряжения и тока нагрузки) для систем различных конструкций. В табл. 18.21-18.22 приведены номинальные мощности по каждой цепи для блоков питания различной суммарной мощности, указанной производителем.

Таблица 18.21. Типичные параметры блоков питания не-ATX

Выходная мощность, Вт	100	150	200	250	300	375	450
Сила тока, А							
+5 В	10,0	15,0	20,0	25,0	32,0	35,0	45,0
-5 В	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	1,0
+12 В	3,5	5,5	8,0	10,0	10,0	13,0	15,0
–12 В	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	1,0
Вычисленная выходная мощность, Вт	92	141	196	245	280	331	405

Новые источники питания вырабатывают также напряжение +3,3 В. Параметры таких источников питания от компании PC Power and Cooling приведены в табл. 18.22.

Таблица 18.22. Мощность блоков питания ATX12V/EPS12V производства компании PC Power and Cooling

Модель	Silencer 370	Silencer 420	Silencer 500	Silencer 610	Silencer 750	Turbo-Cool 860	Silencer 910	Turbo-Cool 1200
Формфактор	ATX12V	ATX12V	EPS12V	EPS12V	EPS12V	EPS12V	EPS12V	EPS12V
+5 В	20	20	24	30	30	26	30	30
+12 В	27	30	35	49	60	64	74	100
–12 В	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
+3,3 В	20	20	24	24	24	22	24	24
+5VSB	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	4
Непрерывная мощность, Вт	370	420	500	610	750	860	910	1200
Пиковая мощность, Вт	410	460	550	670	825	930	1000	1400
Вычисленная суммарная мощность, Вт[1]	512	548	641	842	974	995	1142	1459

1. Вычисленная максимальная мощность является теоретической и подсчитана на основе максимального значения для напряжений +3,3, +5 и +12 В (т.е. при полной одновременной нагрузке). Практически все блоки питания ограничивают максимальное значение для комбинированных уровней напряжения +3,3 и +5 В, поэтому реальная максимальная мощность несколько меньше представленного в таблице максимального значения.

В большинстве совместимых блоков питания выходная мощность колеблется от 150 до 300 Вт. Блоки малой мощности непрактичны, и при желании можно заказать блок питания мощностью до 500 Вт, который будет вполне соответствовать насущным потребностям.

Блоки питания мощностью более 300 Вт предназначены для тех энтузиастов, которые "набивают до отказа" настольные системы всевозможными устройствами. Такие блоки питания способны обеспечить работу системной платы с любым набором адаптеров и множеством дисковых накопителей. Превысить паспортную мощность такого блока питания вряд ли удастся, поскольку в компьютере просто не останется места для новых устройств.

Как правило, блоки питания универсальны. Это значит, что их можно подключать к сети с напряжением 240 В, 50 Гц (подобная сеть существует как в Европе, так и во многих неевропейских странах). В большинстве блоков питания предусмотрено автоматическое переключение для работы с входным напряжением 120–240 В, но в некоторых из них с тыльной стороны необходимо установить переключатель в соответствии с номиналом напряжения сети (автоматические модули проверяют подводимое напряжение сети и переключаются самостоятельно).

Примечание

Энергетические компании Северной Америки должны подавать переменный ток с расщепленной фазой напряжением 240 В (±5%), что эквивалентно напряжению 120 В, подаваемому на каждую ветвь (фазу). Резистивное падение напряжения в электропроводке зданий приводит к тому, что на розетку, находящуюся в конце электрической цепи, подается пониженное напряжение, составляющее 220 или 110 В. По этой причине величина входного напряжения для устройств переменного тока должна находиться в пределах от 240 до 220 В или от 120 до 110 В. В этой книге используются величины 240/120 В, которые являются стандартными общепринятыми значениями.

Предупреждение

Если блок питания не поддерживает автоматическое переключение, проверьте правильность его настройки на напряжение сети. Если включить в сеть на 110 В блок питания, который настроен на 220 В, ничего страшного не произойдет, но работать блок питания не будет. Если же напряжение в сети — 220 В, а переключатель установлен в положение 110 В, при включении блок питания может выйти из строя.

Другие параметры блоков питания

Качество блоков питания определяется не только выходной мощностью. На протяжении нескольких лет мы работали с разными системами. Опыт показывает, что, если в одной комнате стоит несколько компьютеров и качество электрической сети невысокое (часто пропадает напряжение, возникают помехи и т.п.), системы с мощными блоками питания работают го-

раздо лучше систем с дешевыми блоками, устанавливаемыми в некоторых моделях невысокого класса.

Высококлассные блоки питания помогут защитить систему. К примеру, блоки питания от PC Power and Cooling не пострадают при следующих обстоятельствах:

- полное отключение сети на любое время;
- любое понижение сетевого напряжения;
- кратковременные выбросы с амплитудой до 2500 В (!) на входе блока питания (например, при разряде молнии).

Хорошие блоки питания отличаются высоким качеством изоляции: ток утечки не более 500 мкА, что бывает важно в том случае, если сетевая розетка плохо заземлена или не заземлена вообще.

Как видите, требования, предъявляемые к высококачественным устройствам, очень жесткие, поэтому желательно, чтобы ваш блок питания соответствовал им.

Для оценки качества блока питания используются различные критерии. Многие потребители при покупке компьютера пренебрегают значением источника питания, и поэтому некоторые сборщики компьютеров сокращают расходы на него. Ведь не секрет, что гораздо чаще цена компьютера увеличивается за счет дополнительной памяти или жесткого диска большей емкости, а не более совершенного источника питания.

При покупке компьютера (или замене блока питания) необходимо обратить внимание на ряд параметров блока питания.

- **Среднее время наработки на отказ (MTBF) или среднее время работы до первого отказа (MTTF).** Это расчетный средний интервал времени в часах, в течение которого ожидается, что источник питания будет функционировать корректно. Среднее время безотказной работы источников питания (например, 100 тыс. часов или больше), как правило, определяется не в результате эмпирического испытания, а иначе. Для вычисления вероятности отказов отдельных компонентов источника питания изготовители применяют ранее разработанные стандарты. При вычислении среднего времени безотказной работы для источников питания часто используются данные о нагрузке блока питания и температуре среды, в которой проводились испытания.
- **Диапазон изменения входного напряжения (или рабочий диапазон).** Это диапазон, в пределах которого может работать источник питания. Для напряжения 110 В диапазон изменения входного напряжения обычно составляет от 90 до 135 В; для входного напряжения 220 В — от 180 до 270 В.
- **Пиковый ток включения.** Это самое большое значение силы тока, обеспечиваемое источником питания в момент его включения; выражается в амперах (А). Чем меньше ток, тем меньший тепловой удар испытывает система.
- **Время удержания выходного напряжения.** Время (в миллисекундах) в пределах точно установленных диапазонов напряжений после отключения входного напряжения. В современных блоках питания обычно составляет 15–30 мс (чем больше, тем лучше). В спецификации ATX12V минимальное время увеличено до 17 мс.
- **Переходная характеристика.** Время (в микросекундах), которое требуется источнику питания, чтобы установить выходное напряжение в точно определенном диапазоне после резкого изменения тока на выходе (другими словами, время, необходимое для стабилизации уровней выходных напряжений после включения или выключения системы). Источники питания рассчитаны на равномерное (в определенной степени) потребление тока устройствами компьютера. Когда устройство прекращает потребление мощности (например, в дисководе останавливается вращение дискеты), блок питания может подать слишком высокое выходное напряжение в течение короткого промежутка времени. Это явление называется *выбросом*; переходная характеристика — это время,

которое источник питания затрачивает на то, чтобы вернуть значение напряжения к точно установленному уровню. За последние годы удалось достичь значительных успехов в решении проблем, связанных с явлениями выбросов в источниках питания. Переходную характеристику иногда выражают в относительной величине выброса, при котором выходные напряжения удерживаются в пределах нормы (например, 20%).

- **Защита от перенапряжений.** Это значения (для каждого вывода), при которых срабатывают схемы защиты и источник питания отключает подачу напряжения на конкретный вывод. Значения могут быть выражены в процентах (например, 120% для +3,3 и +5 В) или так же, как и напряжения (например, +4,6 В для вывода +3,3 В или +7,0 В для вывода +5 В).
- **Максимальный ток нагрузки.** Это максимальная величина силы тока (в амперах), который может быть подан на конкретный вывод. Этот параметр указывает конкретное значение силы тока для каждого выходного напряжения. По этим данным вычисляется не только общая мощность, которую обеспечивает блок питания, но и количество устройств, которые можно к нему подключить.
- **Минимальный ток нагрузки.** Самое меньшее значение силы тока (в амперах), который может быть подан на конкретный вывод. Если ток, потребляемый устройствами на конкретном выводе, меньше указанного значения, то источник питания может быть поврежден или автоматически отключится.
- **Стабилизация по нагрузке (или стабилизация напряжения по нагрузке).** Когда ток на конкретном выводе увеличивается или уменьшается, несколько изменяется и напряжение. Стабилизация по нагрузке — это изменение напряжения для конкретного вывода при перепадах от минимального до максимального тока нагрузки (и наоборот). Значения выражаются в процентах, причем обычно они находятся в пределах от ±1 до ±5% для выводов с напряжениями +3,3, +5 и +12 В.
- **Стабилизация линейного напряжения.** Это характеристика, описывающая изменение выходного напряжения в зависимости от изменения входного напряжения (от самого низкого до самого высокого значения). Источник питания должен корректно работать при любом переменном напряжении в диапазоне изменения входного напряжения, причем на выходе оно может изменяться на 1% или меньше.
- **Эффективность (КПД).** Отношение мощности, подводимой к блоку питания, к выходной мощности; выражается в процентах. Для современных источников питания значение эффективности обычно равно 65–85%. Оставшиеся 15–35% подводимой мощности преобразуются в тепло в процессе превращения переменного тока в постоянный. Хотя повышение эффективности (КПД) означает уменьшение количества тепла внутри компьютера (это всегда хорошо) и более низкую плату за электричество, оно не должно достигаться за счет точности стабилизации, независимо от нагрузки на блок питания и других параметров.
- **Пульсация (или пульсация и шум, или периодическое и случайное отклонения — PARD).** Среднее значение пиковых (максимальных) отклонений напряжения на выводах источника питания; измеряется в милливольтах или в процентах от номинального выходного напряжения (чем меньше, тем лучше). Эти колебания напряжения могут быть вызваны переходными процессами в источнике питания, колебаниями частоты подводимого напряжения и другими случайными помехами. В высококлассных источниках питания эта величина составляет 1% и меньше.

Коррекция коэффициента мощности

Несколькими научными институтами были проведены исследования эффективности линий электропередачи и генерирования нелинейных искажений в блоках питания ПК. Все это

связано с вопросом о коэффициенте мощности источников питания. На этот коэффициент влияет не только повышение эффективности источников энергии, но и уменьшение генерируемых гармонических колебаний в электрических цепях. В частности, во многих странах Европейского Союза приняты новые стандарты, предусматривающие снижение уровня нелинейных колебаний до определенной величины. Применяемую для этого схему обычно называют *коррекцией коэффициента мощности* (PFC).

Коэффициент мощности определяет эффективность использования электрической энергии и обычно выражается числом от 0 до 1. Высокая величина коэффициента мощности означает, что электрическая энергия используется достаточно эффективно; низкая величина коэффициента указывает на низкую эффективность использования энергии. Для того чтобы понять, что такое коэффициент мощности, прежде всего следует ознакомиться со способами использования электрической энергии.

В электрических цепях переменного тока существуют два типа нагрузки.

- **Резистивная.** Электрическая энергия превращается в тепло, свет, движение или работу.
- **Индуктивная.** Электрическая энергия поддерживает созданное электромагнитное поле, такое, например, как в трансформаторе или двигателе.

Резистивную нагрузку часто называют *рабочей мощностью* и измеряют в киловаттах (кВт). В свою очередь, индуктивная нагрузка называется *реактивной мощностью* и измеряется в киловольт-амперах (кВА). Рабочая и реактивная мощность в целом составляют существующую или *фиксируемую мощность* (apparent power), измеряемую в киловаттах. Коэффициент мощности определяется как отношение рабочей и фиксируемой мощностей (кВт/кВА). В идеальном варианте коэффициент мощности равен единице, т.е. рабочая мощность совпадает с фиксируемой.

Понять концепцию резистивной нагрузки или рабочей мощности довольно просто. Например, электрическая лампочка мощностью 100 Вт генерирует 100 Вт тепла и света, что является резистивной нагрузкой. Разобраться в индуктивной нагрузке несколько сложнее. Представьте себе следующее: электрический ток при прохождении через обмотки катушки трансформатора генерирует электромагнитное поле, которое наводит (индуцирует) электрический ток в другой паре обмоток. Никакой работы при этом не выполняется, но, несмотря на это, определенное количество электрической энергии затрачивается на насыщение обмоток трансформатора и генерирование магнитного поля. Силовой трансформатор, не подключенный к какому-либо устройству, является примером индуктивной нагрузки. В этом случае есть только фиксируемая мощность, потребляемая для генерирования магнитных полей. Рабочая же мощность отсутствует, поскольку никакой работы при этом не выполняется.

Когда к трансформатору подключена нагрузка, одновременно потребляются и рабочая, и реактивная мощность. Иначе говоря, рабочая мощность расходуется на выполнение какого-либо действия (допустим, питания электрической лампочки), а фиксируемая — на поддержку электромагнитного поля, генерируемого в обмотках трансформатора. В цепях переменного тока рабочие нагрузки могут не совпадать по фазе, т.е. достигать максимальной величины в разное время. Это приводит к появлению нелинейных (гармонических) искажений в линиях электропередачи. Например, работающий электрический двигатель зачастую является основной причиной искажения сигнала телевизионного приемника, подключенного к той же силовой цепи.

Коррекция коэффициента мощности (PFC) обычно сводится к включению в электрическую цепь дополнительной емкости, что позволяет поддерживать индуктивную нагрузку без привлечения добавочной мощности из линии электропередачи. Такое решение уравнивает рабочую и фиксируемую мощности, позволяя тем самым достичь коэффициента мощности, равного единице. Один из методов, получивший название *пассивной коррекции* коэффициента мощности, предполагает непосредственное включение конденсаторов в электрическую цепь. Метод *активной коррекции* коэффициента мощности представляет собой более интеллектуальную схему, предназначенную для согласования индуктивных и резистивных нагрузок.

Блок питания, содержащий схему активной коррекции, получает из источника переменного тока электрический ток с незначительным искажением, достигая при этом коэффициента мощности 0,9 и более. Входной сигнал с высоким уровнем искажения, получаемый блоком питания, называется *нелинейной нагрузкой*. Коэффициент мощности блока питания без учета коррекции, как правило, достигает величины 0,6–0,8. Это означает, что на выполнение реальной работы используется только 60% фиксируемой мощности.

Благодаря схеме активной коррекции вся электрическая энергия, потребляемая блоком питания, будет преобразована в полезную работу. Таким образом, перегрузка сети уменьшается. Представьте себе ряд компьютеров, подключенных к одной цепи, регулировка которой осуществляется с помощью прерывателя. При переходе к системе, использующей источник питания со схемой активной коррекции, нагрузка на сеть уменьшится примерно на 40%.

Международный электрический комитет (МЭК) опубликовал ряд стандартов, относящихся к системе низкочастотного общественного энергоснабжения. Исходные стандарты 555.2 (Harmonics) и 555.3 (Flicker) были значительно усовершенствованы и в настоящее время известны как IEC 1000-3-2 и IEC 1000-3-3 соответственно. Большинство электрических устройств, реализуемых на территории государств — членов ЕС, должны соответствовать стандартам IEC. Стандарты IEC 1000-3-2/3 были приняты в 1997 и 1998 годах.

Даже если вы живете в стране, где не требуется коррекция коэффициента мощности, рекомендуется оснащать источники питания ПК схемами активной коррекции. Основными преимуществами блоков питания, содержащих схему PFC, являются отсутствие перегрева внутренней электропроводки и искажений формы сигнала источника переменного тока, что приводит к уменьшению взаимной интерференции устройств, подключенных к одной линии электропередачи.

Сертификаты безопасности блоков питания

Многие организации по всему миру проводят сертификацию электрических и электронных компонентов на предмет безопасности и качества. В США наиболее известной организацией такого типа является лаборатория Underwriters Laboratories, Inc. (UL). В стандарте UL *#60950 Safety of Information Technology Equipment, Third Edition* (Безопасность оборудования информационных технологий, 3-е издание) описаны блоки питания и другие компоненты ПК. Всегда следует приобретать блоки питания, содержащие эмблему, свидетельствующую о прохождении сертификации UL. Конечно, не все хорошие продукты прошли сертификацию UL, однако плохих продуктов среди прошедших сертификацию уж точно нет.

В Канаде сертификацией электрических и электронных компонентов занимается агентство CSA (Canadian Standards Agency), в Германии — организации TUV Rheinland и VDE, в Норвегии — NEMKO. Эти организации отвечают за сертификацию устройств, продаваемых в Европе. Производители блоков питания, работающие на международном рынке, стремятся получить сертификацию у UL, CSA и TUV, а также у ряда других организаций.

Отдельно от UL-подобных сертификаций многие производители блоков питания, даже самые известные, стремятся соответствовать стандартам класса B в области интерференции электромагнитных и радиочастот (EMI/RFI) комиссии FCC (Федеральная комиссия по телекоммуникациям). Этот вопрос довольно туманный, поскольку сама комиссия FCC не проводит сертификацию блоков питания как отдельных компонентов. В частности, в одной из статей положения говорится, что данная комиссия не занимается сертификацией материнских плат, корпусов и внутренних блоков питания и что все указания на сертификацию FCC в характеристиках таких устройств являются заведомо ложными.

На самом деле сертификацию FCC могут пройти только компьютеры в сборке, включающей блок питания, материнскую плату и корпус. Таким образом, блок питания может быть сертифицирован, находясь в такой сборке (а не в конфигурации вашего компьютера). В то же время это не значит, что производитель пытается обмануть потребителя. Это значит, что изготовителю при оценке характеристик блока питания следует меньше всего обращать внимание на сертификацию FCC, а учитывать другие факторы, такие как сертификация UL.

Расчет потребляемой мощности

При модернизации компьютера следует подсчитать, сможет ли существующий блок питания обеспечить необходимую мощность для всех внутренних устройств новой конфигурации. Для этого сначала просуммируйте мощность, потребляемую всеми отдельными узлами, а затем вычислите необходимую мощность блока питания. После этого станет ясно, нужно ли заменять блок питания более мощным. К сожалению, эти расчеты не всегда удается выполнить, потому что многие производители не сообщают, какую мощность потребляют их изделия. В некоторых случаях можно получить информацию об энергопотреблении аналогичных устройств и при расчетах оперировать этими данными. Как правило, устройства одной архитектуры и со сходными возможностями потребляют примерно одинаковую мощность. В табл. 18.23 приведены параметры энергопотребления типичных компонентов компьютера, присутствующих на рынке в последние годы.

Таблица 18.23. Энергопотребление отдельных устройств

Компонент	Энергопотребление, Вт	Примечание
Материнская плата	50–75	Зависит от количества интегрированных компонентов
Процессор	25–150	Для каждого физического процессора (не ядра); чаще всего составляет 50–100 Вт
ОЗУ	5–15	В расчете на каждый модуль (DIMM)
Интегрированное видео	5–15	Интегрировано в микросхему северного моста
Дискретная видеокарта	25–200	В расчете на одну видеоплату
Карта PCI	5–15	В расчете на каждый адаптер (не видео)
Карта PCIe	10–25	В расчете на каждый адаптер (не видео)
Жесткий диск	15–30	В расчете на каждый привод; во время загрузки энергопотребление увеличивается
Привод оптических дисков	15–35	В расчете на каждый привод
Вентилятор	3–5	В расчете на каждый вентилятор
Порты USB/FireWire	2–5	В расчете на один порт

Энергопотребление таких устройств, как процессоры и видеокарты, варьируется в значительной мере, так что при расчете мощности лучше воспользоваться сведениями из документации к устройству. Кроме того, при расчете общего энергопотребления не принимается в расчет, какие именно шинопроводы будут использоваться конкретными устройствами (с напряжением питания +3,3, +5 или +12 В). В некоторых случаях потребляемая мощность на одном шинопроводе может оказаться выше допустимых пределов, в то время как суммарная мощность всех устройств будет меньше обеспечиваемой блоком питания. Именно по этой причине большинство сборщиков компьютеров предпочитают приобретать блоки питания со значительно более высокими характеристиками, чем того требует система.

После сложения мощностей всех существующих в компьютере устройств рекомендуется умножить сумму на коэффициент 1,5 и использовать получившееся число в качестве необходимой мощности блока питания. При этом останется некоторый запас на случай подключения дополнительных устройств, а также будет учтен тот факт, что в некоторых режимах устройства потребляют мощность, которая больше номинальной.

Если хотите упростить расчет необходимой мощности блока питания, можете воспользоваться страницей специального калькулятора:

```
http://support.asus.com/PowerSupplyCalculator/PCCalculator.aspx
```

После заполнения всех полей компонентов системы калькулятор выдаст значение минимальной мощности блока питания, способного обеспечить энергоснабжение такого компьютера.

Разные типы разъемов подают на платы расширения разный ток по разным шинопроводам. К счастью, максимальный ток редко потребляют адаптеры, отличные от видеокарт. В табл. 18.24 приведены данные о максимальном токе и мощностях, доступных в разъемах различных типов.

Таблица 18.24. Максимально доступная мощность в разъемах шин

Тип шины	Ток +3,3 В, А	Ток +5 В, А	Ток +12 В, А	Общая мощность, Вт
ISA	—	2,0	0,175	12,1
EISA	---	4,5	1,5	40,5
VL-bus	---	2,0	—	10
16-разрядная MCI	—	1,6	0,175	10,1
32-разрядная MCI	---	2,0	0,175	12,1
PCI	7,6	5	0,5	56
AGP	6	2	1	42
PCI Express	4,8	---	4,8	75

Обычно превышение допустимой мощности происходит при заполнении свободных разъемов расширения и установке дополнительных дисководов. Множество жестких дисков, приводов оптических и гибких дисков и других устройств могут перегрузить блок питания компьютера. Обязательно проверьте, достаточно ли мощности шинопровода +12 В для питания всех дисководов. Особенно это относится к компьютерам с корпусом Tower, в котором предусмотрено много отсеков для накопителей. Проверьте также, не окажется ли перегруженным источник с напряжением +5 В при установке всех адаптеров, особенно при использовании плат для шин PCI. Также учтите, что современные процессоры предъявляют очень жесткие требования к току в шинопроводах с напряжениями +3,3 и +5 В. С одной стороны, лучше перестраховаться, а с другой — имейте в виду, что большинство плат потребляют меньшую мощность, чем максимально допустимая стандартом шины. В то же время всегда принимайте в расчет будущие потенциальные модернизации системы.

Многие пользователи компьютеров заменяют блок питания только после того, как он сгорит. Конечно, при ограниченном бюджете принцип "не сломался — не трогай" в какой-то мере оправдан. Однако часто блоки ломаются не совсем: они продолжают работать, периодически отключаясь или подавая на свои разъемы нештатные значения напряжений. Компьютер при этом работает, но его поведение абсолютно непредсказуемо. Вы будете искать причину в программе, хотя реальным виновником является перегруженный блок питания. Если старый блок питания используется достаточно долгое время, даже после модернизации системы, то определенные проблемы не заставят себя долго ждать, что может привести к переустановке операционной системы и многих приложений.

Опытные пользователи предпочитают не применять метод расчета мощности, приведенный выше. Они просто покупают компьютеры с высококачественным источником питания, рассчитанным на 500 Вт (или устанавливают такой источник самостоятельно), и затем при модернизации системы не задумываются о потребляемой мощности.

Вопросы выключения питания

Ответ на вопрос о том, стоит ли выключать компьютер на время перерыва в работе, напрямую связан с блоками питания. При этом нужно учитывать некоторые свойства электрических компонентов и причины выхода их из строя, а также требования техники безопасности и цены на электроэнергию.

Частые включения и выключения компьютера приводят к износу и преждевременному выходу из строя его компонентов. Этот факт довольно хорошо известен, хотя причины его далеко не всегда столь очевидны, как кажется на первый взгляд. Многие считают, что частые включения и выключения вредны потому, что приводят к электрическим перегрузкам. Однако чаще всего главная причина кроется в температуре. Компьютер выходит из строя не от электрического, а от теплового удара. При прогреве компьютера компоненты расширяются, а при охлаждении — сжимаются, что уже само по себе является серьезным испытанием. Кроме того, различные материалы имеют разные коэффициенты теплового расширения, т.е. расширяются и сжимаются в различной степени. Со временем тепловые удары начинают сказываться на работе многих компонентов компьютера.

Для обеспечения надежности компьютерной системы ее необходимо максимально оградить от тепловых ударов. При включении компьютера температура его компонентов за полчаса (или за меньшее время) повышается приблизительно до 85°C. При его выключении происходит обратное: компоненты быстро охлаждаются до температуры окружающей среды. Каждый из них расширяется и сжимается в различной степени (и с разной скоростью), что приводит к появлению механических напряжений.

Температурное расширение и сжатие — главная причина отказов компонентов. Корпуса микросхем могут потрескаться, что приводит к проникновению внутрь влаги и ухудшает функционирование их параметров вплоть до полного отказа. Как внутри микросхем, так и на печатных платах возникают обрывы проводников. Компоненты с поверхностным (планарным) монтажом расширяются и сжимаются иначе, чем печатная плата. При этом в местах пайки возникают большие напряжения. Со временем пайка может разрушиться, и контакт пропадет. Компоненты с теплоотводами, например процессоры, транзисторы и стабилизаторы напряжения, могут перегреться и выйти из строя из-за ухудшения теплопередачи между ними и теплоотводами. Периодические изменения температуры вызывают смещения в разъемных соединениях, что приводит к периодическим нарушениям контактов.

Тепловое расширение и сжатие действует не только на микросхемы и печатные платы, но и на жесткие диски. В большинстве современных накопителей на жестких дисках предусмотрена тепловая компенсация, при которой позиции головок корректируются относительно расширяющихся и сжимающихся дисков. Во многих накопителях такая корректировка выполняется через каждые 5 минут в течение первого получаса после включения, а затем — через каждые 30 минут. Эта операция часто сопровождается характерным потрескиванием.

Из сказанного следует, что для увеличения срока службы в компьютере лучше поддерживать постоянную температуру, т.е. оставлять его постоянно включенным или выключенным. (Идеальный вариант — вообще никогда не включать компьютер, тогда он действительно простоит очень долго!)

Не подумайте только, что предлагается вообще не выключать компьютер. Вовсе нет! Включенный и оставленный без присмотра компьютер может стать причиной пожара, а перетаскивать включенный компьютер с места на место — самый верный способ вывести его из строя. И к тому же это просто бессмысленная трата электроэнергии.

В обычных условиях электроэнергия стоит примерно 10 центов за 1 кВт×ч. Умножая это число на мощность компьютера, можно определить, во сколько обойдется круглосуточное функционирование компьютера и какой эффект на это значение окажут дополнительные режимы энергосбережения ACPI: ожидания и гибернации. Стандарт ACPI (Advanced Power and Configuration Interface) будет подробно описан далее.

Типовая настольная система потребляет 75–300 Вт электроэнергии в состоянии простоя и 150–600 Вт при активной работе. Также на это значение влияют конфигурация, возраст и архитектурные особенности системы. В эти цифры не включена мощность монитора, составляющая 25–50 Вт для жидкокристаллических и 75–150 Вт для ЭЛТ-дисплеев. При обычной работе компьютера с ЖК-монитором система потребляет примерно 250 Вт электроэнергии. Этот показатель опускается до 200 Вт при переключении в режим ожидания ACPI S1 и до 7–8 Вт в “спящем” режиме ACPI S3 или режиме гибернации (ACPI S4).

Используя данные цифры, можно выполнить некоторые подсчеты.

```
Стоимость электроэнергии:          0,10$ за 1 кВт×ч
Мощность компьютера/монитора:  0,250 кВт в рабочем состоянии
Мощность компьютера/монитора:  0,200 кВт в режиме ACPI S1
Мощность компьютера/монитора:  0,008 кВт в режиме ACPI S3
Мощность компьютера/монитора:  0,007 кВт в режиме ACPI S4
Мощность компьютера/монитора:  0,007 кВт в выключенном состоянии
Рабочих часов:                  2080 в год
Нерабочих часов:                6680 в год
Всего часов:                    8760 в год
```

```
-------------------------------------------------------------------
Стоимость электроэнергии:    218,40$ при постоянном включении
Стоимость электроэнергии:    185,12$ при переключении в ACPI S1
                                     в нерабочее время
Стоимость электроэнергии:     57,32$ при переключении в ACPI S3
                                     в нерабочее время
Стоимость электроэнергии:     56,66$ при переключении в ACPI S4
                                     в нерабочее время
Стоимость электроэнергии:     56,66$ при выключении в нерабочее время
-------------------------------------------------------------------
Экономия в год:               0,00$ при постоянном включении
Экономия в год:              33,28$ при переключении в ACPI S1
                                     в нерабочее время
Экономия в год:             161,08$ при переключении в ACPI S3
                                     в нерабочее время
Экономия в год:             161,74$ при переключении в ACPI S4
                                     в нерабочее время
Экономия в год:             161,74$ при выключении в нерабочее время
```

Как видите, постоянно включенный среднестатистический компьютер обойдется пользователю примерно в 218 долларов в год. Если компьютер выключать в нерабочее время, эту сумму можно уменьшить до 56 долларов. Таким образом, выключая компьютер, когда он не используется, можно сэкономить солидную сумму.

Самое интересное заключается в том, что для достижения такой экономии совершенно не обязательно выключать компьютер, когда он простаивает. При правильной настройке большинство компьютеров можно переводить в "спящий" режим (ACPI S3) либо вручную, либо автоматически после заданного времени бездействия. При этом энергопотребление будет снижаться до 8 Вт. Другими словами, если сконфигурировать компьютер для переключения в режим ACPI S3 в периоды неактивности, то можно добиться практически такой же экономии, как и при его выключении (с разницей 0,66 долларов в год).

Имея в своем распоряжении расширенные функции управления электропитанием, которыми оснащено современное оборудование, а также средства, встроенные в операционные системы, подобные Windows XP и Vista, можно приостанавливать и возобновлять функционирование системы практически мгновенно, без длительной процедуры завершения работы и перезагрузки. Меня удивляет то, что большинство пользователей не берут на вооружение данные средства, а ведь это так удобно и экономно.

Основная проблема состоит в том, что большинство компьютеров настроено на полное выключение системы при нажатии кнопки выключения. При этом при повторном нажатии этой кнопки выполняется процедура "холодной" загрузки операционной системы, драйверов и выполняющихся программ, после чего нужно вновь открыть нужные приложения.

Однако существует альтернатива. Вместо обычного выключения компьютера можно предварительно выгрузить текущее состояние оперативной памяти на диск, а при его включении — восстановить из образа на диске. К сожалению, многие системы предварительно не сконфигурированы для того, чтобы пользователь мог взять на вооружение все преимущества "спящего" режима. Особенно это относится к старым системам.

Начинать конфигурирование следует с настроек BIOS. Данный параметр носит название ACPI Suspend Mode; в идеальном случае его нужно установить равным значению, соответствующему режиму S3 (иногда он называется STR for Suspend to RAM). В ноутбуках этот параметр, как правило, по умолчанию установлен в режим S3, в то время как в большинстве настольных систем — в режим S1 (или POS for Power on Suspend). В режиме ACPI S1 экран гаснет, и процессор приостанавливает свою работу; все остальные узлы компьютера продолжают получать питание. Например, в системе с жидкокристаллическим дисплеем энергопотребление при этом снижается примерно с 250 до 200 Вт. Если бы переключение выполнялось в режим ACPI S3, то мощность падала бы до 8 Вт.

При переходе в "спящий" режим (ACPI S3), автоматическом или выполненном вручную, текущее состояние системы (процессора, монитора и т.п.) сохраняется в памяти, и подача питания на все оборудование (кроме ОЗУ) прекращается. В этом режиме система потребляет практически такой же объем электроэнергии, как и в полностью выключенном состоянии. Для возобновления работы системы достаточно нажать кнопку питания (как при включении системы). Некоторые системы можно сконфигурировать и на "пробуждение" нажатием клавиши или кнопки мыши. В данном случае вместо "холодной" загрузки компьютера и операционной системы на устройства начинает подаваться питание и из памяти восстанавливается сохраненное состояние системы. При этом операционная система, все драйверы и программы оказываются полностью загруженными.

Как уже говорилось, многие пользовались таким переключением в ноутбуках, однако не все предполагали, что этот режим можно установить и в настольных системах. Для активизации автоматического переключения в "спящий" режим требуется выполнить всего два действия.

1. Войдите в настройки BIOS, выберите меню Power, найдите параметр ACPI Suspend и установите для него значение S3 (или STR for Suspend to RAM). Выйдите из настроек BIOS с сохранением параметров и перезагрузите компьютер. В табл. 5.29 17-го издания данной книги было показано, как этот параметр выглядит в большинстве материнских плат производства Intel.
2. После загрузки Windows из панели управления откройте окно Электропитание, перейдите на вкладку Дополнительно и выберите в списке При нажатии кнопки включения питания компьютера значение Переход в ждущий режим[1].

Также рекомендуется перейти на вкладку Спящий режим[2] и установить флажок Разрешить использование спящего режима. Это позволит в дополнение к режиму ACPI S3 использовать режим S4 (с сохранением состояния не в памяти, а на жестком диске, в файле `hiberfil.sys`). После сохранения информации система переходит в состояние G2/S5, называемое программным выключением. После включения питания в состоянии G2/S5 компьютер выполняет "холодную" загрузку, однако операционная система не загружается с нуля — системный контекст Windows восстанавливается с жесткого диска. Переключение в режим гибернации и восстановление из него выполняются не так быстро, как при использовании "спящего" режима (S3), однако все равно на порядок быстрее, чем полный выход из системы и вход в нее при полностью выключенном электропитании.

В заключение, чтобы система переходила в "спящий" режим автоматически, перейдите на вкладку Схемы управления питанием и в списке Ждущий режим через выберите время простоя системы, после которого следует выполнять переход в "спящий" режим. Я обычно устанавливаю значение 30 минут.

В "спящем" режиме система может оставаться включенной все время и при этом обеспечивать практически такую же экономию средств, как при полном выключении компьютера. Как бы там ни было, не стоит выключать питание системы на обед или другие короткие промежутки времени. Домашний компьютер лучше оставлять все время включенным (возможно, иногда переводя в "ждущий" режим S1). Переключение в "спящий" режим или в режим гибернации домашнего компьютера (а также его выключение) уместно только на ночь или когда вы на долгое время покидаете дом. Серверы лучше оставлять постоянно включенными; также можно активизировать режим Wake on Lan (пробуждение по сигналу локальной сети) как в BIOS, так и в Windows. В этом случае, даже в выключенном состоянии, система будет автоматически запускаться при попытке доступа к ней из сети. Используя режим S3, можно сэкономить большое количество электроэнергии (и денег). Если вы не стеснены в средствах, можете оставлять систему включенной круглосуточно семь дней в неделю, т.е. постоянно.

---

1 В русскоязычной версии Windows Vista этот режим назван "спящим". — *Примеч. ред.*

[2] В русскоязычной версии Windows Vista этот режим назван "гибернацией". — *Примеч. ред.*

Управление питанием

Для стандартных настольных систем управление питанием — вопрос экономии и удобства. Выключая отдельные узлы (компоненты) компьютера, когда они не используются, можно уменьшить счет за электроэнергию и избежать необходимости включать и выключать компьютер вручную.

Для портативных компьютеров управление питанием имеет еще более важное значение. Постоянная работа накопителя CD-ROM, акустических систем и других узлов в портативном компьютере приводит к тому, что во многих случаях сокращается и без того короткий срок службы батареи. Теперь, благодаря усовершенствованию технологии управления питанием, в портативном компьютере напряжение может подаваться только к узлам (компонентам), непосредственно используемым в данный момент, что продлевает срок, в течение которого аккумуляторная батарея не нуждается в подзарядке.

Системы, обладающие сертификатом Energy Star

Агентство по защите окружающей среды (Environmental Protection Agency — EPA) начало проводить кампанию по сертификации энергосберегающих ПК и периферийного оборудования. Компьютер или монитор во время продолжительного простоя должен снизить энергопотребление как минимум до 30 Вт. Система, удовлетворяющая такому требованию, может получить сертификат *Energy Star*. Эта кампания добровольная, из чего следует, что получать такой сертификат вовсе необязательно. Однако производители обнаружили, что компьютеры с сертификатом Energy Star лучше продаются.

Одна из проблем, возникающих при использовании таких систем, заключается в том, что системная плата и приводы дисковых накопителей могут буквально "впадать в спячку". Это означает, что они входят в "спящий" режим и потребляют слишком мало энергии; это приводит к порче некоторых старых блоков питания, поскольку оборудование с низким потреблением энергии не обеспечивает загрузки блока питания, необходимой для его нормального функционирования. Большинство имеющихся на рынке блоков питания рассчитаны на работу с такими системами и имеют очень низкое значение минимальной нагрузки. Покупая блок питания, убедитесь в том, что оборудование системы при работе в режиме ожидания обеспечивает минимальную нагрузку. В противном случае, после того как система "уснет", отсутствие нагрузки приведет к запуску цикла переключения питания, который снова ее "разбудит"! Эта проблема особенно актуальна в системе, использующей очень мощный блок питания и оборудование, потребляющее мало энергии.

Усовершенствованная система управления питанием

Стандарт усовершенствованной системы управления питанием (Advanced Power Management — APM) разработан компанией Intel совместно с Microsoft и определяет ряд интерфейсов между аппаратными средствами управления питанием и операционной системой компьютера. Полностью реализованный стандарт APM позволяет автоматически переключать компьютер между пятью состояниями в зависимости от текущего режима работы системы. Каждое последующее состояние в приведенном ниже списке характеризуется уменьшением потребления энергии.

- **Full On (система включена).** Система полностью включена.
- **APM Enabled (активизирован режим приостановки).** Система работает, некоторые устройства контролируются системой управления питанием. Неиспользуемые устройства могут быть выключены, может быть также остановлена или замедлена (т.е. снижена тактовая частота) работа тактового генератора центрального процессора.
- **APM Standby (резервный режим).** Система не работает, большинство устройств находятся в состоянии потребления малой мощности. Работа тактового генератора центрального процессора может быть замедлена или остановлена, но необходимые опера-

ционные параметры хранятся в памяти. Пользователь или ОС может запустить компьютер из этого состояния почти мгновенно.

- **APM Suspend (режим приостановки).** Система не работает, большинство устройств пассивно. Тактовый генератор центрального процессора остановлен, а параметры функционирования хранятся на диске и при необходимости могут быть считаны в память для восстановления работы системы. Чтобы запустить систему из этого состояния, требуется некоторое время.
- **Off (система отключена).** Система не работает. Источник питания выключен.

Реализация режимов APM требует поддержки как аппаратной части, так и программного обеспечения компьютера. Источниками питания ATX можно управлять с помощью сигнала Power_On и дополнительного разъема питания с шестью контактами. Изготовители также встраивают подобные устройства управления в другие элементы системы, например в системные платы, мониторы и дисководы.

Операционные системы, которые поддерживают APM (в частности, Windows 3.1 и выше), при наступлении соответствующих событий запускают программы управления питанием, "наблюдая" за действиями пользователя и прикладных программ. Однако операционная система непосредственно не посылает сигналы управления питанием аппаратным средствам.

Система может иметь множество различных аппаратных устройств и программных функций, используемых при выполнении функций APM. Чтобы решить проблему согласования этих средств, в операционной системе и аппаратных устройствах предусмотрен специальный абстрактный уровень, который облегчает связь между различными элементами архитектуры APM.

При запуске операционной системы загружается программа — драйвер APM, который связывается с различными прикладными программами и программными функциями. Именно они запускают механизмы управления питанием, причем все аппаратные средства, совместимые с APM, связываются с системной BIOS. Драйвер APM и BIOS связаны напрямую; именно эту связь использует операционная система для управления режимами работы устройств.

Таким образом, чтобы функционировали средства APM, необходима поддержка этого стандарта схемами, встроенными в конкретные аппаратные устройства системы, системную BIOS и операционную систему (содержащую драйвер APM). Если хотя бы один из этих компонентов отсутствует, APM работать не будет.

Усовершенствованная конфигурация и интерфейс питания

С развитием технологий управления питанием возникла необходимость в поддержке сложных информационных состояний, которую уже сложно было реализовать в системной BIOS. В результате компаниями Intel, Microsoft и Toshiba был создан новый стандарт, получивший название *улучшенный интерфейс для конфигурации и управления питанием* (Advanced Configuration and Power Interface — ACPI). Этот стандарт был предназначен для реализации расширенных функций управления питанием в операционных системах. Если BIOS вашего компьютера поддерживает ACPI, то все управление питанием передается операционной системе. Именно по этой причине перед установкой операционных систем, таких как Windows 98 и выше, в старых компьютерах настоятельно рекомендуется выполнять обновление BIOS.

Первая версия стандарта ACPI вышла в 1996 году и впервые была реализована в Phoenix BIOS. Наличие поддержки ACPI стало обязательным условием получения сертификата "PC'97" от компаний Intel и Microsoft. Поддержка ACPI начала встраиваться во все наборы микросхем системной логики, начиная с Intel PIIX4E (эта поддержка встраивалась в южный мост), увидевшей свет в апреле 1998 года. Поддержка ACPI на программном уровне была включена в операционную систему Windows 98. На время выхода операционной системы Windows 2000 поддержка ACPI обеспечивалась уже практически всеми новыми компьютерами. Официальную спецификацию ACPI можно загрузить с сайта `www.acpi.info`. Позволив операционной системе управлять питанием, можно значительно упростить взаимодействие с приложе-

ниями. К примеру, программа может указать операционной системе, какие действия для нее критичны, что может побудить ее немедленно активизировать жесткий диск и какие действия можно отложить до того, как жесткий диск будет инициирован чьими-то другими срочными требованиями. К примеру, текстовый процессор может быть настроен на автоматическое сохранение открытых документов в фоновом режиме через определенные промежутки времени. При этом ОС может отложить сохранение до тех пор, пока не поступит требование от какой-либо программы на немедленное обращение к диску. Такой подход позволяет реже переключать состояние жесткого диска.

Стандарт ACPI функционально вырос по сравнению с APM, который ограничивался только управлением питания жесткого диска, процессора и монитора. ACPI позволяет централизованно управлять конфигурацией и питанием всех устройств Plug and Play на уровне операционной системы, функционально разгрузив BIOS.

Интерфейс ACPI позволяет системе автоматически включать и выключать внутренние (приводы CD-ROM, сетевые адаптеры, жесткие диски и модемы), а также внешние периферийные устройства (принтеры, мониторы, а также оборудование, подключенное к последовательному, параллельному, USB или какому-либо другому порту системы). К примеру, пользователь может настроить программу автоответчика на прием входящего вызова в течение секунды. При этом даже после выключения питания компьютера поступивший телефонный звонок активизирует систему и позволит приложению автоответчика обслужить поступивший вызов.

Интерфейс ACPI позволил программистам реализовать множество новых функций управления питанием, которые совместимы с разнообразными аппаратными архитектурами, но используют всего один драйвер операционной системы. ACPI также использует структуры данных Plug and Play BIOS и берет управление над интерфейсом Plug and Play, реализуя независимый от операционной системы интерфейс конфигурирования и управления.

В стандарте ACPI определено несколько основных и подчиненных состояний. Основных состояний четыре; они пронумерованы от G0 до G3. Состояние G0 соответствует системе, функционирующей в полном объеме, а состояние G3 — компьютеру с выключенным питанием. Глобальные состояния применяются к системе в целом. Состояние G0 содержит четыре подчиненных состояния питания процессора (C0–C3) и четыре состояния электроснабжения каждого из устройств (D0–D3). Состояние C0 питания процессора содержит 16 подчиненных состояний его быстродействия (P0–P15).

Состояния электроснабжения отдельных устройств в глобальном состоянии G0 для пользователя невидимы. Например, пользователь может понять, когда жесткий диск или монитор включен или выключен. В то же время состояние модема или другого внутреннего устройства остается для него тайной. Следует отметить, что не все устройства поддерживают все четыре состояния энергопотребления.

В глобальном состоянии G1 существуют четыре “спящих” состояния (S1–S4). Состояние G2 (глобального программного выключения) также называют “спящим состоянием S5”. В нем на узлы подается только резервное питание. Состояние G3 соответствует механическому отключению питания.

Ниже показаны взаимосвязи и определения всех глобальных и “спящих” режимов, а также режимов электроснабжения устройств.

- **G0, рабочее.** Обычный рабочий режим системы. В этом состоянии применяются режимы электроснабжения периферийных устройств и процессора.
  - **G0/D0.** Устройство полностью активно.
  - **G0/D1.** Зависит от конкретного устройства. Потребляет меньше энергии, чем D0.
  - **G0/D2.** Зависит от конкретного устройства. Потребляет меньше энергии, чем D1.
  - **G0/D1.** Питание устройства отключено (кроме логики пробуждения).
  - **G0/C0.** Обычная работа процессора.

- **G0/C1.** Процессор остановлен.
- **G0/C2.** Тактовый генератор остановлен.
- **G0/C3.** Тактовый генератор остановлен, и просмотр кэш-памяти игнорируется.

- **G1, легкий "спящий" режим.** Пользователю кажется, что система выключена, но на самом деле она находится в одном из четырех "спящих" состояний. В зависимости от того, какой из режимов используется, определяется и время, необходимое на "пробуждение" системы. В любом из "спящих" режимов контекст и состояние системы сохраняются и впоследствии могут быть восстановлены.
  - **G1/S1.** Состояние ожидания с низким энергопотреблением. Процессор остановлен, однако контекст и состояние системы полностью сохраняются.
  - **G1/S2.** Идентично S1, за исключением того, что контекст процессора и кэш-памяти теряется. После пробуждения процессор перегружается.
  - **G1/S3.** За исключением памяти весь системный контекст теряется. Контекст памяти поддерживается на аппаратном уровне. После "пробуждения" процессор перезагружается, а контекст процессора и кэш-памяти частично восстанавливается.
  - **G1/S4 (гибернация).** Контекст и состояние системы (т.е. содержимое памяти) выгружаются на жесткий диск или другое устройство долгосрочного хранения. Для возвращения в рабочее состояние (G0) нужно нажать кнопку питания. Система перезапустится и загрузит ранее сохраненный контекст и состояние. Возвращение в состояние G0 из G1/S4 — довольно продолжительный процесс.
- **G2/S5 (программное выключение).** Это обычное выключенное состояние, в которое переходит компьютер после выбора пункта Завершение работы (Выключение) меню Пуск или нажатия кнопки выключения на передней панели системного блока. При этом все устройства обесточиваются, однако система остается подключенной к розетке, и питание продолжает поступать на материнскую плату, обеспечивая готовность приема сигнала пробуждения от внешних устройств. Для возвращения в состояние G0 (рабочее) система должна полностью загрузиться.
- **G3 (механическое выключение).** Система полностью обесточена (т.е. отключена от источника питания или розетки). Только в этом состоянии допускается разборка системы. За исключением питания CMOS и часов от батарейки энергопотребление системы нулевое.

В обычном режиме работы система переключается между глобальными состояниями G0 и G1; во втором случае может выбираться один из "спящих" режимов (S1–S4). В "спящем" режиме система внешне выглядит выключенной, однако ее состояние и контекст сохраняются, что позволяет возвращаться в рабочее состояние с уменьшенной задержкой. К примеру, пробуждение системы из состояния G1/S4 выполняется с большей задержкой, чем из состояния G1/S3.

Когда пользователь нажимает кнопку выключения питания или выбирает пункт Выключение меню Пуск, система переходит в состояние программного выключения (G2/S5). При этом контекст не сохраняется и поддерживается только резервное питание. Полностью отключить питание (G3) можно, физически отключив системный блок от источника электроэнергии. Только в этом состоянии допускается разборка компьютера.

В процессе загрузки выполняется ряд проверок на предмет поддержки устройствами и BIOS интерфейса ACPI. Если поддержка не обнаружена или осуществляется не в полной мере, в системе устанавливается управление питанием APM. Практически все проблемы ACPI связаны с неполной реализацией поддержки ACPI в BIOS и драйверах устройств. При обнаружении таких ошибок обратитесь к производителю материнской платы за обновлением BIOS, а также к изготовителю устройств за обновлениями драйверов и установите их.

Проблемы, связанные с блоками питания

Проблемы в электроснабжении обычно связаны с неисправностями в блоке питания, при этом чаще всего его нужно просто заменить.

Предупреждение

Неопытному пользователю ни в коем случае нельзя вскрывать блок питания для его ремонта, так как внутри сохраняется очень высокое напряжение, причем даже после отключения блока питания от сети. Прежде чем вскрывать блок питания, его следует разрядить. Ремонт блоков питания выходит за рамки рассмотрения данной книги, отмечу лишь, что лучше всего поручить эту работу специалисту.

О неисправности блока питания можно судить по многим признакам. Однако их не так просто обнаружить ввиду неявной связи между симптомами и первопричиной ошибки — блоком питания.

Например, сообщения об ошибках четности часто свидетельствуют о неполадках в блоке питания. Это может показаться странным, поскольку подобные сообщения должны появляться при неисправностях ОЗУ. Однако связь в данном случае очевидна: микросхемы памяти получают напряжение от блока питания, и, если оно не соответствует определенным требованиям, происходят сбои.

Нужен некоторый опыт, чтобы достоверно определить, когда причина этих сбоев состоит в неправильном функционировании самих микросхем памяти, а когда скрыта в блоке питания. Еще один критерий оценки — повторяемость ошибки. Если сообщения об ошибках четности появляются часто и адрес ячейки памяти всегда один и тот же, то подозрение должно пасть в первую очередь на саму память. Но если ошибки хаотичны или адрес ячейки памяти все время изменяется, то причина, скорее всего, кроется в блоке питания. Ниже перечислены проблемы, часто возникающие при неисправности блока питания:

- любые ошибки и “зависания” при включении компьютера;
- спонтанная перезагрузка или периодические “зависания” во время обычной работы;
- хаотичные ошибки четности или другие ошибки памяти;
- одновременная остановка жесткого диска и вентилятора (нет напряжения +12 В);
- перегрев компьютера из-за выхода из строя вентилятора;
- перезапуск компьютера из-за малейшего снижения напряжения в сети;
- удары электрическим током во время прикосновения к корпусу компьютера или к разъемам;
- небольшие статические разряды, нарушающие работу системы;
- нестабильное распознавание периферийных устройств, питание к которым подается по шине USB.

Практически все сбои в работе компьютера могут быть вызваны неисправностью блока питания. Есть, конечно, и более явные признаки, например, такие:

- компьютер вообще не работает (не функционирует вентилятор, на дисплее нет курсора);
- появился дым;
- на распределительном щитке сгорел сетевой предохранитель.

Если вы подозреваете, что блок питания неисправен, проведите простые замеры и более сложные тесты. Поскольку представленные методы не всегда позволяют обнаружить скачкообразные изменения напряжения, для долговременного и содержательного тестирования можно использовать резервный источник питания. Если симптомы и проблемы исчезли после применения проверенного блока питания, значит, вы нашли источник неисправности.

Чтобы проверить блок питания, выполните ряд действий.

1. Проверьте розетку, сетевой кабель и разъемы. Попробуйте заменить силовой кабель другим.
2. Проверьте правильность и надежность подключения разъемов питания к системной плате и накопителям.
3. С помощью приборов проверьте напряжение на разъемах питания устройств. Если они ниже допустимых норм, замените блок питания другим.
4. Проверьте все установленное оборудование — платы расширения, устройства резервного копирования и т.д. Извлекая по одному устройству, найдите причину неисправности. Вероятнее всего, неисправным окажется устройство, вставленное последним перед началом появления ошибок.

На неисправность блоков питания указывает множество разнообразных симптомов. Так как блок питания обеспечивает электроэнергией буквально все компоненты компьютера, первоисточником большинства проблем памяти, жесткого диска и материнской платы может оказаться именно блок питания.

Перегрузка блока питания

Недостаточно мощный блок питания может ограничить возможность расширения компьютера. Многие компьютеры выпускаются с довольно мощными блоками питания, которые рассчитаны на то, что в дальнейшем в систему будут установлены новые (дополнительные) узлы. Однако в некоторых компьютерах блоки питания имеют настолько низкую мощность, что попытки установить в них более-менее приемлемый набор дополнительных модулей заранее обречены на провал.

Номинальное значение мощности, указанное на блоке питания, не должно вводить в заблуждение. Не все блоки питания, например на 500 Вт, одинаковы. Тем, кто знаком с профессиональными аудиосистемами, хорошо известно, что чем больше ватт, тем лучше. Этот же принцип применим и к блокам питания. Дешевые блоки питания наверняка могут развивать мощность, указанную в паспорте, однако при этом они сильно перегреваются. Тестирование многих дешевых блоков питания выполняется при экстремально низких температурах, которые обычно не встречаются в реальных условиях. При повышении внешней температуры такой блок питания способен обеспечить вдвое меньшую мощность, чем указано в его паспорте. Также уровень помех и искажений в некоторых блоках питания превосходит требования спецификаций или едва их достигает. Многим дешевым блокам питания свойственны нестабильные выходные напряжения; в них также отмечаются шумы и помехи, что может привести к многочисленным проблемам. Кроме того, они обычно сильно нагреваются сами и нагревают все остальные узлы. Частый периодический нагрев и охлаждение компонентов способны разрушить компьютерную систему. Большинство специалистов рекомендуют заменять установленные в компьютерах блоки питания более мощными. Поскольку конструкции этих блоков стандартизированы, найти замену для большинства систем не составит труда.

Недостаточное охлаждение

Некоторые блоки питания, предоставляемые сторонними производителями, оснащены высокоскоростными охлаждающими вентиляторами, которые существенно увеличивают срок жизни системы и минимизируют возможность перегрева, что особенно актуально для новых и “горячих” процессоров. Существуют специальные малошумные модели вентиляторов, которые работают гораздо тише стандартных. Такие вентиляторы часто имеют больший диаметр, медленнее вращаются и потому производят меньше шума, перемещая при этом такой же поток воздуха, как и вентиляторы меньшего диаметра.

Важную роль в обеспечении надежной работы ПК играет вентиляция. Для охлаждения различных компонентов компьютера необходим определенный воздушный поток. Большинство современных процессоров устанавливается с теплоотводами, которые нуждаются в по-

стоянном обдуве. Если для этого предусмотрен отдельный вентилятор, особых проблем не возникает. Относительно остальных компонентов можно посоветовать следующее: если часть разъемов свободна, расположите платы таким образом, чтобы воздух беспрепятственно циркулировал между ними; установите самые нагревающиеся платы поближе к вентилятору или вентиляционным отверстиям в корпусе; обеспечьте достаточное обдувание жестких дисков, особенно тех, которые вращаются с высокой скоростью. При работе некоторых накопителей выделяется значительное количество тепла, а перегрев жесткого диска может привести к потере данных.

Компьютер с пассивными теплоотводами всегда должен работать с закрытой крышкой. В противном случае он перегреется, так как вентилятор блока питания будет обдувать лишь его, а остальные компоненты будут охлаждаться за счет конвекции. Для компьютеров с активной системой охлаждения, установленной на процессоре, такой проблемы не существует: снятая крышка системного блока только поможет охладить компоненты компьютера.

Кроме того, все пустые отсеки должны быть закрыты. В противном случае через отверстия в корпусе будет свободно проникать воздух, что может нарушить воздушный поток внутри компьютера и вызвать повышение температуры.

Если проблемы с нестабильной подачей напряжения связаны с перегревом, то наилучшим вариантом будет установка другого, более мощного блока питания или дополнительного вентилятора. Некоторые компании продают специальные платы с установленными вентиляторами, однако отношение к ним неоднозначное. Если вентилятор не выдувает воздух из корпуса, значит, он всего лишь перегоняет горячий воздух по системе и способствует еще большему ее перегреву, так как потребляет энергию, а следовательно, генерирует тепло.

Вентиляторы, смонтированные на процессорах (центральных и графических), охлаждают только эти микросхемы. Большинство современных процессоров во время работы разогреваются так, что обычный пассивный теплоотвод не может их охладить. В этом случае вентилятор, смонтированный прямо на процессоре, позволяет обеспечить “точечное” охлаждение и снизить его температуру. Один из недостатков такого способа активного охлаждения процессора состоит в том, что при выходе вентилятора из строя микропроцессор мгновенно перегревается и тоже выходит из строя. В новых процессорах Intel имеется встроенная система защиты от перегрева. Например, Pentium III автоматически отключается при перегреве, а в Pentium 4 сокращается уровень быстродействия, что позволяет использовать его даже в том случае, когда теплоотвод вообще удален! Тем не менее желательно не полагаться на встроенную систему защиты процессоров, так как не все ее имеют.

Цифровые мультиметры

Простейший тест блока питания — измерение его выходных напряжений, позволяющее определить, вырабатываются ли они вообще и находятся ли их значения в допустимых пределах. Учтите, что все измерения напряжений должны выполняться при подключенных номинальных нагрузках, т.е. блок питания удобнее всего проверять, не извлекая из компьютера.

Выбор мультиметра

Для измерения напряжения и сопротивления при работе с электронными цепями необходим простой цифровой мультиметр (DMM), показанный на рис. 18.36, или же цифровой вольтметр (DVOM). Следует использовать именно цифровые устройства, а не устаревшие устройства стрелочного типа, поскольку в старых моделях мультиметров при измерении сопротивления используется напряжение 9 В, что приводит к повреждению большинства современных компьютерных компонентов.

Цифровой мультиметр при измерении сопротивления использует значительно меньшее напряжение (как правило, 1,5 В), что совершенно безопасно для современного электронного оборудования. На рынке представлено довольно много неплохих устройств от разных компаний. Я предпочитаю небольшие устройства, которые можно положить в карман.

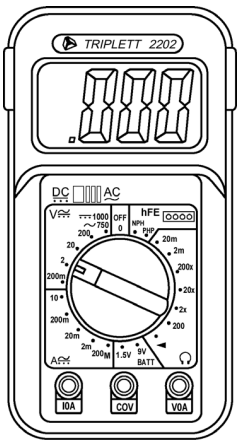


Рис. 18.36. Типичный цифровой мультиметр

Характеристики качественных цифровых вольтметров, на которые необходимо обращать внимание прежде всего, перечислены ниже.

- **Небольшой размер.** Здесь все достаточно очевидно; причем размер устройства, как правило, практически не отражается на его функциональных возможностях. Более того, далеко не все функции больших мультиметров необходимы при работе с компьютерным оборудованием.
- **Защита от перегрузки.** Если на устройство подать напряжение (или силу тока), превышающее его текущий диапазон измерения, мультиметр предотвратит собственное повреждение. Как правило, дешевые модели мультиметров не поддерживают защиту от перегрузки, поэтому легко могут выйти из строя.
- **Автоматическая настройка диапазона.** Мультиметр автоматически задает необходимый диапазон напряжений или сопротивлений при проведении измерений. Это намного предпочтительнее, чем указывать диапазоны вручную; однако действительно хорошие мультиметры поддерживают оба варианта указания диапазонов измерения.
- **Съемные щупы.** Щупы можно легко повредить; кроме того, при проведении разных измерений могут потребоваться щупы разной формы. Дешевые мультиметры, как правило, оснащаются несъемными щупами, замена которых невозможна. Обязательно обращайте внимание только на такие модели мультиметров, которые оснащены съемными щупами.
- **Звуковые сигналы при проверке целостности цепи.** Хотя при проверке целостности цепи можно использовать шкалу сопротивлений (0 Ом указывает на отсутствие разрывов в цепи), хорошие модели мультиметров поддерживают функцию звукового оповещения при проверке целостности. Благодаря этому удается намного быстрее проверить кабели и другие элементы на наличие разрывов. Оценив все достоинства этой функции, вы уже не захотите использовать устройства, которые ее не поддерживают.
- **Автоматическое отключение.** Мультиметры работают от батареек, заряд которых может быстро закончиться, если прибор постоянно оставлять включенным. Поэтому хорошие модели мультиметров поддерживают функцию автоматического отключения по истечении определенного периода бездействия.
- **Автоматическое отображение последних результатов измерения.** Данная функция позволяет мультиметру постоянно отображать на экране результаты последних измерений. Это особенно полезно в том случае, если приходится работать с труднодоступными элементами.

- **Запоминание минимального и максимального значений.** Данная функция позволяет мультиметру запоминать минимальное и максимальное измеренные значения в памяти и, если необходимо, отображать их. Это просто незаменимо при измерении значений, которые постоянно меняются, а значит, их сложно увидеть на экране.

Цифровой карманный мультиметр, поддерживающий только базовые функции, можно приобрести приблизительно за 20 долларов; стоимость полнофункционального устройства составит около 100 долларов, а некоторые модели стоят еще дороже.

Измерение напряжений

Выполняя измерения в работающем компьютере, вы сможете добраться до нужных контактов, воспользовавшись так называемым *прощупыванием с обратной стороны* (рис. 18.37). Это связано с тем, что большинство разъемов, на которых нужно измерить напряжения, соединены с ответственными компонентами и разъединять их в работающей системе нельзя, поэтому все измерения приходится проводить с обратной стороны разъема. Практически во всех разъемах обратная сторона (с которой в него входят провода или жгуты) открыта, и тонким пробником можно добраться до металлической вставки-контакта с обратной стороны разъема, аккуратно ведя щуп вдоль интересующего вас провода. Как правило, все описанные ниже измерения можно выполнить только таким способом.

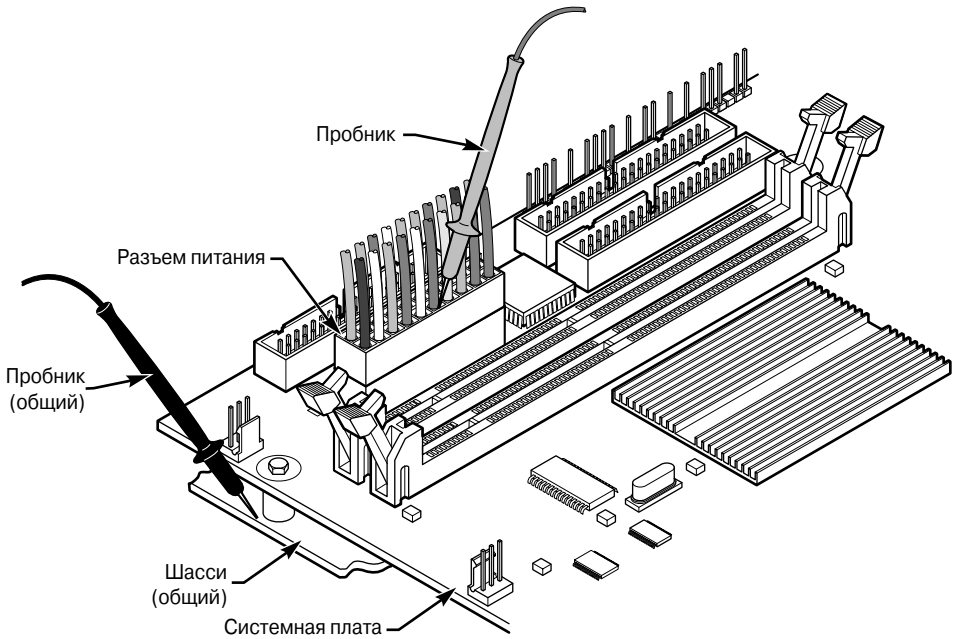


Рис. 18.37. Один из способов измерения напряжения

Вначале необходимо проверить сигнал Power_Good (контакт P8-1 в компьютерах AT, Baby AT и LPX; контакт 8 в компьютерах ATX), напряжение которого должно колебаться от +3 до +6 В. Если напряжение имеет другое значение, компьютер воспримет это как неисправность блока питания и работать не будет. Поэтому блок питания в большинстве подобных случаев приходится заменять.

Затем следует измерить напряжения на контактах разъемов системной платы и дисковых накопителей. Имейте в виду, что контакты разъемов и допуски на напряжения в разных компьютерах могут отличаться. Лучше использовать блоки питания с более жесткими допусками.

Большинство производителей считают исправными только те блоки, напряжения в которых отличаются от номинальных не более чем на 5%, а для напряжения 3,3 В в блоке питания ATX допускается отклонение не более чем на 4%. Некоторые производители устанавливают еще более жесткие допуски на свои изделия, и при их проверке нужно учитывать эти значения. Узнать величины допусков можно из технической документации к компьютеру. В табл. 18.25 представлены описанные допуски.

Таблица 18.25. Диапазоны напряжений

	Широкий допуск		Жесткий допуск	
Номинальное напряжение, В	**Минимальное значение (–10%), В**	**Максимальное значение (+8%), В**	**Минимальное значение (–5%), В**	**Максимальное значение (+5%), В**
3,3	2,97	3,63	3,135	3,465
±5,0	4,5	5,4	4,75	5,25
±12,0	10,8	12,9	11,4	12,6

Допуски для сигнала Power_Good немного отличаются, хотя номинальное напряжение составляет +5 В. Точка срабатывания для сигнала Power_Good составляет около +2,4 В, однако большинство систем требует, чтобы данный сигнал лежал в определенных пределах.

Сигнал	Минимальное значение	Максимальное значение
Power_Good (+5V)	3,0 В	6,0 В

Если измеренные значения напряжений выходят за пределы допусков, замените блок питания. Еще раз напомню, что замеры необходимо проводить при номинальной нагрузке, т.е. при работающем компьютере.

Специальная измерительная аппаратура

Для всесторонней проверки блока питания можно воспользоваться некоторыми специализированными устройствами. Поскольку блоки питания в современных компьютерах являются самыми ненадежными компонентами, для профессионалов такие приборы могут оказаться весьма полезными.

Цифровой инфракрасный термометр

Это один из наиболее важных приборов моего комплекта инструментальных средств. Он относится к бесконтактным измерительным устройствам, так как позволяет измерять температуру удаленного объекта по его инфракрасному излучению. Это дает возможность проводить моментальные выборочные измерения температур микросхемы, платы или корпуса системы. Цифровые инфракрасные термометры стоимостью около 100 долларов поставляются компанией Raytek (`www.raytek.com`). Для измерения температуры того или иного компонента достаточно “нацелить” на него этот карманный инструмент и нажать кнопку. Через несколько секунд на индикаторе отобразится считанная температура (с точностью ±2°C). Цифровые инфракрасные термометры просто незаменимы при проверке температурного режима компьютерных компонентов.

Трансформатор с регулируемым выходным напряжением

При проверке блока питания желательно иметь возможность регулировки входного (сетевого) напряжения и оценивать реакцию блока на эти изменения. Для этого очень удобно использовать трансформатор с регулируемым выходным напряжением (автотрансформатор) (рис. 18.38). Это устройство состоит из трансформатора, установленного в корпусе со стрелочным индикатором, измеряющим выходное напряжение. Шнур питания автотрансформатора вставляется в розетку, а силовой шнур компьютера — в разъем автотрансформатора. С помощью регулятора в автотрансформаторе можно управлять напряжением, подаваемым в блок питания компьютера.

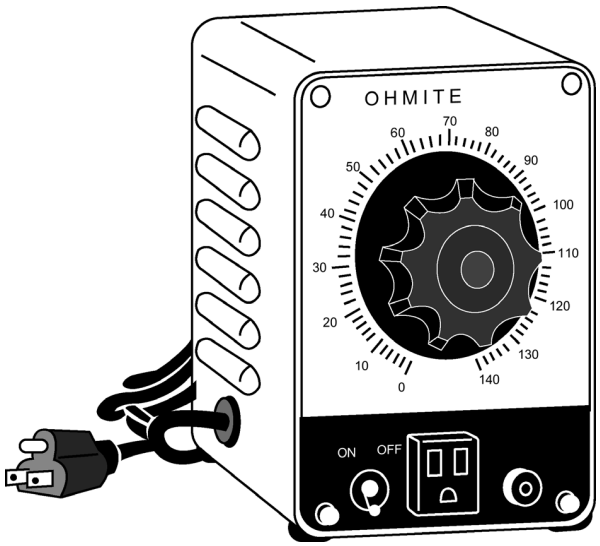


Рис. 18.38. Трансформатор с регулируемым выходным напряжением

Многие трансформаторы способны регулировать уровень выходного переменного тока от 0 до 140 В независимо от входного напряжения (переменного тока, подаваемого от настенной розетки). Некоторые модели также поддерживают диапазон от 0 до 280 В. Трансформатор часто используется при имитации условий перепада напряжения, необходимого для выяснения ответной реакции системных компонентов ПК. Кроме всего прочего, таким образом проверяется работоспособность сигнальной операции Power_Good.

Подключите компьютер к выходу трансформатора и понижайте напряжение до тех пор, пока компьютер не отключится. Оцените запас прочности блока питания по отношению к колебаниям напряжения сети. Правильно спроектированный блок питания должен работать в диапазоне входных напряжений и отключаться при выходе из этого диапазона.

Если значение входного напряжения ниже допустимого и появляются сообщения об ошибках четности, значит, сигнал Power_Good вырабатывается неправильно, т.е. его уровень остается высоким (соответствует логической единице). В исправных блоках питания в такой ситуации низкий уровень сигнала Power_Good, соответствующий логическому нулю, переводит компьютер в режим постоянного перезапуска.

Стоимость автотрансформатора варьируется в пределах от 100 до 300 долларов.

Замена блоков питания

Прежде всего обратите внимание на формфактор блока питания. Блоки питания разных формфакторов различаются размерами, формой, расположением крепежных отверстий и выключателя, а также типами разъемов. Полное описание всех конструкций приведено в начале главы. Разумеется, подбирая блок, нужно знать, какая конструкция установлена в вашем компьютере.

В некоторых системах используются уникальные блоки питания, что существенно усложняет их замену. Если в системе используется блок питания стандартной конструкции, примите к сведению, что на рынке можно найти самые разные ее модификации по составу отводов, мощности и прочим характеристикам, предлагаемые сотнями производителей по доступной цене. У несчастного обладателя нестандартного блока питания выбор будет ограничен производителем самого компьютера, при этом цена блока питания окажется намного выше. Стандартные высококачественные блоки питания стоят менее 500 долларов, в то время как уни-

кальные модели отдельных производителей могут обойтись в 400 долларов и более. Покупатели компьютеров часто не обращают на это внимания, и последствия использования нестандартных компонентов в системе обнаруживаются слишком поздно.

Некоторые производители пользуются дурной славой из-за продажи компьютеров с нестандартными блоками питания. Даже такой гигант компьютерной индустрии, как Dell, использует собственные блоки питания во многих системах. При покупке такого компьютера учитывайте возможности расширения системы, а также стоимость послегарантийного обслуживания. Настоятельно рекомендуется приобретать компьютеры с блоком питания стандартного промышленного формфактора, например ATX12V.

Поставщики блоков питания

Поскольку блок питания является одним из самых уязвимых узлов компьютерной системы, меня часто просят дать рекомендации относительно выбора модели блока. Блоки питания выпускают сотни производителей, и у меня не было возможности протестировать их все. Поэтому могу порекомендовать компании, продукты которых я знаю и которым полностью доверяю.

Несмотря на присутствие на рынке множества других производителей высококачественных блоков питания, я отдаю предпочтение продукции компании PC Power and Cooling.

Совет

Мои предпочтения при модернизации и ремонте систем отданы модельному ряду Silencer от компании PC Power and Cooling не зря — эти блоки питания обеспечивают большую мощность при достаточно низком уровне шума. Для систем с одним высокопроизводительным графическим адаптером подойдет модель Silencer 470, имеющая стандартную глубину ATX (140 мм) и мощность 470 Вт. Если в системе установлены две видеокарты или имеется множество дисковых приводов, подойдут модели Silencer 610 и 750. Эти модели имеют бо́льшую глубину (180 мм) и мощность, 610 и 750 Вт соответственно. При сборке особо мощных систем с двухъядерными процессорами, множеством видеокарт и жестких дисков я бы порекомендовал использовать блок питания Turbo-Cool 1 KW с глубиной 230 мм и мощностью 1 кВт (пиковая мощность — 1,1 кВт). Большинству систем с головой хватит блоков питания с мощностью от 610 Вт, однако в системах, предполагающих значительные расширения, стоит использовать более мощные блоки.

Поскольку 24-контактные коннекторы питания совместимы с устаревшими 20-контактными разъемами, при приобретении блоков питания настоятельно рекомендуется отдавать предпочтение моделям, оснащенным 24-контактным коннектором (обычно подобные модели блоков питания маркируются как ATX12V 2.x). Желательно, чтобы блок питания содержал 6-контактный разъем для подключения видеоадаптера, а также разъем для подключения жестких дисков SATA. Выбор блока питания с подобными характеристиками обеспечивает гибкость, позволяющую работать не только в новых системах, но и практически в любых устаревших системах ATX; при этом не потребуется никаких дополнительных адаптеров.

Защитные устройства в сети питания

Такие устройства предохраняют компьютерные системы от повреждений при резких перепадах напряжения сети. В частности, повышение сетевого напряжения или его всплеск может вывести из строя сам компьютер, а внезапное отключение или снижение напряжения — привести к потере данных. Ниже рассматриваются четыре основных вида устройств защиты.

Некоторые предохранительные устройства уже могут быть установлены в самом блоке питания компьютера (если он высокого качества). В блоках питания некоторых компьютеров высокого класса предусмотрены защита от высоких напряжений и токовых перегрузок, а также простейший фильтр для снижения уровня помех, проникающих из сети. Во многих недорогих блоках питания таких схем защиты нет, поэтому особое внимание обращайте на дешевые компьютеры малоизвестных фирм. Именно для них подключение дополнительного защитного устройства вполне оправданно.

Предупреждение

Все функции защиты устройств, описываемые в этой главе, и защитные схемы блока питания предполагают, что компьютерный кабель питания переменного тока заземлен.

В старых домах, как правило, трехконтактных розеток с заземлением нет. Поэтому не следует использовать переходники, которые позволяют подключить к старым двухконтактным разъемам современные устройства, например стабилизаторы напряжения, ИБП и так далее, так как они не обеспечивают заземления, а значит, не в состоянии обеспечить надежную защиту подключенной техники. Более того, даже если розетка содержит три контакта, контур заземления может быть не подключен. Поэтому перед подключением устройств всегда полезно проверить розетку с помощью тестера.

Безусловно, самый простой метод защиты — отключение компьютера от сети электропитания в грозу. Тем не менее существуют и другие методы.

Блоки питания должны оставаться в рабочем состоянии и продолжать обеспечивать систему энергией, даже если случаются следующие перебои в подаче электропитания:

- напряжение падает до 80 В на две секунды;
- напряжение падает до 70 В на полсекунды;
- напряжение увеличивается до 143 В на одну секунду.

Многие высококачественные блоки питания (или подключенные системы) не будут физически повреждены в следующих случаях:

- перерыв в подаче энергии;
- любое падение напряжения;
- скачок до 2500 В.

Чтобы проверить качество схем защиты блоков питания, в независимых лабораториях проводились испытания компьютеров, не оснащенных дополнительными устройствами защиты. На них подавалось питание с выбросами напряжения амплитудой до 6000 В. Импульсы с большей амплитудой не могут появиться в сети даже теоретически: при бо́льших напряжениях между контактами розеток возникает электрическая дуга. В итоге ни один компьютер не был поврежден необратимо. Самое худшее, что происходило с некоторыми из них, — самопроизвольная перезагрузка или отключение, когда амплитуда напряжения превышала 2000 В. Все компьютеры возвращались в нормальное рабочее состояние после повторного включения питания. Автоматическое отключение компьютера при больших отклонениях сетевого напряжения от номинального предусмотрено в большинстве высококачественных блоков питания.

Я не использую специальных защитных устройств в электросети, и все компьютеры нормально выживали в грозу и при перебоях в электропитании. Недавно молния ударила в дымовую трубу дома, расположенного рядом с моим офисом, и развалила ее на куски. При этом не пострадала ни одна из работающих в тот момент систем; они просто отключились, после чего оставалось лишь нажать кнопку включения. Тем не менее сигнализация, размещенная в том же офисе, полностью вышла из строя. Я не собираюсь утверждать, что разряды молнии безопасны для компьютерных систем, — другая молния уничтожила модем и последовательный адаптер, установленные в одном из моих компьютеров. К счастью, в список сгоревших устройств не попала системная плата.

Следует отметить еще один фактор, который часто обходят вниманием при разработке стратегий защиты системы электроснабжения, — не устанавливают защитные фильтры на телефонных линиях.

Функция автоматического выключения компьютера во время перебоев в электропитании встроена во многие высококачественные блоки питания. После срабатывания этой функции необходимо два раза нажать кнопку включения системы. При возобновлении подачи электроэнергии блок питания выжидает 3–6 секунд, затем перезагружается и запускает систему. Поскольку перезагрузка осуществляется автоматически, подобная функция может оказаться полезной для сетевых серверов и других компьютеров, расположенных в удаленном месте.

Когда система защиты впервые среагировала на выброс электроэнергии и выключила все компьютеры, я очень испугался. Все компьютеры внезапно затихли, мониторы погасли, и только светодиоды на модемах и сетевых адаптерах продолжали светиться. Первая мысль была о том, что все компьютеры сгорели. Однако первое же нажатие кнопки включения питания привело к обычной перезагрузке компьютера. С тех пор я пережил несколько таких же отключений, которые не сопровождались проблемами.

Ниже рассматриваются некоторые защитные устройства для сети питания:

- ограничители выбросов;
- ограничители выбросов в телефонной линии;
- сетевые фильтры-стабилизаторы;
- источники бесперебойного питания.

Ограничители выбросов

Простейшими приборами для защиты входных цепей блока питания от высоких напряжений являются ограничители выбросов. Эти устройства включаются между компьютером и сетевой розеткой и предназначаются для поглощения высоковольтных выбросов напряжения, возникающих в сети в результате ударов молний или при работе мощных электрических машин. Их цена варьируется от 20 до 200 долларов.

Устройства подавления выбросов обычно создаются на основе *варисторов*, которые могут понижать все скачки напряжения, превышающие определенный уровень. Эти приборы выдерживают напряжения до 6000 В и отводят на землю все напряжения, значения которых выше определенного предела. Они могут спокойно переносить средние перегрузки, но очень сильные скачки (например, при прямом попадании молнии) могут их "пробить". Варисторы не могут рассеивать большую мощность и в такой ситуации обычно перегорают, т.е. после одного мощного или следующих друг за другом более слабых выбросов ограничитель перестает выполнять свои функции. Простым способом проверить работоспособность таких приборов невозможно, поэтому никогда нельзя заранее сказать, защищает такое устройство или нет.

В некоторых ограничителях выбросов предусмотрен индикатор исправности, по которому можно определить, перегорел ли варистор в результате мощного выброса.

В компании Underwriters Laboratories разработали стандарт UL 1449, определяющий характеристики ограничителей выброса. Любой фильтр, отвечающий этим требованиям, является прекрасным вариантом для покупки. Достойные ограничители должны отвечать следующим требованиям:

- совместимость со стандартом UL 1449;
- наличие индикатора, указывающего на выход варистора из строя.

Поддержка стандарта UL 1449 обычно указывается на упаковке или непосредственно на корпусе устройства. Если этого маркера нет, значит, стандарт не поддерживается и устройство покупать не стоит.

Еще одним неплохим дополнительным устройством, объединяемым иногда с ограничителем выбросов, является автоматический выключатель, который, в отличие от плавкого предохранителя, при перегрузках можно включать повторно. Он выполняет те же функции, что и обычный сетевой предохранитель. Устройства подавления помех с таким выключателем стоят около 40 долларов.

Ограничители выбросов в телефонной линии

Очень важно защитить компьютер от всевозможных помех в телефонной линии, к которой подключена система. Если вы пользуетесь модемом или факсимильным аппаратом, то любые всплески напряжения, периодически возникающие в телефонной сети, могут вывести

компьютер из строя. Телефонные линии весьма уязвимы для молний, и подключенные к ним модемы и компьютеры чаще всего выходят из строя именно по этой причине.

Простейшие ограничители выбросов, которые включаются между телефонной линией и модемом, выпускаются несколькими фирмами и стоят крайне дешево. Их можно без проблем купить в большинстве магазинов, торгующих электроникой.

Сетевые фильтры-стабилизаторы

Кроме повышенного напряжения и токовых перегрузок, в линиях электропитания напряжение может опуститься ниже допустимого предела. Помимо уже упоминавшихся выбросов, в линиях питания могут возникать, например, радиочастотные наводки или импульсные помехи, создаваемые электродвигателями и другими индуктивными нагрузками.

Перед подключением друг к другу цифровых устройств (например, компьютера и периферийного оборудования) обратите внимание на следующее.

- Каждый провод, подключенный к компьютеру (например, соединяющий его с каким-либо периферийным устройством), представляет собой своеобразную антенну. При воздействии внешних электромагнитных полей на него наводятся электрические напряжения. Источниками таких полей могут стать другие провода, телефонные аппараты, электронно-лучевые трубки, электродвигатели, люминесцентные лампы и индикаторы, электростатические разряды и, естественно, радиопередатчики.
- Цифровые схемы весьма чувствительны к помехам амплитудой всего 1-2 В. Учитывая эти обстоятельства, можно сказать, что вся электрическая проводка в здании работает как большая антенна, принимающая самые разные помехи. Избавиться от помех и колебаний сетевого напряжения можно с помощью сетевых фильтров-стабилизаторов.

В устройствах этого типа выполняются фильтрация и стабилизация напряжения питания, а также подавляются перепады тока и напряжения; одним словом, они представляют собой буферные каскады между компьютерами и линиями питания. Фильтры-стабилизаторы полностью заменяют описанные выше ограничители выбросов и выполняют множество других функций. Будучи включенными, они постоянно находятся в активном состоянии (в отличие от ограничителей, которые срабатывают только при выбросах напряжения). Устройство этих приборов довольно сложное: в их состав входят трансформаторы, конденсаторы и другие элементы, назначение которых — поддерживать постоянный уровень выходного напряжения. Стоимость фильтра-стабилизатора обычно составляет от 100 до 300 долларов и существенно зависит от его выходной мощности.

Источники бесперебойного питания

Для защиты оборудования используются приборы, с помощью которых можно в течение некоторого времени поддерживать работоспособность системы при исчезновении напряжения в сети. За это время можно спокойно закончить работу, сохранить ее результаты и выключить компьютер. Существуют два вида устройств такого типа: источники резервного питания (Standby Power Supply — SPS) и источники бесперебойного питания (Uninterruptible Power Supply — UPS). Наилучшие из всех сетевых буферных устройств, безусловно, блоки UPS, поскольку они не только обеспечивают работу компьютера в аварийных ситуациях, но и стабилизируют напряжение и очищают его от помех.

Источник резервного питания (SPS)

Этот источник питания включается только тогда, когда исчезает или очень понижается сетевое напряжение. В этом случае срабатывает соответствующий датчик и к установленному в блоке преобразователю постоянного напряжения в переменное подключается аккумуляторная батарея. Начинает вырабатываться переменное напряжение, которое поступает на выход устройства вместо сетевого.

В принципе SPS работают неплохо, но в некоторых моделях переключение на резервное питание происходит недостаточно быстро. При этом компьютер успевает отключиться или выйти на перезагрузку. Естественно, что такое "резервирование" мало кого устроит. В высококачественных SPS устанавливаются феррорезонансные стабилизаторы — довольно громоздкие устройства, позволяющие запасать некоторое количество энергии, используемой для питания компьютера во время переключения схемы.

Совет

Обратите внимание на системы SPS, время переключения которых не превышает 10 мс (миллисекунд). Это меньше, чем время переключения типичного блока питания.

В рассматриваемых блоках могут устанавливаться фильтры-стабилизаторы, но в дешевых моделях их, как правило, не бывает, и напряжение в нормальных условиях поступает на компьютер непосредственно из сети, без какой-либо фильтрации и стабилизации. В SPS с феррорезонансными стабилизаторами выходное напряжение поддерживается постоянным, к остальным же для большей надежности следует дополнительно подключать фильтр-стабилизатор. В зависимости от качества и выходной мощности стоимость SPS колеблется от ста до нескольких тысяч долларов.

Источник бесперебойного питания (UPS)

Наилучшим решением всех проблем, возникающих в цепях питания, является установка источника бесперебойного питания, который одновременно выполняет функции фильтра-стабилизатора и источника аварийного питания. В отличие от SPS, которые включаются периодически, UPS работают постоянно, и напряжение на компьютер поступает только от них. Поскольку некоторые фирмы продают источники резервного питания как UPS (они ведь предназначены для общих целей), последние иногда называют "истинными источниками бесперебойного питания" (True UPS). Хотя схема и конструкция UPS и SPS во многом похожи, главное различие между ними заключается в том, что в настоящем UPS отсутствует переключатель — питание компьютера всегда осуществляется от аккумулятора.

В UPS постоянное напряжение 12 В от аккумуляторной батареи преобразуется в переменное. В вашем распоряжении фактически будет свой автономный источник питания, не зависящий от электрической сети. От нее осуществляется только подзарядка аккумулятора, причем ток заряда либо равен потребляемому нагрузкой, либо несколько больше (при частично разряженной батарее).

Даже если напряжение в сети пропадает, UPS продолжает работать, поскольку при этом лишь прекращается процесс подзарядки батареи. Никаких переключений в схеме не происходит, а потому не возникает даже кратковременных сбоев питающего напряжения. Батарея в этом режиме, конечно, разряжается, и интенсивность разряда зависит от мощности, потребляемой компьютером. Но практически в любом случае можно успеть спокойно завершить работу и подготовить компьютер к нормальному выключению питания. UPS функционирует непрерывно, используя заряженный аккумулятор. После восстановления сетевого напряжения аккумулятор сразу, без дополнительных переключений, начинает подзаряжаться, и вы снова можете включить компьютер и спокойно работать.

Примечание

Источник бесперебойного питания может быть очень нагружен и не успеет полностью разрядиться. В этом случае подается соответствующий звуковой сигнал. Отключите устройство от источника питания, чтобы UPS успел избавиться от излишней накопленной энергии.

Многие UPS сегодня продаются вместе с кабелем и программным обеспечением, которое позволяет защищенному компьютеру автоматически корректно завершить работу, получив сигнал от UPS.

Стоимость UPS напрямую зависит от времени, в течение которого он может обеспечивать питание системы при отключении сетевого напряжения, и от выходной мощности. Поэтому, покупая такой прибор, учитывайте мощность, потребляемую вашим компьютером, и время,

необходимое для того, чтобы сохранить файлы, выйти из программы и выключить компьютер. UPS — весьма дорогое удовольствие; батареи большой емкости и зарядный узел устройства стоят значительно дороже, чем SPS.

Поскольку в UPS осуществляется полная стабилизация питания электрической сети, их нельзя даже сравнивать по параметрам с ограничителями выбросов или фильтрами-стабилизаторами. В самых высококачественных моделях для улучшения показателей выходного напряжения устанавливаются феррорезонансные стабилизаторы. UPS такого типа — не только самые лучшие защитные устройства в цепях питания, но и самые дорогие. Чтобы определить, какую мощность потребляет ваш компьютер, взгляните на этикетку, расположенную на задней панели системного блока: мощность указывается либо в ваттах, либо в вольтах и амперах. В последнем случае для определения потребляемой мощности эти два числа нужно перемножить.

Если, например, в документации указано, что напряжение питания равно 120 В, а максимальный потребляемый ток — 5 А, то максимальная мощность потребления составит 600 Вт, что соответствует случаю, когда во все разъемы расширения установлены платы адаптеров, а в компьютере — два жестких диска и один накопитель на гибких дисках (т.е. выполнено максимальное расширение системы). Но в любой ситуации потребляемая мощность не превысит указанной величины, поскольку, если это произойдет, установленный в блоке питания предохранитель на 5 А перегорит. Такие системы в установившемся режиме потребляют в среднем около 300 Вт. Но при вычислении необходимой выходной мощности UPS лучше проявить консерватизм и исходить из 550 Вт. Добавьте еще около 100 Вт на монитор — и получите уже 650 Вт. Выходная мощность UPS двух таких компьютеров должна составлять не менее 1100 Вт, а с двумя мониторами — 1300 Вт. Стоимость такого блока бесперебойного питания составляет от 500 до 700 долларов. Дорогое удовольствие, и именно поэтому большинство компаний приобретают UPS только для критичных компьютеров, например для сетевых файловых серверов.

Примечание

Высокоемкие UPS, предназначенные для использования со стандартной розеткой 15 А, обеспечивают мощность около 1400 Вт. Более высокая мощность может привести к отключению нагрузочной схемы при чрезмерной зарядке батареи и генерации обратным преобразователем максимальной силы тока.

Помимо выходной мощности, UPS различаются и некоторыми другими параметрами. Выше уже упоминалось о встроенных феррорезонансных стабилизаторах, которые позволяют улучшить качество выходного напряжения. В хороших блоках импульсы имеют синусоидальную форму, а в более дешевых устройствах — прямоугольную. Для некоторых блоков питания компьютеров подача на вход импульсов с резкими переходами не допускается, поэтому, прежде чем покупать UPS, удостоверьтесь, что он вырабатывает выходное напряжение, пригодное для питания вашего оборудования. В документации к каждому блоку указывается время, в течение которого он может обеспечивать резервное питание подключенных к нему устройств при определенном уровне потребляемой ими мощности. Если мощность потребления вашей системы меньше указанного уровня, то у вас будет запас времени.

Предупреждение

Не переусердствуйте! Большинство UPS не рассчитано на то, чтобы вы часами просиживали за компьютером после исчезновения напряжения в сети. Они предназначены только для того, чтобы можно было спокойно закончить работу и выключить систему. Если нужно обеспечить функционирование системы дольше 15 минут, стоит подумать о покупке генератора; такое решение будет значительно эффективнее инвестиций в более мощные аккумуляторы.

Защитные устройства для цепей питания выпускают многие производители, например хорошими считаются изделия компаний American Power Conversion (APC) и Tripp Lite, которые выпускают множество разновидностей UPS, SPS и устройств подавления выбросов для электрических и телефонных сетей.

Предупреждение

Не подключайте к UPS/SPS лазерный принтер, поскольку он потребляет много энергии, в результате чего может быть превышена допустимая мощность UPS/SPS. Это часто является причиной их поломки или выключения.

Выключение принтера не критично, поскольку необходимую информацию можно вывести на печать и позже. Главное –– не потерять несохраненные данные, находящиеся в оперативной памяти. Поэтому, если у вас нет веских причин, не подключайте принтер к UPS/SPS.

Некоторые UPS и SPS имеют специальные разъемы, в которые не поступает энергия внутренней батареи, поэтому в них можно подключать принтеры и другие периферийные устройства.

Батареи RTC/NVRAM

Все современные системы содержат микросхему особого типа, в которой находятся часы реального времени (RTC), а также хотя бы 64 байт (включая данные часов) энергонезависимого ОЗУ (NVRAM). Эта микросхема официально называется микросхемой RTC/NVRAM, но обычно на нее ссылаются как на микросхему CMOS или CMOS-память. Такие микросхемы потребляют питание от батарей и могут хранить информацию несколько лет.

Самая первая микросхема, которая использовалась в оригинальных IBM AT, была изготовлена компанией Motorola и имела номер MC146818. Несмотря на то что сегодня подобные микросхемы выпускаются сотнями производителей и имеют различные параметры, все они совместимы с этой микросхемой. В большинстве современных системных плат RTC/NVRAM встроены в микросхему южного моста или контроллер ввода-вывода.

Микросхема содержит часы реального времени, оповещающие программу о текущем времени и дате, причем и время, и дата будут представляться правильно даже при отключении системы. Часть микросхемы, называемая NVRAM, имеет другие функции. Она предназначена для хранения данных о конфигурации системы, включая объем установленной памяти, типы накопителей на гибких и жестких дисках, а также другую подобную информацию. Хотя некоторые новые системные платы для хранения данных о конфигурации имеют микросхемы расширения NVRAM объемом 4 Кбайт, большинство наборов микросхем содержат энергонезависимую память объемом 256 байт, из которого на часы выделяется 14 байт. Система считывает эти данные при каждом включении.

Современные батареи CMOS

Существует несколько типов батарей NVRAM (CMOS RAM). Наиболее распространены литиевые батареи, так как срок их службы составляет от двух до пяти лет. Мне встречались системы, в которых обычные щелочные батареи были закреплены в держателе; подобные решения крайне нежелательны, поскольку батареи приходится очень часто менять. Более того, при использовании обычных батареек очень велика вероятность того, что они потекут, а это неминуемо приведет к выходу из строя системной платы. В настоящее время наиболее часто используется так называемая батарея-"таблетка", которая установлена в специальном гнезде-держателе на системной плате. Существуют два основных типа батарей, которые отличаются химическими элементами, лежащими в основе их работы. Чаще всего используются батареи с катодом из диоксида магния (MnO_2); в маркировке данных батарей присутствует префикс CR; также используются батареи с катодом из монофторида углерода (CF); в маркировке данных батарей присутствует префикс BR. Тип CR более доступен в продаже и обеспечивает большую энергоемкость. Тип BR применяется при более высоких температурах (более 60°C, или 140°F).

Поскольку батареи типа CR дешевле и их проще приобрести, именно их чаще всего используют в ПК. Остальные цифры в маркировке батареи указывают на ее физические размеры. Например, в ПК наиболее часто используется литиевая батарея CR2032; ее диаметр составляет 20 мм, а толщина — 3,2 мм; при этом используется катод из диоксида магния. Подобные батареи можно купить в супермаркете электроники, магазинах фототехники и даже в аптеках. Батарея CR2032 в разрезе представлена на рис. 18.39.

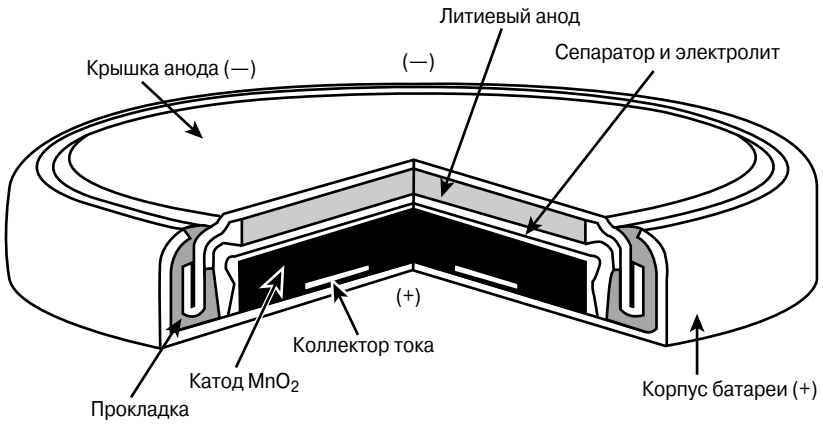


Рис. 18.39. Литиевая батарея CR2032 в разрезе

В табл. 18.26 приведены спецификации литиевых батарей диаметром 20 мм, которые можно встретить в современных компьютерах.

Таблица 18.26. Спецификации литиевых батарей диаметром 20 мм

Тип	Напряжение, В	Емкость, мА·ч	Диаметр, мм	Высота, мм
BR2016	3,00	75	20,00	1,60
BR2020	3,00	100	20,00	2,00
BR2032	3,00	190	20,00	3,20
CR2012	3,00	55	20,00	1,20
CR2016	3,00	90	20,00	1,60
CR2025	3,00	165	20,00	2,50
CR2032	3,00	220	20,00	3,20

BR — монофторид углерода.
CR — диоксид марганца.

Примерное время работы батареи может быть рассчитано с помощью деления емкости на потребляемый ток. Например, типичная батарея CR2032 имеет емкость 220 мА·ч (миллиампер-часов), а микросхема часов/энергонезависимой памяти потребляет 5 мка (микроампер) при отключенном питании. Поэтому время работы батареи можно рассчитать таким образом:

220000 мкА·ч / 5 мкА = 44000 ч = 5 лет.

Если воспользоваться батареей меньшей мощности (CR2025), время ее работы будет рассчитываться по такой формуле:

165000 мкА·ч / 5 мкА = 33000 ч = 3,7 года.

Время работы батареи отсчитывается с момента сборки системы. К моменту продажи компьютера батарея может проработать уже несколько месяцев, даже если компьютер новый. Кроме того, батарея иногда частично разряжается еще до установки в систему, а повышенная температура при ее хранении и во время работы компьютера способна повлиять на срок ее службы. Поэтому реальные показатели работоспособности батареи могут быть меньше теоретических.

С сокращением заряда батареи снижается напряжение, что может повлиять на точность часов реального времени. Большинство литиевых батарей номинально работает с напряжением 3 В, но фактически напряжение новой батареи несколько выше. Если часы в системе идут недостаточно точно (например, отстают), проверьте напряжение батареи энергонезависимой

памяти. Наибольшая точность достижима при напряжении батареи, равном или большем 3 В. Стабильное напряжение литиевых батарей обычно поддерживается до полного использования заряда, после чего очень быстро снижается. Батарея с напряжением менее 3 В подлежит замене, даже если запланированный срок ее замены еще не подошел.

Устаревшие или уникальные батареи CMOS

Хотя в современных компьютерах используются батареи с напряжением 3 В, в старых системах применялись батареи, имеющие самые разные выходные напряжения. Например, применяемые в устаревших персональных компьютерах батареи обычно дают напряжение 3,6, 4,5 или 6 В. Если вы меняете батарею, убедитесь в том, что новая и удаленная батареи имеют одинаковые напряжения. В системных платах могут использоваться батареи с различными напряжениями, которые имеют переключатель, позволяющий установить необходимое значение. Если у вас именно такая системная плата, то, чтобы правильно выбрать установку, обратитесь к документации. Конечно же, проще всего заменить испорченную батарею точно такой же, поскольку в этом случае отпадет необходимость в изменении положений переключателей.

В некоторых системах на протяжении ряда лет применялась микросхема специального типа, содержащая встроенную батарею. Подобные решения выпускались несколькими компаниями, включая Dallas Semiconductor и Benchmarq. Эти микросхемы обладают очень большим сроком службы. При нормальных условиях эксплуатации срок службы интегрированной батареи составляет около десяти лет, что гораздо больше полезного срока службы компьютерной системы. Если в вашей системе используется один из таких блоков, то батарея и микросхема заменяются одновременно, поскольку они конструктивно объединены. Этот блок вставлен в гнездо на системной плате, но в случаях, когда его необходимо заменить, особых проблем не возникает. Новый модуль можно приобрести приблизительно за 18 долларов, что значительно выше стоимости отдельной батареи. Именно поэтому производители интегрировали функции RTC/NVRAM в набор микросхем.

В некоторых системах батареи вообще не применяются. Например, Hewlett-Packard использует специальный аккумулятор, который автоматически перезаряжается при каждом включении системы. Если система не включена, аккумулятор будет обеспечивать RTC/NVRAM энергией, необходимой для работы, на протяжении недели или дольше. Но если компьютер останется выключенным на более длительное время, данные, хранящиеся в NVRAM, будут потеряны. В таком случае система может перезагрузить NVRAM из архивной микросхемы ROM, установленной на системной плате. Единственная информация, которую можно потерять, — текущая дата и время, но ее несложно ввести заново. При использовании аккумулятора в сочетании с архивом в ROM получается довольно надежная система, оснащенная всем необходимым для хранения информации.

Во многих старых системах допускалось использование традиционных батарей, которые могут либо впаиваться непосредственно в системную плату, либо подключаться через разъем. При использовании систем с впаянной батареей не возникает никаких проблем даже в случае ее выхода из строя, поскольку всегда можно применить обычные вставляемые батареи.

Устранение неполадок батареи CMOS

К признакам, по которым можно судить о том, что батарея функционирует некорректно, относятся сброс даты и времени при каждом выключении компьютера (особенно при его перемещении), а также те или иные проблемы при прохождении системой процедуры POST, например сложности с идентификацией жесткого диска. Если вы столкнулись с подобными проблемами, запишите текущие настройки CMOS, после чего как можно быстрее замените батарею.

Предупреждение

При замене батареи следите за полярностью, иначе можно испортить микросхему RTC/NVRAM (CMOS). Обычно разъем для батареи на системной плате, как и сама батарея, имеет ключ, что предотвращает неправильное подключение. Назначение контактов этого разъема должно быть описано в документации.

На всякий случай рекомендуется перед заменой батареи записать значения всех параметров конфигурации системы, сохраняемых в NVRAM. В большинстве случаев достаточно запустить программу установки параметров BIOS и переписать или распечатать все значения параметров. Некоторые программы установки параметров BIOS позволяют сохранить данные NVRAM в файле, а затем восстановить их в случае необходимости.

Совет

Если системная BIOS защищена паролем и вы его забыли, удалите батарею на несколько минут, а затем установите снова. В результате в базовой системе ввода-вывода значения параметров будут установлены по умолчанию, а защита паролем будет снята.

Заменив батарею, включите компьютер и используйте программу установки параметров BIOS, чтобы проверить (и установить в случае необходимости) значения даты, времени и любых других параметров, которые хранятся в NVRAM.

ГЛАВА

19

Сборка и модернизация компьютера

Компоненты компьютера

Сегодня сборка компьютера с нуля уже не кажется такой сложной, как раньше. Любую деталь для ПК можно приобрести по вполне доступной цене. В большинстве случаев самостоятельно собранный компьютер будет состоять из тех же компонентов, что и компьютеры известных фирм.

Однако в ценовом отношении такой подход вряд ли оправдан. Дело в том, что большинство современных производителей закупают детали оптом, получая при этом очень большую скидку.

Кроме того, вам придется платить за доставку каждого из заказанных компонентов, а не за всю систему. Дополнительные расходы возрастают, когда некоторые из присланных деталей оказываются бракованными или не соответствуют заявленным техническим характеристикам. Если некоторые заказанные компоненты будут совместимы с другими компонентами, за их возврат поставщику придется платить компенсацию.

Если комплектующие будут приобретаться не у непосредственных производителей, а в розничных торговых точках, своими дополнительными расходами вы будете окупать еще и рентабельность этих магазинов.

Не стоит забывать и о стоимости программного обеспечения. К примеру, цена лицензии на операционную систему для предприятия-сборщика (так называемую OEM-версию) значительно ниже цены "коробочной" версии того же продукта. Независимо от того, оставите вы их в системе или нет, создатели программ уже заплатили сборщикам компьютеров за их установку в рекламных целях, за счет чего последние могут дополнительно снизить цену на готовую продукцию. Учитывая сказанное, индивидуальному сборщику сложно конкурировать в вопросах затрат с массовым производителем компьютерных систем.

Еще одним вопросом, связанным с операционными системами, является активация Windows. Если компьютер приобретен у одного из основных OEM-производителей с предустанов-

ленной Windows, эта версия системы уже полностью активирована с использованием технологии Microsoft SLP (System Locked Preinstallation), которая предполагает использование согласованной пары кодов в Windows и BIOS системы. Это означает, что у вас не возникнет никаких проблем с активацией системы, даже если вы переустановите операционную систему с диска восстановления, прилагаемого к системе. Однако, если вы решили самостоятельно собрать систему, вам придется активировать Windows при каждой переустановке; кроме того, порой это приходится делать и при замене слишком большого количества устройств в системе.

Самостоятельно собирать компьютер имеет смысл только в том случае, когда ставится цель не сэкономить деньги, а приобрести опыт. В итоге вы получите не только настроенную систему, состоящую из выбранных вами компонентов, но и приобретете богатый опыт, а это, бесспорно, вещь стоящая. Точно зная, как устроена система, проще устанавливать дополнительные комплектующие. Покупая готовую компьютерную систему, приходится лавировать между выбранными производителями конфигурациями, рассчитанными на массового потребителя. В большинстве случаев для эффективного решения поставленной задачи те или иные компоненты в такой системе конечному потребителю рано или поздно приходится модернизировать. В собранной собственноручно системе вы априори получаете то, к чему стремились.

Еще одним несомненным преимуществом собственноручной сборки системы является то, что гарантируется использование исключительно стандартных компонентов, что облегчает дальнейшую модернизацию и ремонт.

При сборке новой системы можно неплохо сэкономить благодаря применению уже существующих компонентов. Ваши монитор, клавиатура, мышь, устройства хранения и большинство адаптеров, а также корпус и иногда блок питания вполне могут перейти из старой системы в новую.

Однако при этом не стоит забывать о постоянном совершенствовании системных компонентов. Новая материнская плата может “не принять” некоторые из устройств старого образца. Многократно используя составляющие компьютерной системы, мы также решаем вопросы загрязнения окружающей среды, а это нельзя сбрасывать со счетов, учитывая масштабы компьютеризации.

Итак, если вы нуждаетесь в практике и хотите иметь свою систему, которую не предлагает ни одна фирма, самостоятельная сборка компьютера — именно то, что вам нужно.

В этой главе подробно описаны компоненты, необходимые для сборки компьютера, и даны некоторые рекомендации.

При сборке типичного ПК обычно используются такие компоненты:

- корпус с блоком питания;
- системная плата;
- процессор с теплоотводным элементом;
- память;
- накопитель на гибких магнитных дисках (не обязательно);
- накопитель на жестком диске;
- накопитель на оптических дисках (CD/DVD);
- клавиатура и устройство позиционирования (мышь);
- видеоадаптер и монитор;
- звуковая карта и акустические системы;
- сетевой адаптер;
- модем (не обязательно);
- кабели;
- дополнительные компоненты (винты, крепежные элементы и т.д.);
- операционная система.

Некоторые из этих элементов приобрести по отдельности не удастся. К примеру, в материнскую плату могут быть интегрированы звуковой и сетевой адаптеры, а возможно, и видеосистема. Все эти компоненты подробно описываются в следующих разделах.

Корпус с блоком питания

Блок питания обычно встроен в корпус, хотя некоторые производители продают их и по отдельности. Блоки питания, содержащиеся в дешевых корпусах, обычно имеют плохие характеристики, так что рано или поздно их придется заменять. Выбор корпуса в основном зависит от формфактора желаемой материнской платы, количества отсеков для устройств, а также места установки системного блока: стол, монтажная стойка или пол. Кроме того, на выбор влияют наличие дополнительных вентиляторов и разъемов ввода-вывода на передней панели, возможности съема боковой панели и прочие условия. Для стандартных систем лучше выбрать корпус в виде башни средних размеров, способный принять материнские платы формфактора ATX или microATX и оснащенный блоком питания ATX12V 2.x. Эти блоки питания имеют 24-контактный основной силовой штекер, пригодный для 20- и 24-контактных разъемов электропитания современных материнских плат.

Размеры и форму компонента называют *формфактором*. Наиболее распространенные из них перечислены ниже:

- Full-tower (полная "башня");
- Mid- или mini-tower ("башня" средних или малых размеров);
- Desktop (настольный, "лежачий" вариант);
- Slimline (низкопрофильные настольные модели).

Подобных официальных формфакторов для материнских плат и блоков питания не существует; каждая конкретная модель корпуса способна вместить в себя определенные типоразмеры этих компонентов. Так что в данном случае следует принять во внимание совместимость типоразмеров всех этих трех компонентов.

Определяясь с типоразмером корпуса, не следует забывать о том, что он должен допускать установку системной платы и блока питания, на которых вы остановили свой выбор. В небольшие корпуса часто можно установить только системные платы формфактора MicroATX, FlexATX, MicroBTX или PicoBTX, что ограничивает возможности выбора.

Если выбранный корпус допускает установку полноразмерной платы ATX или BTX, можете быть уверены, что в него можно будет установить и соответствующие системные платы, которые характеризуются уменьшенными размерами.

Выбор корпуса зависит только от вас. Многие предпочитают полноразмерные корпуса Tower, так как они могут вмещать больше устройств долгосрочного хранения (приводов жестких, гибких и оптических дисков, а также ленточных накопителей). В некоторых корпусах Desktop может быть столько же места, сколько в Tower (Mini-Tower). По сути, корпус Tower может рассматриваться как Desktop, поставленный на бок. Некоторые корпуса могут использоваться в любой ориентации (и как Desktop, и как Tower).

При покупке блока питания следует учитывать количество устройств, которые будут установлены в системе, а также их потребляемое напряжение. Вычисление суммарной мощности, потребляемой аппаратными устройствами, и выбор соответствующего блока питания описаны в главе 18.

Процессор

Существуют два основных типа реализации процессоров Intel и AMD — продажа "коробочных" и OEM-процессоров.

Наиболее существенным отличием этих процессоров является их физическая компоновка. Процессоры обоих типов поступают в продажу в упакованном виде, однако "коробочные" процессоры Intel или AMD поставляются в ярко раскрашенных коробках, в которых, кроме

процессора, находятся также радиатор, вентилятор, инструкции по установке, сертификат подлинности, гарантийное обязательство и т.д.

Процессоры OEM поставляются в коробках по десять–сто штук. При этом они не оснащаются отдельными теплоотводами, вентиляторами, инструкциями или гарантийными талонами. Обычно их приобретают крупные компании — сборщики компьютеров.

"Коробочные" процессоры, как правило, имеют трехлетнюю гарантию от производителя. Например, если в течение трех лет с момента приобретения микросхема выйдет из строя, конечный пользователь имеет право обратиться в компанию Intel или AMD, которая обязана ее заменить. Процессоры OEM не обеспечиваются гарантийными обязательствами со стороны непосредственного изготовителя (Intel или AMD); тем не менее компания, в которой приобретается тот или иной процессор, обычно предоставляет 30- или 90-дневную гарантию. Продолжительность гарантийного периода и метод обеспечения гарантийных обязательств полностью зависят от дилера, у которого был приобретен тот или иной товар. Если дилер прекращает свою торговую деятельность, выполнение гарантийных обязательств становится проблематичным. При покупке OEM-процессора, уже установленного на системной плате, одна гарантия покрывает оба эти компонента.

Поскольку выбранная материнская плата предопределяет тип процессора, который можно использовать, начинать следует с выбора процессора, чтобы определить, каким именно гнездом (разъемом) должна быть оснащена системная плата. Подробно о процессорах и описание их характеристик см. в главе 3.

Совет

Много интересной информации о продающихся материнских платах и процессорах приведено на сайте `NewEgg.com`. Его можно использовать в качестве справочника по доступным компонентам и вопросам их совместимости.

Системная плата

Существует несколько формфакторов для системных плат, которые определяют физические размеры платы, а следовательно, и тип корпуса.

При выборе материнской платы следует обратить внимание на ряд других определяющих моментов. О них мы поговорим в следующих разделах.

Набор микросхем системной логики

Вторым по важности элементом системной платы (после процессора) является установленный на ней набор микросхем системной логики (чипсет). Эти две микросхемы обычно называют северным мостом (или контроллером памяти) и южным мостом (или контроллером ввода-вывода). Они заменяют собой более 150 отдельных компонентов, используемых в оригинальной системе IBM AT, и позволяют проектировать функциональность системы с помощью всего нескольких элементов. Набор микросхем содержит большинство электрических цепей системной платы, за исключением процессора и памяти.

На самом деле набор микросхем представляет собой материнскую плату и оказывает огромное влияние на ее производительность и ограничения. Он определяет объем и тип устанавливаемой памяти, тип и быстродействие процессора, поддерживаемые шины и их скорость и т.д.

Так как на рынке постоянно появляются новые наборы микросхем и их характеристики улучшаются, вряд ли возможно перечислить их все. Описание наборов микросхем, доминирующих на рынке, см. в главе 4.

Очевидно, что выбор набора микросхем в значительной мере зависит от процессора и ряда других компонентов компьютера, подлежащих установке.

Большинство современных наборов микросхем поддерживает только разъемы расширения PCI и PCI Express; если у вас остались старые карты AGP или ISA, скорее всего, в новых системах им придется подыскать замену.

При покупке системной платы постарайтесь получить документацию к ее набору микросхем. В ней вы найдете описание работы контроллеров кэша и памяти, а также множества других важных системных компонентов. Также в документации обычно описываются особенности настройки расширенных функций набора микросхем в программе BIOS Setup. С помощью этой информации станет возможной тонкая настройка параметров материнской платы, обеспечивающих ее наивысшую производительность.

BIOS

Еще одним важным элементом системной платы является BIOS. Ее также называют ROM BIOS (Read Only Memory), поскольку программа хранится в микросхеме, не предоставляющей возможности перезаписи. Здесь хотелось бы подчеркнуть следующее. Необходимо убедиться, что BIOS принадлежит одному из ведущих в этой области производителей — AMI, Phoenix, Award (ныне приобретена Phoenix), — а также содержится в специальной перепрограммируемой микросхеме, называемой Flash ROM или EEPROM. Это позволяет загружать обновление BIOS с сайта производителя и с помощью специальной программы устанавливать его в микросхеме (не забудьте проверить регулярность обновлений BIOS на сайте производителя микросхемы). Если не удается сразу найти обновления BIOS, документацию или драйверы материнской платы, переключите внимание на продукцию другого производителя, обеспечивающего лучшую поддержку.

Кроме того, следует убедиться, что BIOS поддерживает процессор, который будет установлен в текущий момент, а также его будущую замену. Если системная плата и набор микросхем, в отличие от BIOS, поддерживают новый процессор, обновления BIOS не избежать.

Память

Основная память обычно устанавливается в виде модулей DIMM. Сегодня в PC-совместимых компьютерах используются три вида модулей основной памяти, и каждый из них имеет несколько модификаций:

- 184-контактный DDR DIMM;
- 240-контактный DDR2 DIMM;
- 240-контактный DDR3 DIMM.

Память DDR (Double Data Rate) SDRAM представляет собой вариант стандартной памяти SDRAM, имеющий удвоенную скорость передачи данных. Эта модель — наиболее распространенный тип памяти, используемой в современных системах. Память DDR2 DIMM появилась в новых системах в 2004 году; через некоторое время в результате эволюции она была заменена памятью DDR3.

В современных материнских платах память используется либо в одноканальном, либо в двухканальном режиме. В одноканальном режиме работа с каждым 64-разрядным модулем DIMM ведется в индивидуальном порядке; в двухканальном режиме два модуля DIMM рассматриваются как единое целое, что позволяет удвоить производительность. Если хотите воспользоваться преимуществами двухканального режима, устанавливайте в материнскую плату пары модулей с одинаковыми характеристиками (и желательно от одного производителя).

Модули памяти также могут поддерживать еще один бит в дополнение к каждым восьми битам для поддержки кода коррекции ошибок (ECC). Если поддержка ECC играет большую роль, прежде чем приобретать дорогостоящие модули с поддержкой ECC, убедитесь, что соответствующую поддержку обеспечивает и системная плата.

Подробные сведения о памяти для ПК различных типов см. в главе 6.

Порты ввода-вывода

Практически во всех современных системных платах порты ввода-вывода встроены. В исключительных случаях их работу приходится обеспечивать с помощью отдельной платы, ко-

торая, к сожалению, занимает один разъем расширения. В собираемые современные системы могут быть включены следующие порты:

- подключения клавиатуры (типа mini-DIN, или PS/2);
- подключения мыши (типа mini-DIN, или PS/2);
- последовательный;
- параллельный;
- четыре или более порта USB;
- два или более порта FireWire;
- один-два разъема интегрированного видео VGA или DVI;
- порт RJ-45 для сети 10/100 Ethernet или 10/100/1000 Ethernet;
- разъемы звуковой системы (колонки, микрофон и т.п.);
- один или более порт Parallel ATA;
- два или более порта Serial ATA.

Некоторые современные материнские платы лишены портов старого образца (последовательный, параллельный, клавиатуры и мыши); для подключения соответствующих устройств используются порты USB. Если вы продолжаете использовать старые устройства, таких материнских плат (их называют "legacy-free") следует избегать. Во многие материнские платы интегрирована звуковая и/или видеосистема.

Все интегрированные порты поддерживаются непосредственно набором микросхем системной платы или дополнительной микросхемой Super I/O и интерфейсными компонентами. Использование видеоадаптера и звукового интерфейса, интегрированных в системную плату, позволяет неплохо сэкономить и освободить слоты расширения, что особенно актуально для недорогих систем. В то же время интегрированная видеосистема не позволяет обеспечить производительность, сравнимую с видеокартами PCI Express или AGP.

Если в системную плату не встроены необходимые устройства, имейте в виду, что на рынке представлено множество плат расширения с нужными портами. Как уже отмечалось, в большинстве новых моделей таких системных плат многие компоненты интегрированы в единой микросхеме, что удешевляет производство системных плат и делает их более надежными.

Основной недостаток встроенного видеоадаптера или сетевого адаптера состоит в том, что отсутствует возможность выбора с точки зрения функциональности и качества. Конечно, подобные решения справляются с поставленной задачей, однако они не обеспечивают быстродействие на уровне дорогостоящих внешних адаптеров. Многие из тех пользователей, кто самостоятельно собирают системы, отдают предпочтение отдельным адаптерам, так как при этом получают более функциональные и быстродействующие системы по сравнению с компьютерами, оснащенными интегрированными адаптерами.

Покупка системной платы с интегрированными адаптерами не лишает пользователя возможности добавить отдельные платы расширения. Как правило, видео- или аудиоадаптер можно установить в системную плату с интегрированными компонентами без особых проблем (если не считать денег, напрасно потраченных на встроенные микросхемы). Иногда возникают сложности с автоматическим определением установленного адаптера в системах Windows; в этом случае нужный тип платы расширения можно указать вручную. Если хотите сочетать удобство интегрированной видеосистемы с возможностью последующего расширения с помощью быстродействующего адаптера PCI Express, ищите системные платы с интегрированными видео и слотом расширения PCIe x16.

Четыре и более порта USB, используемых в одной системе, обычно распределяются по двум или более шинам USB. При этом один набор разъемов располагается на задней части платы, другой — на системной плате. Кабель, подключаемый к этому разъему, позволяет вынести порт второй шины USB на переднюю панель системного блока. Подобная компоновка

портов USB используется в большинстве современных корпусов, что позволяет упростить подключение различных устройств, таких как цифровые фотоаппараты и проигрыватели MP3.

Для установки отдельного адаптера в системную плату с интегрированными видео- и аудиомикросхемами последние необходимо отключить в Setup BIOS. Для интегрированных устройств в настройках BIOS должны быть представлены параметры Enable/Disable (включить/отключить).

Жесткие диски

В компьютере должен иметься в наличии хотя бы один жесткий диск. Одно из правил гласит: "Дискового пространства не бывает слишком много", и вы сами убедитесь в его истинности. Каким бы большим ни был диск, однажды он окажется заполненным до отказа.

В настоящее время наиболее популярным интерфейсом жестких дисков является SATA; большинство материнских плат уже содержит 4–6 разъемов SATA. Большинство пользователей продолжают применять порты PATA для приводов оптических дисков, однако и эти устройства уже начали поставляться в версиях SATA.

Многие системные платы поддерживают интерфейс SATA, совместимый с RAID. Это позволяет устанавливать несколько жестких приводов в разных конфигурациях дискового массива: RAID 0 (с полосованием), RAID 1 (зеркалирование), RAID 5 (полосование с распределенной четностью) и RAID 10 (зеркалирование с полосованием). Последние три варианта особенно ценны в системах, критичных к потере данных. Массив RAID 1 требует двух идентичных дисков, RAID 5 — трех или более накопителей, RAID 10 — четырех.

Практически во всех системных платах имеются порты USB 2.0. Кроме того, во многих компьютерах есть порты IEEE-1394 (FireWire), встроенные в системную плату или установленные на плате PCI. Накопители с интерфейсом FireWire 400 или USB 2.0 полезны для резервирования данных и в качестве средства переноса больших объемов информации между системами.

Большинство накопителей на жестких дисках известных компаний имеют примерно одну и ту же производительность и практически не различаются по стоимости и качеству.

Накопители на сменных носителях

Многие современные системы уже не оснащаются 3,5-дюймовыми дисководами, поскольку все новые системы позволяют выполнять загрузку с оптических CD и DVD и даже с устройств USB.

В качестве дополнительного устройства хранения, независимо от вашего бюджета, рекомендую отдавать предпочтение накопителям DVD+/–RW (позволяющим работать с перезаписываемыми DVD), а не дисководам, накопителям Zip и даже CD-RW. В настоящее время подобные устройства достаточно дешевы (стоимость большинства моделей не превышает 30 долларов) и позволяют работать как со всеми типами компакт-дисков, так и со всеми типами DVD. За последние несколько лет стоимость перезаписываемых накопителей DVD значительно снизилась, вследствие чего в расчете на один мегабайт они оказываются гораздо выгоднее, чем перезаписываемые CD.

Если вас прежде всего интересует малый размер устройства, предпочтение следует отдавать флеш-картам с интерфейсом USB. Подобные устройства при достаточно большой емкости обладают просто миниатюрными размерами. Первое поколение подобных накопителей позволяло сохранять не более 16 Мбайт данных, а новые устройства — 32 Гбайт и больше.

Устройства ввода

Очевидно, что для компьютера понадобятся клавиатура и некоторое устройство позиционирования курсора, например мышь. Выбор конкретной модификации этих устройств напрямую зависит от личных предпочтений пользователя. Поэтому придется перепробовать немало моделей, прежде чем вы найдете наиболее подходящую. Одним нравятся клавиатуры

с упруго нажимающимися клавишами, которые можно хорошо "прочувствовать", другие предпочитают "мягкие" клавиатуры.

Клавиатура и мышь обычно выпускаются с интерфейсом PS/2 или USB. Хотя до сих пор наиболее популярны решения с интерфейсом PS/2, которые оснащены 6-контактным разъемом mini-DIN (PS/2), новые компьютерные системы преимущественно укомплектовываются периферийными устройствами с интерфейсом USB. Беспроводные клавиатура и мышь часто вообще не поддерживают подключение к порту PS/2.

Видеоадаптер и монитор

При сборке компьютера обязательно понадобятся видеоадаптер и монитор. Особое внимание следует уделить выбору монитора. Он является основным средством общения с системой, и в зависимости от его качества работа за компьютером может стать либо удовольствием, либо мучением. В настоящий момент технологии ЭЛТ-мониторов отмирают и рынок прочно завоевывают жидкокристаллические дисплеи.

Большинство ЖК-мониторов можно подключить к аналоговому порту VGA; более современные модели также поддерживают интерфейсы DVI, HDMI и DisplayPort, которые вытесняют VGA.

Устаревшие системы поддерживали преимущественно видеокарты с интерфейсом AGP. Однако в настоящее время все больше и больше видеоадаптеров — особенно в сегменте высокопроизводительных решений — выпускается для интерфейса PCI Express. Windows поддерживает несколько мониторов, что очень удобно в целом ряде случаев. Если же необходимо максимальное быстродействие, потребуется система, оснащенная двумя видеоадаптерами с интерфейсом PCI Express x16. Компании NVIDIA и ATI (ныне входящая в состав AMD) предлагают подобные графические процессоры, пара которых обеспечивает максимальный уровень быстродействия.

При модернизации видеоадаптера сначала необходимо вынуть старый адаптер, после чего заменить его новым, того стандарта, который поддерживается системной платой (чаще всего это AGP или PCI Express). В случае использования устаревших систем с разъемом AGP следует удостовериться в совместимости системной платы и видеоадаптера, так как было выпущено несколько версий стандарта AGP, отличающихся быстродействием (4x, 8x и т.д.). Также можно заменить видеокарту PCI другим адаптером с этим интерфейсом, если система не поддерживает стандарт AGP, однако в данном случае имеет смысл модернизировать систему целиком, чтобы обеспечить поддержку шины AGP или PCI Express, поскольку это позволит установить гораздо более быстрые видеоадаптеры.

Многие системные платы с интегрированным графическим ядром содержат слот AGP или PCI Express, к которому можно подключить соответствующий видеоадаптер, после чего, как правило, интегрированная видеосистема автоматически отключается (в некоторых случаях отключать ее приходится вручную в настройках BIOS).

Звуковая плата и акустические системы

Все современные системы должны воспроизводить звук с тем или иным качеством, а значит, системе необходимы минимум пара динамиков, а также системная плата с интегрированной звуковой системой или отдельная звуковая плата. Большинство современных систем, даже те из них, которые не имеют интегрированной графической системы, оснащены интегрированной звуковой системой, однако ее можно отключить, если вы предпочитаете более качественные решения. Выделенные звуковые платы, такие как платы серии X-Fi от компании Creative, оказываются идеальным решением в том случае, если вам необходимо высокое качество звука при воспроизведении DVD, захвате и редактировании звука, а также объемное звучание в играх. Практически все современные интегрированные звуковые решения поддерживают такие стандарты, как Creative Sound Blaster, Windows DirectSound и некоторые другие.

Встречаются разнообразные акустические системы для ПК — от маленьких и невзрачных до воплотивших в себе мечту энтузиастов высококачественного звучания. Многие производители звуковых систем теперь работают и для рынка персональных компьютеров. Ряд систем включает в себя низкочастотный усилитель и аппаратную поддержку стандарта объемного звука Dolby 5.1/6.1/7/1.

Вспомогательные компоненты

Для комплектации системы понадобятся вспомогательные компоненты — небольшие детали, которые помогут завершить сборку. В комплектацию следует включить абсолютно все компоненты, вплоть до мельчайшего кабеля и винтика, чтобы процесс сборки прошел без сучка и задоринки. Было бы неприятно ждать лишних пару недель забытого в изначальной спецификации кабеля.

Теплоотводы

Большинство современных процессоров выделяют много тепла. Это тепло необходимо отводить, в противном случае компьютер будет работать нестабильно или вообще не будет работать. Так называемые "коробочные" процессоры от Intel и AMD поставляются в комплекте с теплоотводом и вентилятором. И хотя в OEM-поставках процессоры не комплектуются теплоотводом от производителя процессора, большинство производителей ПК комплектуют процессоры теплоотводами от сторонних производителей; чаще теплоотводы и вентиляторы от сторонних производителей оказываются эффективнее решений от производителей процессоров, а значит, их можно применять при "разгоне".

Предупреждение

Все современные теплоотводы должны быть установлены на некоторый теплопроводящий слой в виде пасты или ленты, наносимый на поверхность охлаждаемого компонента. Некоторое количество такого материала может входить в комплект теплоотвода, однако при его переустановке потребуется дополнительное количество пасты или ленты, которое можно купить в любом компьютерном магазине.

Вентилятора в блоке питания и на процессоре часто бывает недостаточно для охлаждения современных высокопроизводительных систем. Рекомендуется приобретать системные блоки, оснащенные хотя бы одним дополнительным вентилятором. Обычно он встроен в заднюю часть блока, втягивает воздух снаружи и направляет его на системную плату. Иногда еще один вентилятор расположен около отсеков для дисковых накопителей.

Кабели

Для подключения всех элементов к компьютеру понадобится определенное количество кабелей. Имеются в виду кабели питания, накопителей на магнитных дисках, накопителей CD-ROM и многие другие. Чаще всего кабели прилагаются к приобретаемым устройствам, но иногда их может и не быть. Шасси обычно содержат кабели для подключения элементов фронтальной панели, в то время как кабели питания обычно поставляются вместе с блоком питания.

Крепежные элементы

Вам могут потребоваться винты, "стойки", направляющие и другие устройства для сборки системы. Чаще всего подобные комплектующие поставляются вместе с корпусом.

Программные и аппаратные ресурсы

При сборке компьютера следует обеспечить взаимодействие выбранных компонентов и использовать соответствующие программные ресурсы их поддержки. Выбор системы не ограничивается подсчетом слотов расширения системной платы и отсеков для накопителей системного блока. Следует учитывать ресурсы, необходимые для всех компонентов компьютера. Например, если выбранное вами шасси оснащено фронтальными портами ввода-вывода, доступны ли все необходимые разъемы на системной плате? Вам необходимо внимательно

спроектировать всю систему, прежде чем приобретать компоненты. Конечно, планирование требует определенных затрат времени, и именно по этой причине на рынке продаются преимущественно готовые компьютерные системы.

Совет

В большинстве случаев перед приобретением процессора, системной платы или других основных компонентов можно просмотреть необходимую информацию на соответствующем сайте. Для знакомства с некоторой документацией потребуется программа Adobe Acrobat Reader, которую можно бесплатно загрузить с сайта `www.adobe.com`.

Еще одним важным решением является выбор операционной системы. Следует быть уверенным, что она будет поддерживать все выбранные устройства, а проверить это порой непросто. Сегодня самыми популярными являются Windows и некоторые вариации Linux, такие как Ubuntu. Выбор операционной системы самим пользователем — еще одно достоинство собственноручной сборки компьютера.

Поиск драйверов для различных компонентов, таких как набор микросхем материнской платы, может оказаться довольно сложной проблемой. Поэтому, прежде чем приступать к сборке, лучше собрать все необходимые драйверы, обновленные версии BIOS, прошивок и т.д. Лучше записать весь этот материал на один компакт-диск, чтобы в случае необходимости любая из программ поддержки была под рукой.

Сборка и разборка компьютеров

После тщательного подбора всех компонентов на сборку системы потребуется совсем немного времени. По сути, выбор нужных элементов системы является самым длительным и сложным процессом во всей компоновке компьютера. Сама же сборка сводится к закручиванию нескольких винтов, подключению кабелей и разъемов и последующей настройке операционной системы.

В первую очередь необходимо выяснить, работает ли система так, как планировалось, и существует ли какая-то несовместимость между аппаратными компонентами. Уделяйте особое внимание физической инсталляции устройств. Даже при профессиональной сборке далеко не все компьютеры сразу работают безупречно. Часто забывают установить нужную перемычку, переключатель или кабель, что в дальнейшем приводит к определенным проблемам. В подобных ситуациях, как правило, во всем обвиняют дефектное аппаратное обеспечение, что не всегда соответствует действительности. Часто корень всех бед кроется в пропущенном элементе или ошибке, допущенной на подготовительном этапе сборки компьютера.

Кроме того, при сборке собственной системы действует негласное правило: хранить всю документацию и программное обеспечение поддержки всех устройств в одном месте. Этот материал незаменим при возникновении проблем любого рода как при сборке, так и в период эксплуатации. Также следует сберегать в сохранности упаковочный материал всех компонентов до истечения их гарантийного срока — это одно из главных условий обмена вышедшего из строя товара.

Подготовка к работе

Для сборки компьютера потребуется пара крестообразных отверток разных диаметров: 1/4 и 3/16 дюйма. Для извлечения или установки стоек и перемычек пригодится пинцет. Благодаря повсеместной стандартизации для закрепления разных деталей в системном блоке используются винты всего нескольких стандартных размеров. Причем размещение устройств в системном блоке не зависит от конкретного производителя устройств. Типичные компоненты, используемые при сборке ПК, представлены на рис. 19.1, а полученный в результате системный блок — на рис. 19.2. Используемый вами набор компонентов может немного отличаться.

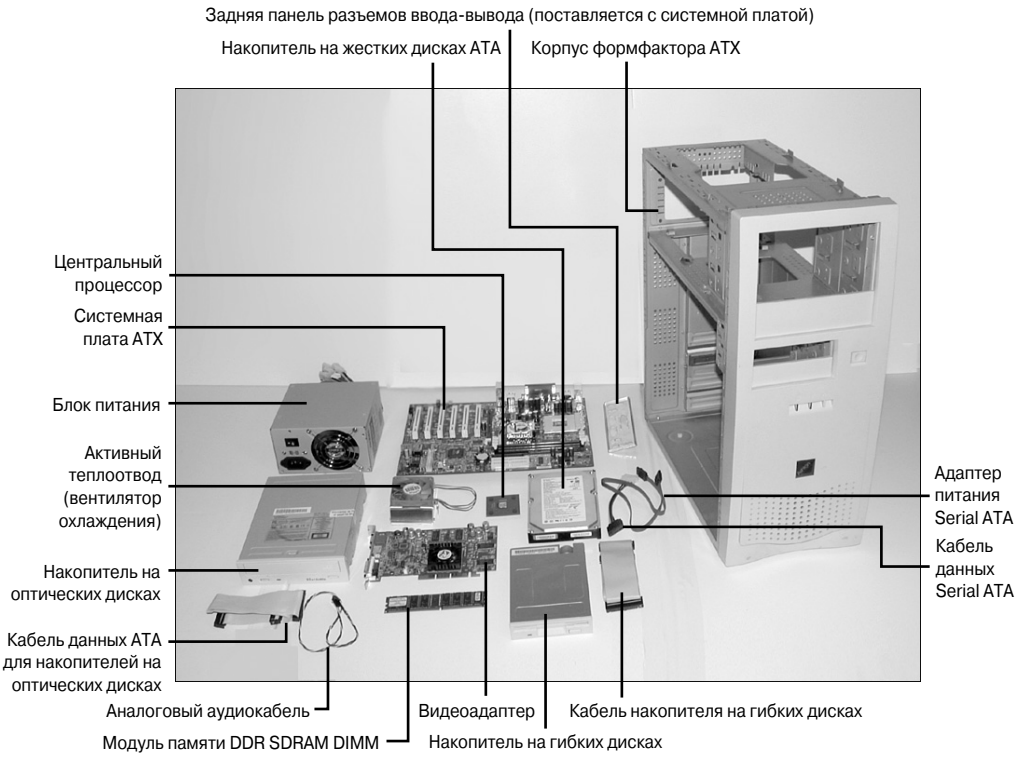


Рис. 19.1. Компоненты, используемые при сборке типичного ПК. Крепежные винты и стойки не показаны, так как обычно поставляются вместе с корпусом или жестким диском



Рис. 19.2. Системный блок, собранный из комплектующих, показанных на рис. 19.1

Подробные сведения об инструментах, используемых для работы с ПК, представлены в главе 20.

В компьютере не так много составных частей. В этой главе описаны операции разборки и сборки следующих узлов:

- корпус;
- блок питания;
- плата адаптера;
- системная плата;
- дисковые устройства.

Защита от электростатического разряда

Работая с открытым корпусом компьютера, нужно принять меры, исключающие возможность электростатического разряда через сигнальные цепи. Ваше тело несет в себе некоторый заряд, и этот потенциал может оказаться опасным для полупроводниковых компонентов. Прежде чем забраться внутрь открытого устройства, коснитесь заземленного участка его шасси, например крышки блока питания. При этом потенциалы тела и общего провода компьютера уравняются. Не советую работать с открытым компьютером при вставленном в розетку сетевом шнуре, так как вы вполне можете его включить в самое неподходящее время или просто забыть выключить.

Предупреждение

Блоки питания, используемые во многих современных системах, постоянно подают напряжение +5 В на системную плату, даже если компьютер выключен. Всегда отключайте кабель блока питания от настенной розетки.

Более сложный способ равномерного распределения потенциалов между вами и компонентами компьютера — применение защитного электростатического комплекта. В комплект входят браслет и проводящий коврик, снабженный проводами для подключения к шасси. При работе с компьютером подложите коврик под системный блок. После этого соедините его проводом с шасси и наденьте антистатический браслет. Поскольку коврик и шасси уже соединены, провод от браслета можно подключить к любому из этих предметов. Если у вас нет коврика, подсоедините провод к шасси. В местах подключения соединительных проводов шасси компьютера не должно быть окрашено, в противном случае электрического контакта не будет. Все эти меры направлены на то, чтобы равномерно распределить электростатические заряды между вашим телом и узлами компьютера и избежать появления опасных токов.

Положите на антистатический коврик вынутые из компьютера элементы: накопители на жестких и гибких дисках, платы адаптеров и особо хрупкие компоненты — системную плату, модули памяти и процессор. Не ставьте системный блок так, чтобы он занимал весь коврик (потом вам придется переставлять его, чтобы освободить место для демонтированных узлов). Прежде чем вынуть материнскую плату, освободите для нее место на коврике.

Если у вас нет коврика, размещайте вынутые схемы и устройства прямо на столе. Платы адаптеров всегда держите за металлический кронштейн, которым они крепятся к корпусу. Кронштейн соединен с общим проводом платы, и возможный электростатический разряд не приведет к повреждению компонентов адаптера. Если у платы нет металлического кронштейна (как, например, у системной платы), аккуратно держите ее за края и не касайтесь установленных на ней компонентов.

Предупреждение

Иногда рекомендуют класть вынутые платы и микросхемы на алюминиевую фольгу, но этого делать *нельзя*! На многих платах адаптеров и системной плате установлены литиевые или никель-кадмиевые батареи (аккумуляторы). Эти батареи весьма бурно реагируют на короткое замыкание, которое может произойти, если положить плату на фольгу. Батареи быстро перегреваются и взрываются, как петарды,

причем разлетающиеся осколки весьма опасны для глаз. Поскольку вы можете не знать, установлен ли на конкретной плате аккумулятор, придерживайтесь общего правила: никогда не кладите платы на проводящую металлическую поверхность.

Запись параметров конфигурации

Прежде чем в последний раз выключить компьютер перед снятием крышки, запишите его жизненно важные параметры. При работе с компьютером вы можете намеренно или случайно удалить информацию из CMOS-памяти. На рис. 19.3 показан типичный переключатель системной платы.

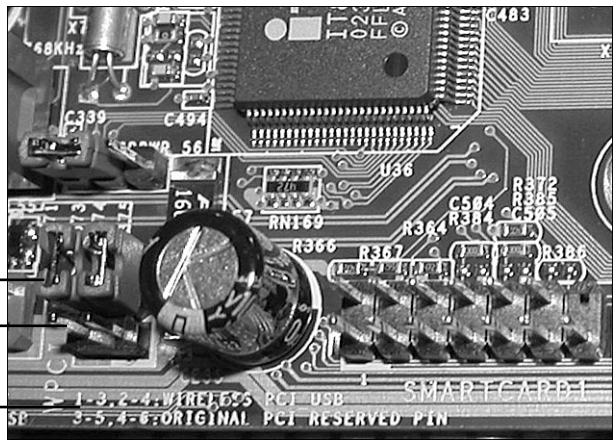


Рис. 19.3. Схема расположения перемычек, нанесенная трафаретным способом на системную плату; показанное здесь положение перемычек используется для конфигурирования системной платы с интерфейсом PCI и USB

Установка системной платы

Перед установкой новой системной платы прежде всего нужно ее распаковать и проверить, все ли на месте. Обычно в комплект поставки, кроме самой платы, входят несколько кабелей для подключения устройств ввода-вывода и документация.

Установка процессора и теплоотвода

В материнскую плату перед установкой в корпус нужно вставить процессор и модули памяти. В некоторых системных платах имеются переключатели, управляющие тактовой частотой процессора и его электропитанием. Если установить их некорректно, то либо система не будет функционировать, либо процессор выйдет из строя. В современных материнских платах подаваемое на процессор напряжения задается в настройках BIOS. Если у вас возникли вопросы относительно положения переключателей, почитайте документацию к материнской плате и процессору.

Все современные процессоры нуждаются в отведении тепла. Чтобы установить на системную плату процессор и теплоотвод, выполните ряд действий.

1. Выньте новую плату из антистатического пакета, в который она упакована, и положите ее на пакет или антистатический коврик, если он у вас есть.
2. Установите процессор. Найдите на процессоре контакт 1 (обычно один из углов микросхемы слегка скошен или помечен точкой, возле него и находится этот контакт). Затем найдите контакт 1 в ZIF-гнезде для процессора, находящемся на системной плате. Поднимите рычаг и поместите микросхему в разъем, совместив контактные выводы с соот-

ветствующими отверстиями. Если процессор не входит в разъем, проверьте, правильно ли он ориентирован и совпадают ли контакты. Когда процессор станет на свое место, опустите зажимающий рычаг, чтобы зафиксировать микросхему в гнезде (рис. 19.4).

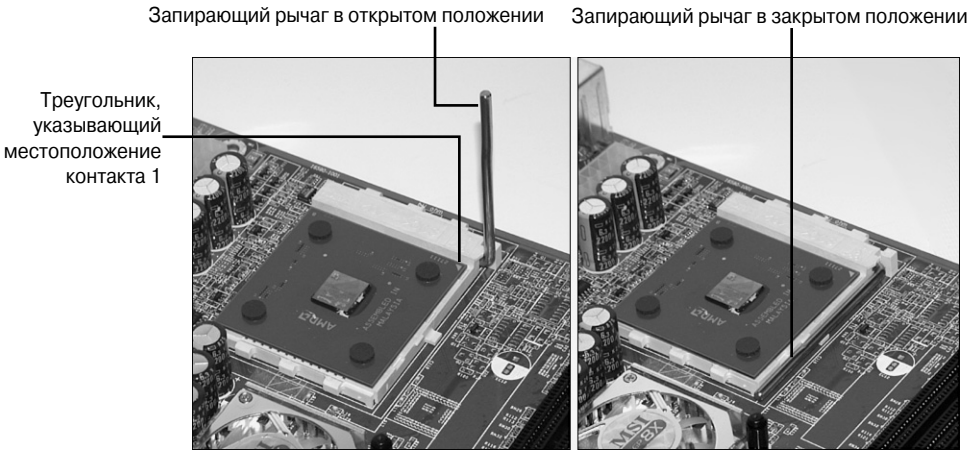


Рис. 19.4. В опущенном положении рычаг удерживает процессор, установленный в гнездо ZIF. Срезанный угол процессора указывает местоположение контакта 1

3. Нанесите термоинтерфейс (термопасту). Новые "коробочные" процессоры поставляются с теплоотводами, на которые уже нанесен термоинтерфейс. Повторное использование термоинтерфейса невозможно. Если он поврежден или теплоотвод уже устанавливался раньше, то имеющийся термоинтерфейс должен быть удален, а затем нанесен повторно. Для этого воспользуйтесь мягкой тряпкой, чтобы полностью удалить термоинтерфейс с теплоотвода и верхней крышки процессора. Нанесите термоинтерфейс на верхнюю крышку процессора. Используйте минимально возможный объем термоинтерфейса, достаточный для распределения по крышке процессора. Для равномерного распределения термоинтерфейса воспользуйтесь пальцем или пластиковой карточкой (например, кредиткой). Термоинтерфейс следует распределить максимально равномерно и как можно более тонким слоем.
4. Установите теплоотвод. Если он оснащен поворотными защелками, предварительно поверните их в нужном направлении. Поворачивать их следует в направлении, противоположном направлению стрелок. Разместив теплоотвод таким образом, чтобы защелки совпали с расположением отверстий на плате, нажимайте на каждую защелку. Поскольку при этом приходится прилагать некоторые усилия, убедитесь в том, что все размещено корректно, прежде чем это делать. Некоторые теплоотводы оснащены одной или несколькими крепежными клипсами (рис. 19.5). В данном случае при закреплении клипсы на гнезде процессора следует быть очень аккуратными, чтобы не поцарапать поверхность платы и не повредить дорожки электрических цепей или другие элементы. При закреплении клипс следите за тем, чтобы теплоотвод не перемещался и был крепко зафиксирован в гнезде процессора.
5. Подключите вентилятор. Подключите его коннектор питания к соответствующему разъему на системной плате (рис. 19.6), как правило расположенному рядом с гнездом. Некоторые теплоотводы с вентилятором оснащены коннектором питания, как у жестких дисков и оптических приводов. При этом кабели следует проложить так, чтобы они не цепляли вентилятор и другие компоненты.

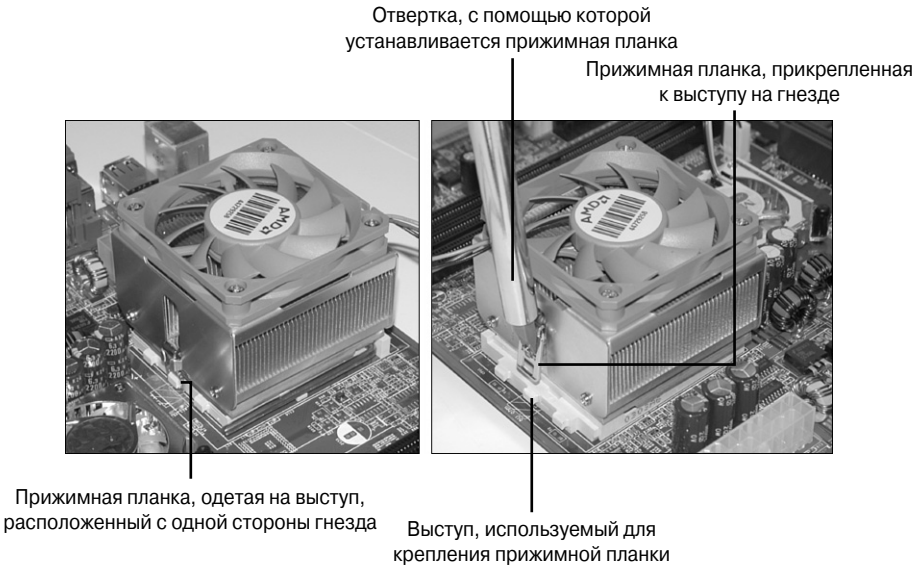


Рис. 19.5. Установка радиатора на процессор гнездового типа. В этой конструкции используется пружинная прижимная планка, поэтому ее следует устанавливать в заданное положение с помощью отвертки или другого подобного инструмента, которым можно надавить на планку и зацепить ею нужный выступ

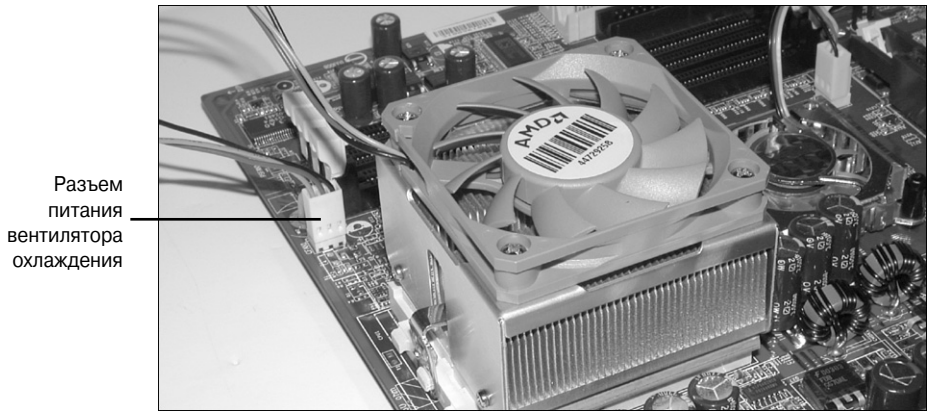


Рис. 19.6. Подключение силового разъема вентилятора к системной плате

6. При необходимости установите на системной плате корректное положение перемычек. Прочитайте в документации производителя платы, как правильно установить на плате перемычки для работы с конкретным процессором. Чаще всего необходимые функции выполняет BIOS, однако, если требуется что-то сделать вручную, обратитесь к документации, так как там должна быть схема, показывающая расположение перемычек, и таблица с вариантами их установки для разных типов процессоров.

Установка модулей памяти

Системная плата, конечно же, не будет работать без установленной на ней памяти. В современных платах используются три типа модулей памяти — DDR, DDR2 и DDR3. Обычно первыми задействуются разъемы (или банки) с наименьшими номерами. Иногда модули ус-

танавливаются парами, а иногда — по четыре. Поэтому перед установкой рекомендую еще раз заглянуть в документацию к плате; там должно быть сказано, какие разъемы и в каком порядке заполнять первыми.

Модули памяти часто имеют слева, справа или снизу специальную выемку, позволяющую установить их единственно верным способом. На рис. 19.7 показана установка модуля DIMM. Более подробную инструкцию по установке модулей памяти можно найти в документации к системной плате или в главе 6. При вставке модулей памяти в пазы следует прилагать некоторое усилие, однако прежде проверьте правильность ориентации модуля в гнезде, иначе можете повредить как сам модуль, так и его разъем.

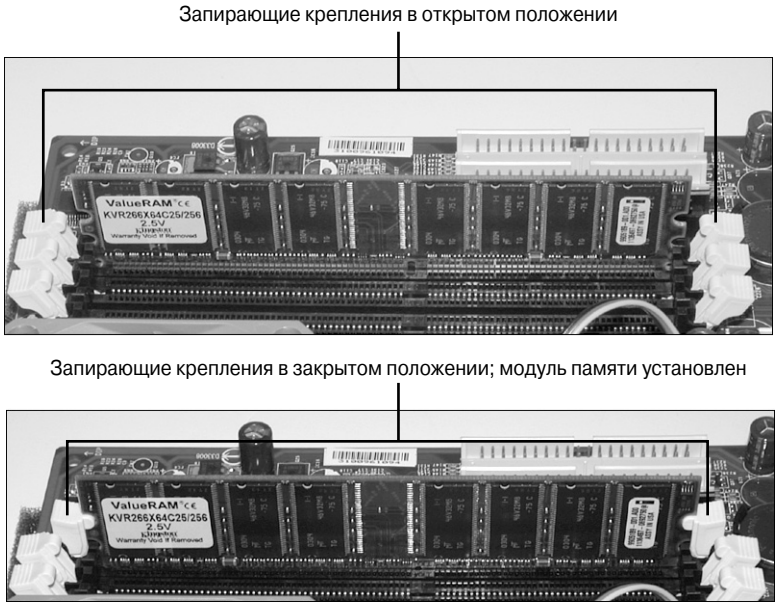


Рис. 19.7. Установка модулей памяти. Перед тем как устанавливать модуль, проверьте, открыты ли запирающие механизмы с обеих сторон разъема (сверху). Нажимайте на модуль до тех пор, пока защелки механизмов не зафиксируют установленный модуль (снизу)

Предупреждение

Постарайтесь не повредить разъем. Физическое повреждение разъема для модулей памяти системной платы приведет к его дорогостоящему ремонту. Несмотря на то что модули памяти снабжены ключами, многие пытаются вставить их наоборот, при этом модуль не способен полностью войти в гнездо. Применяя в этом случае чрезмерное усилие, можно повредить модуль памяти и материнскую плату. В лучшем случае останется возможность использовать оставшиеся разъемы памяти; в худшем — материнскую плату придется заменить. Также при вставке старайтесь не повредить боковые фиксаторы разъема модуля памяти.

Закрепление системной платы в корпусе

Обычно системная плата закрепляется в корпусе одним или несколькими винтами и пластмассовыми стойками. Если корпус новый, сначала нужно вставить одну или несколько пластмассовых или металлических стоек в специально предназначенные для них отверстия. Ниже описана процедура установки платы.

1. Осмотрите отверстия в плате, предназначенные для стоек. Если вокруг напаян металлический кант, значит, отверстие предназначено для металлической стойки, если канта нет — для пластиковой. Теперь металлические стойки нужно ввинтить в отверстия в

шасси корпуса так, чтобы они расположились напротив соответствующих им отверстий в плате (рис. 19.8).

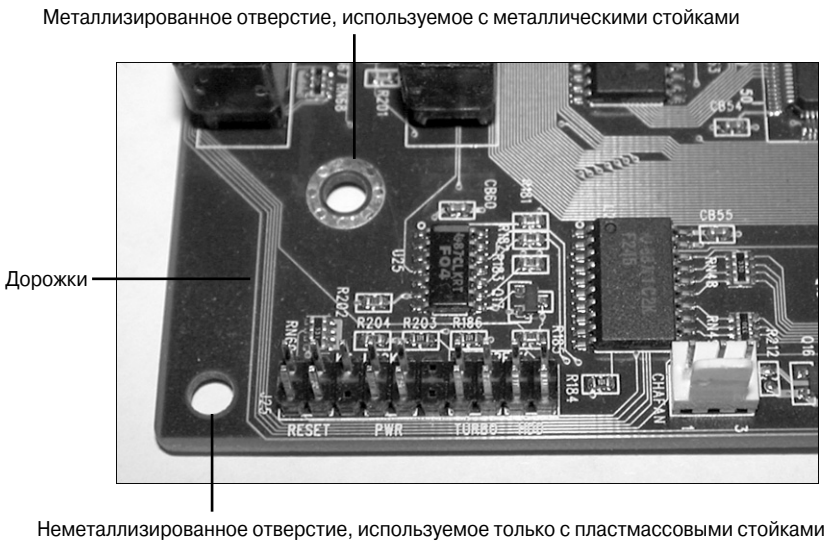


Рис. 19.8. Фрагмент типичной системной платы. Будьте осторожны, чтобы при установке платы не повредить дорожки печатной схемы

2. Ввинтите металлические стойки в шасси нового корпуса так, чтобы они совпали с соответствующими резьбовыми отверстиями системной платы (рис. 19.9).

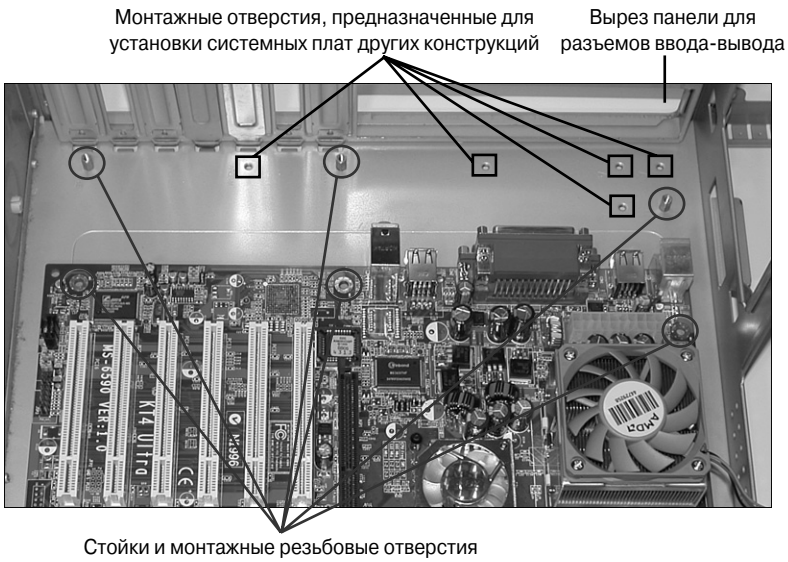


Рис. 19.9. Проверьте, совпадают ли стойки с отверстиями на системной плате. Обратите внимание на то, что на шасси имеется множество монтажных отверстий, которые позволяют устанавливать в корпусе системные платы самых разных конструкций

3. Сейчас системные платы чаще всего крепятся непосредственно к шасси или к съемному поддону. На рис. 19.10 представлены три типа стоек — две латунные и одна пластмассовая.



Рис. 19.10. Типы стоек

Стойки первого типа вкручиваются в шасси или поддон, в то время как стойки двух других типов прикручиваются к системной плате, а затем вставляются в отверстия или пазы на стенке системного блока или поддона. На рис. 19.11 представлена схема типичной платы ATX, на которой обозначено расположение монтажных отверстий.

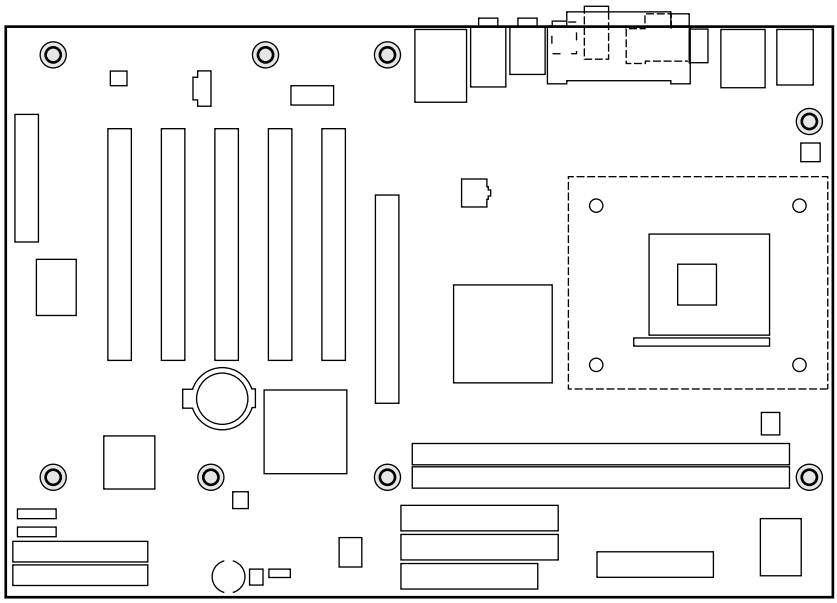


Рис. 19.11. Схема расположения монтажных отверстий на типичной системной плате формфактора ATX

Закрепив стойки в корпусе, аккуратно положите на них системную плату, согласовав положение стоек и монтажных отверстий, после чего прикрутите системную плату к стойкам с помощью винтов. (На рис. 19.12 представлен процесс прикручивания системной платы к поддону.) Не забудьте придерживать отвертку в пазу винта, так как в противном случае вы рискуете повредить системную плату, если отвертка соскользнет.

4. Установите заднюю панель разъемов ввода-вывода (рис. 19.13).
5. Если системная плата прикручена к поддону, аккуратно вставьте его в системный блок, совместив с задней панелью разъемов ввода-вывода. Очень часто сначала приходится вставлять плату внутрь, а затем немного смещать ее. Процесс закрепления системной платы в системном блоке показан на рис. 19.14.

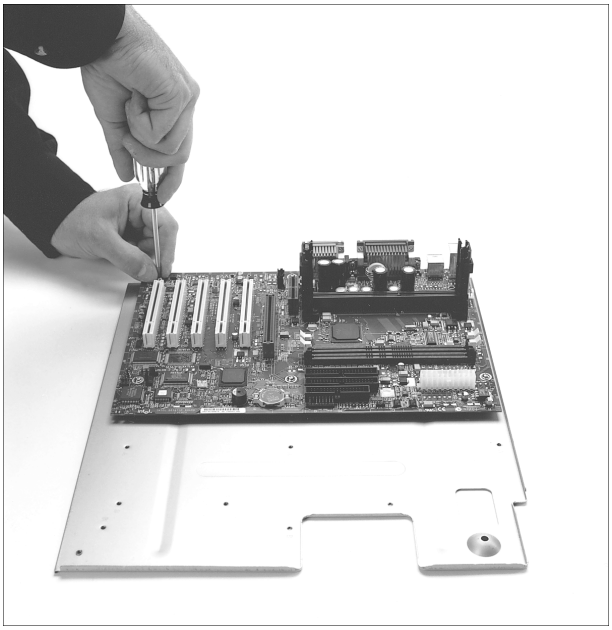


Рис. 19.12. Прикручивание системной платы к поддону. Системная плата предоставлена компанией Intel Corporation

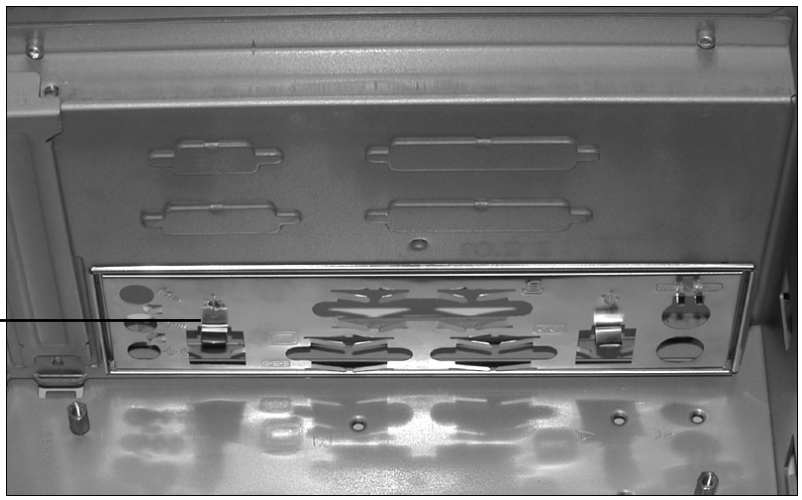


Рис. 19.13. Задняя панель разъемов ввода-вывода, установленная в корпусе

6. Привинтите шасси с системной платой к корпусу компьютера (рис. 19.15).



Рис. 19.14. Установка системной платы в корпус

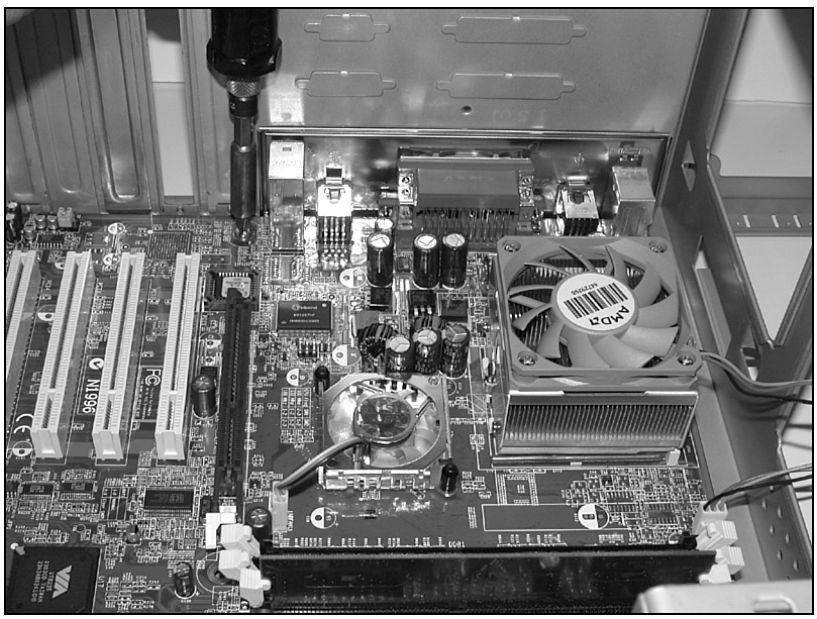


Рис. 19.15. Привинтите системную плату к корпусу

Подключение блока питания

Установить блок питания довольно просто: нужно лишь поместить его в соответствующий отсек корпуса (рис. 19.16) и привинтить несколькими винтами (рис. 19.17).



Рис. 19.16. Поместите блок питания в корпус



Рис. 19.17. Закрутите винты, удерживающие блок питания

Системные платы в формфакторе ATX оснащены одним основным разъемом питания, кабель в который можно вставить одним-единственным способом (рис. 19.18). Для системных плат формфактора Baby-AT и более старых стандартов, таких как LPX, используются два отдельных разъема, каждый из которых содержит по шесть проводов. Инструкции по правильной установке блоков питания Baby-AT см. в главе 18. Если подсоединить их неправильно, то при включении питания можно повредить системную плату. Во многих системах для охлаждения процессора используется вентилятор, который тоже следует подключить. Ниже описан порядок подключения разъемов источника питания к системной плате.

1. В системе могут использоваться 20- и 24-контактные силовые разъемы ATX. 20-контактный штекер можно вставить в 24-контактное гнездо, и наоборот, немного сместив их относительно друг друга или применив специальный адаптер. В большинстве систем ATX также используется 4-контактный разъем ATX12V. Он также имеет ключ, и вставить его некорректным образом невозможно.
2. Если на плате установлен вентилятор для процессора, подключите питание и к нему. Можете воспользоваться специальным разветвителем для подключения вентилятора к соединителю, подводящему питание к жесткому диску. Возможно, для подачи питания к вентилятору на материнской плате существует специальный разъем.

Примечание

В главе 18 приведена подробная информация о различных типах разъемов блоков питания, в том числе о новых 24-контактных разъемах ATX12V 2.x.

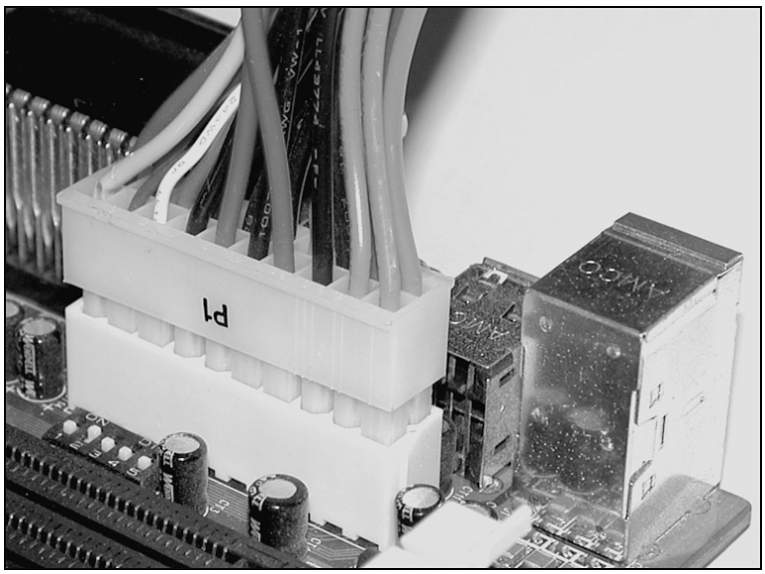


Рис. 19.18. Подключение кабеля к разъему питания ATX на системной плате

Подключение к системной плате кабелей от устройств ввода-вывода и других соединителей

Несколько соединительных проводов, идущих от материнской платы, подключаются к различным элементам корпуса компьютера. Они ведут к индикаторам питания и активности жесткого диска, а также к кнопке сброса. В большинстве современных системных плат есть несколько встроенных портов ввода-вывода, которые тоже нужно подключить. Это два IDE-адаптера, контроллер дисководов, два последовательных и один параллельный порт. А в некоторые платы встроены видео-, аудио- или SCSI-адаптеры.

В системной плате ATX разъемы всех внешних портов встроены прямо в нее с задней стороны. Если же у вас плата типа Baby-AT, разъемы последовательного, параллельного и других внешних портов ввода-вывода закрепляются на задней стенке корпуса компьютера и с помощью дополнительных кабелей соединяются с системной платой.

Ниже приведен порядок подключения соединительных кабелей к системной плате с интегрированными портами ввода-вывода.

1. Сначала найдите на плате 34-контактный разъем контроллера дисководов гибких дисков и с помощью плоского кабеля подключите к нему дисководы.
2. Подключите устройства с интерфейсами IDE и SATA: жесткие диски, приводы оптических дисков и накопители на магнитной ленте (рис. 19.19). Они подключаются плоским кабелем IDE к расположенным на плате 40-контактным разъемам главного и вторичного контроллеров IDE. Обычно жесткий диск подключается к главному контроллеру, а CD-ROM или ленточный накопитель — к вторичному. При наличии дисковых устройств с интерфейсом SATA подключите каждый из них к соответствующему порту материнской платы.
3. Подключите выключатель передней панели, индикаторы, внутренний динамик и все порты, смонтированные на передней панели корпуса (USB и FireWire), к разъемам на материнской плате. На рис. 19.20 показаны соединительные штекеры передней панели. К сожалению, не все производители материнских плат и корпусов следуют существующим стандартам, так что иногда для правильного подключения штекеров к разъемам

приходится проявлять смекалку. (Раскладки контактов и диаграммы подключения большинства типов материнских плат и корпусов см. в главе 4.)

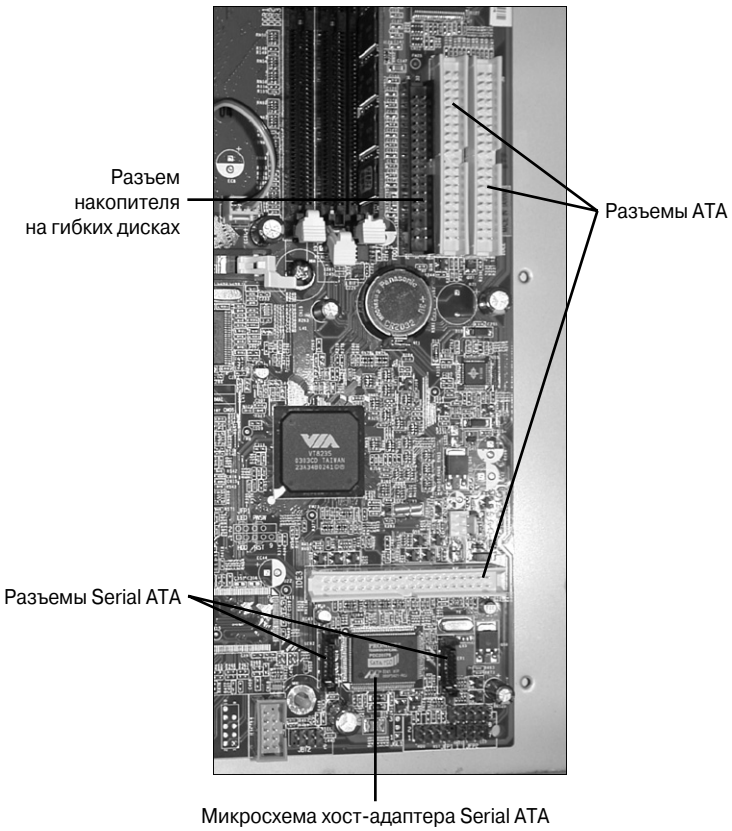


Рис. 19.19. Разъемы накопителей на гибких дисках, дисководов ATA и накопителя на жестких дисках SATA

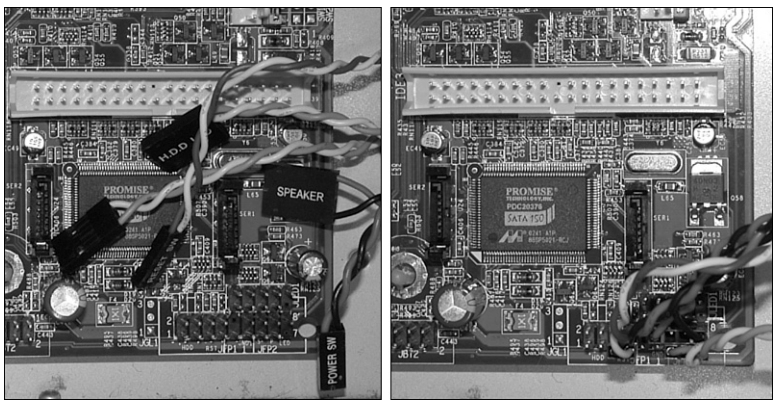


Рис. 19.20. Кабели устройств, выведенных на переднюю панель системного блока (громкоговоритель, кнопки питания, индикаторы и т.п.), должны быть подключены к соответствующим разъемам системной платы (справа)

Установка накопителей

В этом разделе речь идет об установке жесткого диска, дисковода и приводов оптических дисков.

Конфигурация накопителя

Перед монтажом накопитель необходимо сконфигурировать. Для большинства накопителей IDE следует установить переключатель “ведущий–ведомый” или же задать режим Cable Select (CS).

Для настройки накопителей Serial ATA не нужно устанавливать перемычки. Эти перемычки, имеющиеся в некоторых накопителях SATA, обычно устанавливаются непосредственно на заводе. В то же время некоторые устройства SATA могут иметь перемычки для решения проблемы совместимости. К примеру, в современных накопителях со скоростью передачи данных 3 Гбит/с для переключения в более медленный режим 1,5 Гбит/с, поддерживаемый старыми контроллерами, нужно установить перемычку.

Монтаж накопителей

Для монтажа некоторых накопителей нужны пластмассовые направляющие, которые крепятся к устройству с двух сторон и позволяют установить его в соответствующее место в корпусе. Некоторые корпуса спроектированы таким образом, что для закрепления накопителей не потребуются никакие винты. В других корпусах накопители сначала следует вставить в специальные корзины, а затем уже корзины закреплять в корпус (рис. 19.21). Если в корпусе используются направляющие или корзина, то они, как правило, поставляются вместе с корпусом. Благодаря продуманным механизмам крепления у вас не возникнет никаких проблем со сборкой системы в подобных корпусах.

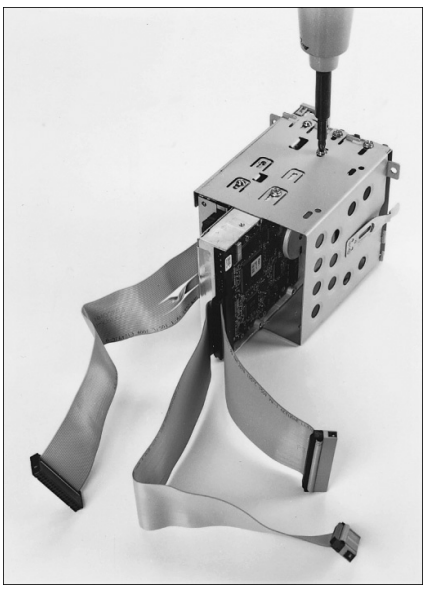


Рис. 19.21. Съемный корпус для установки накопителя в компьютер

Так как устройства PATA и SATA используют разные типы кабелей, проверьте, соответствует ли кабель диску и контроллеру. К примеру, для использования режима PATA с быстродействием 66 Мбит/с и более быстрых (вплоть до 133 Мбит/с) потребуется 80-жильный кабель. Этот кабель рекомендуется использовать и при более низких скоростях передачи данных, таких как 33 Мбит/с и меньше. Чтобы определить, какой у вас кабель (40- или 80-жильный),

просто посчитайте бугорки на шлейфе — каждый бугорок соответствует одной жиле. Еще одним характерным признаком 80-жильного кабеля является окраска его штекеров: вставляемый в материнскую плату окрашен в синий цвет, а вставляемые в ведущее и ведомое устройства — в черный и серый соответственно.

Если вам нужны дополнительные крепежи, не вошедшие в комплект жесткого диска, рекомендую обратить внимание на продукцию некоторых компаний, специализирующихся на таких аксессуарах, в частности CiDesign (`www.cidesign.com`), Micro Accessories (`www.micro-a.com`), Jameco (`www.jameco.com`) и NewEgg (`www.newegg.com`). Если вы планируете установить 3,5-дюймовый жесткий диск в 5,25-дюймовую раму, вам потребуется другой тип монтажных накладок. Большинство 3,5-дюймовых дисков имеют такие накладки в комплекте, они также могут входить в комплект корпуса или шасси.

Примечание

Необходимо также подобрать длину соединительного кабеля. Случается, что кабель не достает до нового накопителя. Попытайтесь переместить накопитель, если у вас есть расположенный ближе отсек, или воспользуйтесь более длинным кабелем. Предельная длина кабеля накопителя IDE составляет 45 см (18 дюймов). Однако в комплекте некоторых корпусов можно встретить более длинные кабели, вплоть до 27 дюймов, к тому же имеющие 80 жил. Длинные кабели, особенно имеющие нестандартную, "округленную" длину, применять не рекомендуется, особенно это касается дисков со скоростью передачи данных 133 Мбит/с. Использование слишком длинных кабелей вызывает ошибки времени передачи и ослабление сигнала; возможно также искажение данных на диске. Мне встречались в магазинах кабели длиной до 36 дюймов, однако если вы используете кабели длиннее 18 дюймов, то, как говорится, сами создаете себе проблемы.

Предупреждение

Имейте в виду, что для закрепления накопителя необходимо использовать те винты, которые поставляются вместе с ним. И хотя специальные винты многих накопителей иногда имеют такую же толщину, как другие винты вашей системы, последние не смогут надежно закрепить накопитель либо могут повредить его.

Пошаговая процедура инсталляции жесткого диска описана ниже.

1. В случае накопителя PATA убедитесь в корректном расположении перемычек (в большинстве случаев необходимо задать положение CS или Cable Select). Для накопителей SATA использование перемычек необязательно, однако в некоторых случаях может потребоваться использовать перемычку, ограничивающую работу накопителей 3,0 Гбит/с режимом 1,5 Гбит/с для обеспечения совместимости с устаревшими контроллерами.
2. Аккуратно вставьте накопитель в отсек соответствующего размера, при необходимости используя накладки, и завинтите крепежные винты (рис. 19.22).
3. Подключите кабель данных к разъему контроллера на системной плате (рис. 19.23).
4. Подключите к накопителю соответствующий силовой кабель. Некоторые устройства SATA имеют два силовых разъема: стандартный 4-контактный и специальный 15-контактный, — в этом случае подайте питание на любой из них (но не на два одновременно). Если устройство имеет только 15-контактное гнездо подключения питания, а блок питания не предлагает такой штекер, придется дополнительно приобрести специальный адаптер "4 в 15" (если он не входит в комплект устройства).

Предупреждение

Если устройство одновременно имеет два гнезда питания (стандартное, 4-контактное, и типа SATA, 15-контактное), ни в коем случае не подавайте питание на оба разъема одновременно, иначе можете повредить устройство.



Рис. 19.22. Надежно закрепите накопитель с помощью винтов

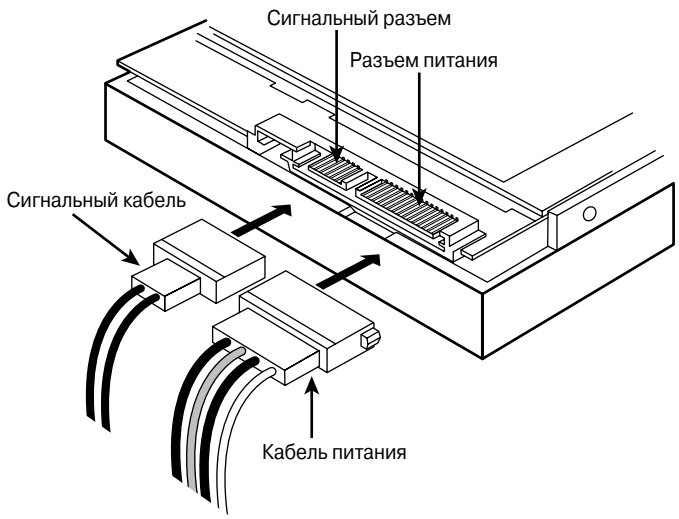


Рис. 19.23. Кабель данных и силовой кабель SATA имеют отдельные разъемы (сверху) или объединены в одном прессованном корпусе (снизу)

Конфигурация системы

В старых системах часто приходится задавать параметры накопителей в BIOS Setup. BIOS современных ПК поддерживает функции автоматического определения параметров накопителя. BIOS отправляет специальную команду `Identify Drive` всем подключенным устройствам в ходе процедуры загрузки; накопители передают соответствующие параметры конфигурации. После этого BIOS автоматически вводит значения параметров, полученные от накопителя. Описанная ниже процедура исключает ошибки при выборе параметров.

1. Включите компьютер и нажмите клавишу, необходимую для входа в настройки BIOS. Если в BIOS предусмотрено автоматическое определение устройств, рекомендуется установить именно этот режим, так как будут определены оптимальные параметры устройства. Устройства SATA могут также иметь поддержку режима ACHI и группировки нескольких устройств в RAID-массив. Установите эти параметры и выйдите из программы настройки BIOS.
2. Перезагрузите систему. Если установленное устройство не является загрузочным и компьютер работает под управлением Windows 98 или более поздней версии Windows, новый накопитель будет автоматически определен в процессе загрузки и для него будут установлены необходимые драйверы. Следует заметить, что система не будет распознавать новое устройство как том (т.е. ему не будет присвоена буква), пока не будут созданы разделы диска и выполнено их форматирование. Если новое устройство является загрузочным, придется снова выполнить загрузку с дискеты или компакт-диска, чтобы создать на новом диске разделы, выполнить форматирование и установить на нем операционную систему. Если материнская плата поддерживает SATA в режиме ACHI или RAID-массивы SATA и компьютер работает под управлением Windows XP или более ранней версии этой ОС, для установки устройства придется предоставить дискету с драйверами контроллера или переписать эти драйверы на установочный диск Windows. Отмечу, что все эти драйверы встроены в установочный диск Windows Vista/7.

Установка нового видеоадаптера и драйвера

Выполните описанные ниже действия.

1. В случае необходимости выкрутите винт и снимите крышку сзади слота расширения, который понадобится для нового видеоадаптера.
2. Установите видеоадаптер в нужный слот (обычно AGP или PCI Express).
3. Слегка надавите на плату адаптера и, если нужно, усиливайте давление с одной и с другой стороны адаптера попеременно, пока адаптер полностью не войдет в разъем.
4. Прикрутите держатель видеоадаптера к задней стенке системного блока.
5. Подключите кабель монитора к разъему адаптера. Если новый видеоадаптер оснащен разъемом DVI-I, а монитор — только 15-контактным VGA, воспользуйтесь соответствующим переходником (иногда он поставляется вместе с адаптером или продается отдельно).

Примечание

Если речь идет о замене уже установленного видеоадаптера (или замене интегрированного адаптера внешним), перед тем как выключать компьютер, обязательно удалите драйверы видеоадаптера. Это предотвратит неверную идентификацию нового видеоадаптера операционной системой, а значит, модернизация пройдет более гладко. Для этого откройте окно Диспетчер устройств Windows, выделите текущий адаптер и щелкните на кнопке Удалить. Откажитесь от предложенной перезагрузки системы и просто выключите компьютер. После этого можете открыть системный блок и извлечь видеоадаптер.

Поставьте на место крышку системного блока и включите компьютер. При загрузке Windows определит новое устройство и автоматически начнет установку драйвера. Следуйте инструкциям, которые отобразятся на экране. После инсталляции адаптера откройте диалоговое окно свойств экрана, чтобы настроить разрешение, глубину цвета и частоту обновления экрана.

Установка плат расширения

Чаще всего на платах расширения находятся сетевые адаптеры (кабельные или беспроводные), модемы, звуковые адаптеры и контроллеры SCSI. Для их установки на системной плате есть специальные разъемы расширения. Ниже приведен порядок установки платы расширения.

1. Аккуратно возьмите плату за края, не касаясь микросхем и электрических соединений. Опустите ее нижний край с нанесенными на него металлическими контактами в соответствующий разъем. С силой нажмите на верхний край платы, чтобы она встала на место (рис. 19.24).
2. Винтом прикрутите плату к корпусу компьютера (рис. 19.25).
3. Подключите к вставленной плате все необходимые кабели.



Рис. 19.24. Установка видеоадаптера в разъем системной платы



Рис. 19.25. Закрепление адаптера винтом

Если доступно множество разъемов, устанавливайте карты расширения так, чтобы обеспечивался свободный поток воздуха между ними. Лучше отделить от других карт расширения графический адаптер, так как он вырабатывает самое большое количество тепла.

Закрываем корпус и подключаем внешние кабели

Вот компьютер и собран. Осталось только установить крышку корпуса на место и подключить внешние устройства — мышь, клавиатуру, монитор, колонки и сетевые кабели. Обычно я не прикручиваю винтами крышку корпуса до тех пор, пока не протестирую систему и не удостоверюсь, что все в ней работает как часы.

Загрузка системы

На данном этапе все готово к первому включению системы. Еще раз убедитесь в наличии обязательных компонентов:

- клавиатура;
- мышь;
- монитор;
- электропитание.

Я не включил в список подключение сетевого кабеля. Как правило, я рекомендую делать это после установки операционной системы со всеми обновлениями, а также после того, как вы убедитесь в том, что компьютер подключен к маршрутизатору или же включен встроенный брандмауэр системы.

После того как все компоненты будут подключены, можете включить систему и загрузить программу BIOS Setup. Это позволяет сконфигурировать системную плату для корректной работы со всеми установленным устройствам, а также задать системные дату и время. Также будет выполнена системная процедура POST (power-on self-test), которая проверяет систему на наличие всех основных потенциальных проблем. Для запуска программы BIOS Setup и конфигурирования системы выполните следующее.

1. Включите монитор, а затем системный блок. Наблюдайте за информацией на экране, а также слушайте любые сигналы от системного динамика.
2. Система должна автоматически пройти процедуру POST, состоящую из проверки видео-BIOS, тестирования ОЗУ, а также отображения списка установленных компонентов. При возникновении фатальной ошибки во время прохождения POST на экране может не отображаться никакой информации, а система может издать несколько звуковых сигналов, указывающих на наличие проблемы. Информация о значении различных звуковых последовательностей представлена в документации к системной плате или BIOS. Список кодов POST представлен в главе 20.
3. При отсутствии фатальных ошибок на экране монитора должна отобразиться информация POST. В зависимости от типа BIOS системной платы (Phoenix, AMI, Award и т.д.) вам следует нажать определенную “быструю” клавишу для прерывания стандартной процедуры загрузки и запуска программы BIOS Setup, которая позволит ввести важные сведения о системе. Как правило, информация о том, какую клавишу следует нажать для запуска BIOS Setup, отображается на экране, в противном случае обратитесь к документации системной платы. Чаще всего для запуска программы BIOS Setup используются клавиши <F1>, <F2>, <Del>, <F10<, <Esc> и <Ins>.
4. Когда будет предложено, нажмите соответствующую клавишу для запуска BIOS Setup. Поскольку в современных системах процедура POST проходит достаточно быстро, можно легко пропустить момент, когда необходимо успеть нажать быструю клавишу, поэтому я начинаю быстро нажимать необходимую клавишу через одну-две секунды

после включения. В некоторых случаях это приводит к отображению сообщения об ошибке клавиатуры, которое можно игнорировать, как только отобразится окно BIOS Setup. Если вы не успели нажать "быструю" клавишу, перезагрузите систему и попробуйте еще раз.

5. Проверьте версию BIOS, которая указывается в основном окне BIOS Setup, и убедитесь, что это последняя версия на данный момент. В противном случае имеет смысл именно сейчас обновить BIOS до наиболее актуальной версии. Простейший способ обновить BIOS современной системы — использовать загрузочный компакт-диск с образом BIOS. Воспользуйтесь другой системой для загрузки образа загрузочного компакт-диска (`*.ISO`), содержащего BIOS. Запишите образ на компакт-диск, после чего вставьте диск в привод новой системы и перезагрузите ее. Следуйте указаниям на экране для обновления BIOS.

Примечание

Многие системные платы не поддерживают обновление BIOS с компакт-диска при использовании оптических проводов с интерфейсом SATA. В подобной ситуации вам потребуется временно установить оптический привод с интерфейсом PATA и выполнить обновление или же использовать другие способы обновления, например, воспользоваться программой обновления, запускаемой в Windows, или с загрузочного флеш-накопителя USB.

6. Внимательно ознакомьтесь со всеми доступными окнами BIOS Setup, чтобы убедиться в том, что процессор и память поддерживаются и корректно распознаны. Проверьте информацию о типе процессора, его частоте, кэш-памяти, общем объеме ОЗУ, двухканальном режиме и т.д.
7. Отключите все неиспользуемые порты и устройства, например последовательные и параллельные, инфракрасные и т.д.
8. Убедитесь, что все подключенные устройства корректно распознаны.
9. Изучите вкладку Drive Configuration (Конфигурация накопителей). Убедитесь, что для системы задан режим AHCI (Advanced Host Controller Interface). Это как минимум, а еще лучше выбрать режим RAID (Redundant Array of Independent Disks). Я рекомендую выбрать режим RAID даже в том случае, если вы не планируете использовать RAID прямо сейчас, поскольку он поддерживает все функции AHCI, а также позволит перейти на использование RAID без необходимости переустанавливать операционную систему или драйверы. Выбирайте режим IDE (обратная совместимость) только в том случае, если планируете устанавливать старую операционную систему, в состав которой не входят драйверы AHCI и RAID. К сожалению, это отрицательно скажется на производительности, поскольку расширенные функции SATA, такие как NCQ (Native Command Queuing), будут отключены.
10. Ознакомьтесь с разделами Fan Control (Управление вентиляторами) и Hardware Monitoring (Аппаратный мониторинг), чтобы убедиться, что все вентиляторы распознаны и для них указана корректная частота вращения. Также обратите внимание на значения температуры компонентов: некоторые компоненты, такие как микросхемы ICH (I/O Controller Hub), рассчитаны на рабочие температуры от 90 до 115°C, поэтому высокие температуры для таких компонентов нормальны и даже ожидаемы.
11. Ознакомьтесь с параметрами Memory Configuration (Конфигурация памяти). Рекомендую оставить без изменения заданные по умолчанию значения Auto, так как они задают временные характеристики памяти в соответствии с параметрами установленных модулей памяти.
12. Ознакомьтесь с параметрами Chipset Configuration (Конфигурация набора микросхем). При использовании Windows Vista или Windows 7 рекомендую задействовать

параметр HPET (High Precision Event Timer), так как он поддерживается только этими версиями Windows, но не может использоваться в Windows XP.

13. На вкладке Security (Безопасность) включите поддержку технологий виртуализации. Это позволит программам виртуализации, таким как Virtual PC или VMware, использовать аппаратные средства виртуализации, что значительно повышает производительность виртуализированных операционных систем и приложений.
14. На вкладке Power (Питание) проверьте параметр ACPI Suspend State (Состояние ожидания ACPI). Убедитесь в том, что для него задано значение S3 (Suspend to RAM), а не S1 (Sleep). Дело в том, что режим S3 использует практически столько же электроэнергии, сколько при полном выключении системы, что позволит вам значительно сократить расходы на электроэнергию.
15. На вкладке Boot (Загрузка) проверьте порядок загрузки. Убедитесь, что загрузочный компакт-диск предшествует жестким дискам. Это позволит успешно установить операционную систему с компакт-диска или DVD.
16. Проверив все настройки BIOS Setup, выполните указания, которые отображаются на экране, или из руководства пользователя системной платы, чтобы завершить работу с программой BIOS Setup.

Устранение неполадок после сборки системы

В этот момент система должна перезагрузиться и попытаться загрузиться с дискеты, оптического или жесткого диска. Большинство современных операционных систем поставляется на загрузочных компакт-дисках или DVD, которые следует вставить в первый оптический накопитель. При запуске система должна загрузиться и отобразить инсталляционное меню или командную строку. Если возникли какие-либо проблемы, проверьте следующие потенциальные источники их появления.

- Если система вообще не включается, проверьте кабель питания. Если кабель подключен к удлинителю, убедитесь в том, что сам удлинитель включен. Также обратите внимание на то, что некоторые блоки питания оснащены собственным выключателем, поэтому сначала следует включить блок питания, а уже затем включать систему с помощью кнопки на передней части корпуса.
- Убедитесь в том, что кнопка включения корректно подсоединена внутри корпуса. С помощью кабеля она подключается к разъему на системной плате. Проверьте оба конца кабеля, чтобы убедиться в том, что все подключено корректно.
- Проверьте основной кабель питания, который идет от блока питания к системной плате. Убедитесь, что все коннекторы плотно вставлены в соответствующие разъемы, причем вставлены правильно.
- Если система включается, но вы не видите ничего на экране, проверьте монитор. Он должен быть включен, подключен к розетке и, разумеется, корректно подключен к видеоадаптеру.
- Убедитесь в том, что видеоадаптер полностью вставлен в соответствующий разъем системной платы. Попробуйте извлечь видеоадаптер и повторно вставить, возможно, даже в другой разъем, если речь идет о плате PCI.
- Если система подает больше одного звукового сигнала, BIOS сообщает о фатальной ошибке определенного типа. Подробная информация о кодах ошибок BIOS приведена в главе 20. Также можно обратиться к документации системной платы, — порой там также приводится расшифровка различных звуковых кодов.

- Если LED-индикатор на дисководе или оптическом накопителе, а также индикатор обращения к жесткому диску горит постоянно, скорее всего, неправильно подключен кабель данных (перевернут или подключен со смещением на несколько контактов). Проверьте, правильно ли подключен кабель данных, а также корректно ли установлены перемычки Master/Slave, если таковые имеются.

Убедившись, что система включилась и работает корректно, выключите ее и закройте корпус, прикрутив боковую крышку. Теперь ваша новая система готова к установке операционной системы.

Установка операционной системы

В этот момент, если вы установили новый накопитель, следует установить операционную систему. Если вы используете операционную систему, отличную от Windows, следуйте инструкциям из документации. При установке Windows от пользователя практически ничего не требуется. Нужно только выполнить загрузку с установочного компакт-диска (перед этим в настройках BIOS определите привод оптических дисков как первое загрузочное устройство) и следовать инструкциям на экране. Системы Windows сами распознают необходимость в разделении и форматировании жесткого диска и позволяют выполнить эти операции перед началом самой установки.

При установке Windows XP в системе с жестким диском SATA, работающим в режиме RAID или ACHI, в начале инсталляции следует нажать клавишу <F6> и вставить в привод дискету с соответствующими драйверами. Такую дискету должен предоставить изготовитель материнской платы; если он этого не сделал, загрузите соответствующие драйверы с его сайта. Если компьютер не имеет дисковода, запишите драйверы RAID и ACHI на установочный компакт-диск операционной системы. Эти драйверы можно найти на сайте `www.driverpacks.com`.

При установке Windows Vista/7 дополнительная дискета с драйверами не нужна, так как они уже встроены в систему. Однако если жесткий диск не распознан в начале установки операционной системы, то это означает необходимость дополнительных драйверов. И не может не радовать тот факт, что, в отличие от Windows XP, когда драйверы устройств хранения могли содержаться только на дискет, теперь они могут находиться на оптическом диске или флеш-накопителе.

На начальном этапе инсталляции может потребоваться удалить существующие разделы и создать новые. На устройстве без разделов можно потребовать установку с разметкой всего доступного пространства жесткого диска. Если создание разделов и форматирование вы хотите выполнить вручную, руководствуйтесь материалом следующих разделов.

После установки операционной системы рекомендую установить все необходимые драйверы. Как правило, старые операционные системы содержат ограниченное количество драйверов на инсталляционном диске, что означает необходимость установки большого количества драйверов по завершении установки операционной системы. Обычно необходимо установить драйверы набора микросхем, видеоадаптера, устройств USB и т.д. При этом наиболее важны драйверы набора микросхем, и их следует устанавливать в первую очередь. Драйверы набора микросхем содержатся на компакт-диске, прилагаемом к системной плате; вставьте этот диск в накопитель и следуйте инструкциям по установке драйверов набора микросхем. Затем установите драйверы видеоадаптера, сетевого адаптера, модема и т.п.

Как только наиболее важные драйверы будут установлены, вам следует установить все пакеты обновлений (service pack), которые отсутствовали на инсталляционном диске, и, наконец, все остальные обновления операционной системы. Для этого рекомендую подключить сетевой кабель и воспользоваться подключением к Интернету. Если вы установили все пакеты обновлений и последующие обновления, встроенный брандмауэр системы будет включен по умолчанию. После установки обновлений операционной системы приступайте к установке всех необходимых для работы приложений.

ГЛАВА

20

Средства диагностики и техническое обслуживание

Диагностика ПК

Независимо от того, насколько качественно собран компьютер и насколько хорошо написано установленное на нем программное обеспечение, в один прекрасный момент что-то может пойти не так, а под рукой не всегда есть подобающий инструментарий, способный устранить проблему. Диагностическое программное обеспечение чрезвычайно необходимо в том случае, если система начинает сбоить или если вы модернизируете ее, добавляя новые устройства. В этой главе описаны диагностические программы всех уровней. Особое внимание уделено тем утилитам, которые уже включены в комплект операционных систем и разного рода устройств.

Может оказаться, что сбой в работе компьютера вызван некоторым устройством и для восстановления работоспособности системы необходимо вскрывать системный блок. В данной компьютеров, как основные, которые должны быть под рукой каждого пользователя компьютера, так и специфичные.

Естественно, лучшее средство устранения проблемы — избежать ее. В разделе, посвященном профилактическому обслуживанию, описываются процедуры, которые необходимо регулярно выполнять в системе, чтобы поддерживать ее в постоянно работоспособном состоянии.

Программы диагностики

Для ПК существует несколько видов диагностических программ (иногда они поставляются вместе с компьютером), которые позволяют пользователю выявлять причины неполадок, возникающих в компьютере. Во многих случаях такие программы могут выполнить основную работу по определению дефектного узла. Условно их можно разделить на несколько групп, представленных ниже в порядке усложнения программ и расширения их возможностей.

- **POST.** Процедура самопроверки компьютера выполняется при каждом его включении. Эти программы содержатся в ПЗУ материнской платы и плат расширения.
- **Диагностические программы производителей.** Большинство известных производителей компьютеров (IBM, Compaq, Hewlett-Packard, Dell и др.) выпускают для своих систем специализированное диагностическое программное обеспечение, которое обычно содержит набор тестов, позволяющих тщательно проверить все компоненты компьютера. В некоторых случаях эти утилиты поставляются в комплекте с системой, или их можно бесплатно загрузить с сайта производителя. Многие производители поставляют в комплекте со своим оборудованием ограниченные версии широкоизвестных диагностических продуктов для конкретного аппаратного обеспечения. В старых системах IBM и Compaq эти утилиты устанавливались в специальном разделе жесткого диска, к которому осуществлялся доступ в процессе загрузки. Этот прием гарантировал, что независимо от действий пользователя необходимые диагностические программы всегда будут у него под рукой.
- **Диагностические программы, поставляемые с периферийными устройствами.** Многие производители оборудования выпускают диагностические программы, предназначенные для проверки определенного устройства. Например, компания Adaptec выпускает программы для проверки работоспособности адаптеров SCSI, доступ к которым можно получить, нажав комбинацию клавиш <Ctrl+A> во время загрузки компьютера. Средства диагностики звуковых адаптеров обычно включены в компакт-диски с их драйверами; то же самое можно сказать и о других картах расширения.
- **Диагностические программы операционных систем.** Операционные системы, такие как Windows и Linux, часто содержат собственные утилиты диагностики и мониторинга производительности различных компонентов компьютера.
- **Коммерческие диагностические утилиты.** Целый ряд компаний предлагает диагностические утилиты общего назначения для ПК. Подобные утилиты частот поставляются в комплекте с другими средствами поддержки и ремонта.
- **Бесплатные диагностические утилиты.** Доступен целый ряд бесплатных (или базирующихся на лицензии Open-Source) диагностических утилит для ПК, включая небольшие утилиты, а также целые программные комплексы, которые поддерживают запуск с загрузочных дисков.

Самопроверка при включении (POST)

Когда в 1981 году компания IBM начала выпуск персональных компьютеров, в них были предусмотрены методы повышения надежности, которые ранее никогда не применялись. Имеются в виду программа POST и контроль четности памяти. Несмотря на то что контроль четности и даже коды коррекции ошибок (ECC) современными наборами микросхем системной логики бюджетного сектора рынка не поддерживаются, любой компьютер выполняет тест POST при включении. Ниже подробно рассматривается процедура POST — последовательность коротких подпрограмм, хранящихся в ROM BIOS на системной плате. Они предназначены для проверки основных компонентов системы сразу после ее включения, что, собственно, и является причиной задержки перед загрузкой операционной системы.

При каждом включении компьютера автоматически выполняется проверка его основных компонентов: процессора, микросхемы ROM, вспомогательных элементов системной платы, оперативной памяти и основных периферийных устройств. Эти тесты проводятся быстро и не очень тщательно по сравнению с тестами, выполняемыми диагностическими программами. При обнаружении неисправного компонента выдается предупреждение или сообщение об ошибке (неисправности).

Хотя выполняемая программой POST диагностика не совсем полная, она является первой "линией обороны", особенно если обнаруживаются серьезные неисправности в системной

плате. Если окажется, что неполадка достаточно серьезная, дальнейшая загрузка системы будет приостановлена и появится сообщение об ошибке (неисправности), по которому, как правило, можно определить причину ее возникновения. Такие неисправности иногда называют *фатальными ошибками*, поскольку они приводят к невозможности загрузки системы.

Представление ошибок POST

Сообщения POST обычно передаются пользователям в трех вариантах: как звуковой код, текстовое сообщение на экране и шестнадцатеричный цифровой код, отправляемый по адресу порта ввода-вывода.

- **Звуковой сигнал.** Для этого используется встроенный динамик, подключенный к системной плате.
- **Контрольные коды POST.** Шестнадцатеричные контрольные коды, отправляемые по адресу порта ввода-вывода. Для просмотра кодов необходимо установить в слот ISA или PCI специальный адаптер.
- **Экранные сообщения.** Сообщения об ошибках выводятся на экран монитора после инициализации видеоадаптера.

Звуковые коды ошибок

При обнаружении процедурой POST неисправности компьютер издает характерные звуковые сигналы, по которым можно определить неисправный элемент (или несколько элементов). Если компьютер исправен, то при включении он издает один короткий звуковой сигнал; если же обнаружена неисправность, выдается целая серия коротких или длинных звуковых сигналов, а иногда и их комбинация. Характер звуковых кодов зависит от версии BIOS и компании-разработчика. Например, в компьютерах Compaq при удачном завершении теста POST издаются два звуковых сигнала.

Коды ошибок, выдаваемые в порты ввода-вывода

Менее известной возможностью этой процедуры является то, что в начале выполнения каждого теста по адресу специального порта ввода-вывода POST выдает коды теста (называемые *POST-кодами*), которые могут быть прочитаны только с помощью устанавливаемой в разъем расширения специальной платы адаптера. Первоначально они были разработаны для тестирования системных плат, целью которого было выявление возможных дефектов при их производстве (при этом не требовалось подключать к ним видеоадаптер и монитор). Сейчас некоторые компании (Micro 2000, JDR Microdevices, Data Depot, Ultra-X, Quarterdeck, Trinitech и др.) стали выпускать такие платы для специалистов, занимающихся сервисным обслуживанием компьютеров.

Плата POST устанавливается в разъем расширения. В момент выполнения процедуры POST на ее встроенном индикаторе будут быстро меняться двузначные шестнадцатеричные числа. Если компьютер неожиданно прекратит тестирование или "зависнет", в этом индикаторе будет отображен код того теста, во время выполнения которого произошел сбой. Это позволяет существенно сузить круг поиска неисправного элемента.

Старые адаптеры POST подключались к 8-разрядному разъему, являющемуся частью стандарта ISA/EISA. Многие системы (даже со слотами PCI) все еще поддерживают интерфейс ISA. Тем не менее большинство системных плат больше не оснащаются устаревшими разъемами ISA, поэтому тестовые платы POST ISA стали бесполезными. В настоящее время повсеместно выпускаются адаптеры PCI. Например, компания Micro 2000 выпускает адаптер Post-Probe, оснащенный как разъемом ISA, так и PCI. В свою очередь, компания PC Certify выпускает аналогичную плату PCISA FlipPOST (рис. 20.1).

В компьютерах Compaq ранних версий и в системах, созданных на основе стандарта EISA, порту ввода-вывода назначен, как правило, адрес 80. Простейшие платы POST проверяют только порт 80, но более сложные платы имеют набор миниатюрных переключателей или

блок перемычек, которые позволяют сконфигурировать диагностическую плату для проверки портов с другими адресами, применяемыми в системах.

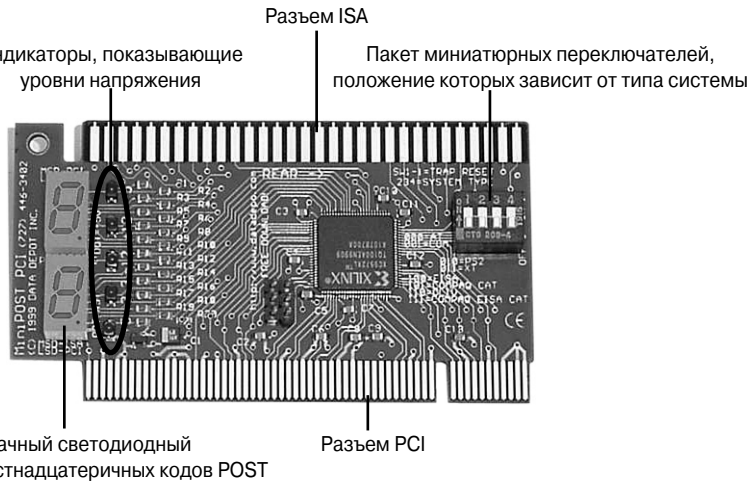


Рис. 20.1. Диагностическая плата PCISA FlipPOST компании PC Certify предназначена для разъемов PCI и ISA, а также используется для проверки уровня напряжения системной платы

Примечание

Список дополнительных кодов POST представлен в разделе *Technical Reference* на прилагаемом диске. Подробные сведения о работе с BIOS см. в главе 5. Кроме того, дополнительные сведения о работе с версией BIOS вашей системной платы можно найти в документации. Полезные сведения о BIOS содержатся и в документации, прилагаемой к различным POST-платам.

Экранные сообщения POST BIOS

Экранные сообщения в краткой форме указывают на возможную проблему, причем только после того, как видеоадаптер и монитор инициализируются системой.

Типы сообщений зависят от конкретной версии BIOS и зачастую различаются для разных BIOS одного производителя. Коды сообщений об ошибках, используемые крупнейшими производителями ROM BIOS (AMI, Award, Phoenix и IBM BIOS), представлены в следующих разделах. Тем не менее рекомендуется всегда консультироваться с производителем материнской платы и ROM BIOS относительно конкретных кодов, специфичных для определенной модели компьютера.

Большинство тестовых плат BIOS поставляется с документацией, описывающей коды POST для различных версий BIOS. Для систем, оснащенных другими моделями BIOS, следует воспользоваться соответствующей документацией или данными, относящимися к используемому адаптеру POST.

Коды ошибок POST AMI BIOS

В табл. 20.1 приведены возможные ошибки и способы их исправления.

Таблица 20.1. Звуковые коды POST AMI BIOS

Код	Ошибка	Способ исправления
1	Ошибка обновления памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули памяти. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
2	Ошибка четности памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату

Окончание табл. 20.1

Код	Ошибка	Способ исправления
3	Ошибка базовой памяти в области 64 Кбайт	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
4	Ошибка таймера	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
5	Ошибка процессора	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Убедитесь в том, что процессор и радиатор установлены должным образом; извлеките их, после чего установите заново. Замените процессор и системную плату
6	Ошибка 8042 – Gate A20	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените клавиатуру, системную плату или процессор
7	Ошибка прерывания исключения процессора	Убедитесь в том, что процессор и радиатор установлены должным образом; извлеките их, после чего установите заново. Замените процессор. Замените системную плату
8	Ошибка чтения/записи памяти видеоадаптера	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
9	Ошибка контрольной суммы ПЗУ	Попробуйте вынуть и повторно вставить микросхему ПЗУ в разъем на системной плате. Попробуйте обновить BIOS системной платы. Замените системную плату
10	Ошибка чтения/записи регистра отключения CMOS-памяти	Замените батарею. Замените системную плату
11	Повреждена кэш-память	Убедитесь в том, что в программе BIOS Setup правильно заданы параметры кэш-памяти. Замените процессор. Замените системную плату
1 длинный, 3 коротких	Ошибка обычной/расширенной памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
1 длинный, 8 коротких	Ошибка отображения или повторной трассировки	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату

Коды AMI BIOS предоставлены компанией American Megatrends, Inc.

Коды ошибок POST Award BIOS, Phoenix Award BIOS и Phoenix FirstBIOS

Компания Phoenix Technologies приобрела компанию Award Software, но продолжает поддерживать ее торговую марку как Phoenix Award BIOS (иногда называемую Phoenix FirstBIOS). Звуковые коды этих BIOS приведены в табл. 20.2, а в табл. 20.3 представлены сообщения об ошибках теста POST, характерные для этих версий BIOS.

Таблица 20.2. Звуковые коды POST Award BIOS/Phoenix FirstBIOS

Код	Ошибка	Способ исправления
Один длинный, два коротких	Ошибка видеоадаптера	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
Один длинный, три коротких	Ошибка видеоадаптера	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
Непрерывная последовательность сигналов	Ошибка работы памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
Высокочастотный сигнал во время работы системы	Перегрев процессора	Проверьте функционирование активного теплоотвода процессора и вентилятора корпуса. Замените вентиляторы, которые не вращаются или оборачиваются слишком медленно. Для проверки скорости вращения используйте программу PC Health или монитор оборудования в BIOS. Проверьте потоки воздуха в корпусе. Удалите пыль, блокирующую прохождение воздуха
Перемежающиеся высокий и низкий звуки	Ошибка процессора	Неправильная установка процессора, его повреждение или перегрев. Проверьте скорость вращения вентилятора с помощью программы PC Health или монитора оборудования в BIOS

Таблица 20.3. Экранные сообщения POST Award BIOS

Сообщение	Описание
`BIOS ROM checksum error - System halted` (Ошибка контрольной суммы ПЗУ BIOS — система установлена)	Контрольная сумма кода BIOS, которая хранится в микросхеме BIOS, неверная, а значит, программный код BIOS поврежден. Свяжитесь с поставщиком системы, чтобы заменить BIOS
`CMOS battery failed` (Ошибка батареи CMOS)	Батарея CMOS неработоспособна. Ее следует заменить
`CMOS checksum error - Defaults loaded` (Ошибка контрольной суммы CMOS — загружены стандартные параметры)	Контрольная сумма CMOS неверна, поэтому система загрузила стандартную конфигурацию. Ошибка контрольной суммы может говорить о том, что содержимое микросхемы повреждено. Кроме того, подобные проблемы могут быть связаны с тем, что батарея разряжена. Проверьте батарею и замените ее при необходимости
`CPU at` *nnnn* (ЦПУ на *nnnn*)	Отображает рабочую частоту центрального процессора
`Display switch is set incorrectly` (Параметры дисплея заданы неверно)	На системной плате может быть установлен переключатель, с помощью которого задается режим работы видеоадаптера: монохромный или цветной. Данное сообщение указывает, что переключатель установлен не в то положение, которому соответствуют установки BIOS Setup. Выключите компьютер, проверьте, какие установки должны быть заданы, после чего измените положение перемычки или загрузите программу BIOS Setup и задайте необходимый параметр в разделе VIDEO
`Press ESC to skip memory test` (Нажмите ESC, чтобы пропустить тест памяти)	Пользователю предоставляется возможность нажать клавишу <Esc>, чтобы пропустить тест памяти
`Floppy disk(s) fail` (Ошибка дисковода)	Невозможно обнаружить или инициализировать накопитель на гибких дисках или его контроллер. Проверьте, правильно ли заданы параметры контроллера. Если в системе отсутствует накопитель на гибких дисках, убедитесь, что в программе BIOS Setup в разделе Diskette Drive задано значение NONE или AUTO
`HARD DISK initializing. Please wait amoment` (Инициализация жесткого диска. Пожалуйста, подождите немного)	Для инициализации некоторых жестких дисков требуется немного больше времени
`HARD DISK INSTALL FAILURE` (Ошибка установки жесткого диска)	Невозможно обнаружить или инициализировать жесткий диск или его контроллер. Проверьте, правильно ли заданы параметры контроллера. Если жесткий диск не подключен, убедитесь в том, что в программе BIOS Setup в разделе Hard Drive задано значение NONE
`Hard disk(s) diagnosis fail` (Ошибка диагностики жестких дисков)	Система может выполнять определенные операции по диагностике жестких дисков. Данное сообщение отображается в том случае, если одна или несколько процедур проверки не могут быть выполнены
`Keyboard error or no keyboard present` (Ошибка клавиатуры или клавиатура отсутствует)	Инициализация клавиатуры невозможна. Убедитесь, что клавиатура подключена должным образом и что при выполнении процедуры POST не нажаты никакие клавиши. Чтобы отключить проверку клавиатуры, в программе BIOS Setup следует активизировать параметр HALT ON ALL, BUT KEYBOARD. После этого BIOS будет игнорировать ошибки или отсутствие клавиатуры при прохождении процедуры POST
`Keyboard is locked out - Unlock the key` (Клавиатура заблокирована — отпустите клавишу)	Как правило, данное сообщение указывает на то, что при проверке клавиатуры нажата одна из клавиш. Убедитесь в том, что на клавиатуре ничего не лежит
`Memory Test:` (Проверка памяти:)	Данное сообщение выводится при выполнении полной проверки памяти; при этом постоянно отображается объем проверенной памяти
`Memory test fail` (Ошибка проверки памяти)	Если при прохождении процедуры POST обнаруживаются ошибки памяти, на экране отображаются сведения об источнике ошибки
`Override enabled - Defaults loaded` (Замещение разрешено — загружены стандартные параметры)	Если система не может загрузиться при использовании текущих установок CMOS, BIOS может заменить текущую конфигурацию набором стандартных параметров, обеспечивающих наиболее стабильную работу системы
`Press TAB to show POST screen` (Нажмите TAB для отображения экрана процедуры POST)	Производитель системной платы может заменить стандартный экран POST Award BIOS графическим изображением. С помощью клавиши <Tab> оператор может переключаться между разными режимами отображения
`Primary master hard disk fail` (Ошибка основного ведущего жесткого диска)	Процедура POST обнаружила ошибки при инициализации основного ведущего жесткого диска
`Primary slave hard disk fail` (Ошибка основного ведомого жесткого диска)	Процедура POST обнаружила ошибки при инициализации основного ведомого жесткого диска

Сообщение	Описание
`Resuming from disk, Press TAB to show POST screen` (Восстановление с диска, нажмите TAB для отображения экрана процедуры POST)	Phoenix Technologies предлагает функцию сохранения на диске образа памяти для портативных компьютеров. Данное сообщение может отображаться в том случае, если компьютер перезагружается после "спящего" режима
`Secondary master hard disk fail` (Ошибка дополнительного ведущего жесткого диска)	Процедура POST обнаружила ошибки при инициализации дополнительного ведущего жесткого диска
`Secondary slave hard disk fail` (Ошибка дополнительного ведомого жесткого диска)	Процедура POST обнаружила ошибки при инициализации дополнительного ведомого жесткого диска

Ошибки POST PhoenixBIOS

Существует несколько версий PhoenixBIOS; версии, выпускавшиеся до 1994 года для процессоров 286–486, используют сигнализацию об ошибках, приведенную в табл. 20.4.

Таблица 20.4. Коды ошибок POST PhoenixBIOS для процессоров до 486-го

Звуковой сигнал	Ошибка	Способ исправления
1–2	Ошибка видеоадаптера	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
1–3	Ошибка чтения/записи ПЗУ CMOS	Замените батарею. Замените системную плату
1–1–4	Ошибка контрольной суммы ПЗУ	Попробуйте вынуть и повторно вставить микросхему ПЗУ в разъем на системной плате. Обновите BIOS системной платы. Замените системную плату
1–2–1	Ошибка таймера	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
1–2–2	Ошибка инициализации DMA	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
1–2–3	Ошибка чтения/записи регистра страницы DMA	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
1–3–1	Ошибка верификации обновления ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули памяти. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
1–3–3	Ошибка строки многоразрядных данных в первых 64 Кбайт ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
1–3–4	Ошибка логики проверки четности в первых 64 Кбайт ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
1–4–1	Ошибка адресной строки в первых 64 Кбайт ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
1–4–2	Ошибка проверки четности в первых 64 Кбайт ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
2–x–x[1]	Ошибка в первых 64 Кбайт ОЗУ	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
3–1–1	Ошибка ведомого регистра DMA	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
3–1–2	Ошибка основного регистра DMA	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
3–1–3	Ошибка основной маски прерываний	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату

Окончание табл. 20.4

Звуковой сигнал	Ошибка	Способ исправления
3–1–4	Ошибка дополнительной маски прерываний	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
3–2–4	Ошибка контроллера клавиатуры	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените клавиатуру. Замените системную плату. Замените процессор
3–3–4	Ошибка инициализации экрана	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
3–4–1	Ошибка повторной трассировки экрана	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
3–4–2	Ошибка видео-ПЗУ	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату
4–2–1	Ошибка прерывания таймера	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
4–2–2	Ошибка завершения работы	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените клавиатуру. Замените системную плату. Замените процессор
4–2–3	Ошибка Gate A20	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените клавиатуру. Замените системную плату. Замените процессор
4–2–4	Неожиданное прерывание в защищенном режиме	Проверьте наличие поврежденной платы расширения. Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
4–3–1	Ошибка адреса ОЗУ >FFFh	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти, блок питания и системную плату
4–3–3	Ошибка канала 2 таймера интервалов	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените системную плату
4–3–4	Ошибка часов реального времени	Замените батарею CMOS. Замените системную плату
4–4–1	Ошибка последовательного порта	Восстановите исходные параметры порта в BIOS Setup. Отключите порт
4–4–2	Ошибка параллельного порта	Восстановите исходные параметры порта в BIOS Setup. Отключите порт
4–4–3	Ошибка математического сопроцессора	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Убедитесь в том, что процессор и радиатор установлены должным образом; извлеките их, после чего установите заново. Замените процессор. Замените системную плату
1–1–2 (тихо)	Ошибка выбора системной платы	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Убедитесь в том, что процессор и радиатор установлены должным образом; извлеките их, после чего установите заново. Замените процессор. Замените системную плату
1–1–3 (тихо)	Ошибка ОЗУ расширенной CMOS	Замените батарею CMOS. Замените системную плату

1. Кодам 2 и 3 может соответствовать от одного до четырех звуковых сигналов, что указывает на разные поврежденные разряды в первых 64 Кбайт ОЗУ.

PhoenixBIOS версии 4 поддерживает процессоры Pentium и более новые. Сигналы об ошибках для этой версии приведены в табл. 20.5.

Таблица 20.5. Коды ошибок POST PhoenixBIOS версии 6.x и более поздних

Звуковой сигнал	Ошибка	Способ исправления
1–2–2–3	Ошибка контрольной суммы ПЗУ BIOS	Попробуйте вынуть и повторно вставить микросхему ПЗУ в разъем на системной плате. Обновите BIOS системной платы. Замените системную плату
1–3–1–1	Ошибка обновления DRAM	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
1–3–1–3	Ошибка контроллера клавиатуры 8742	Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените клавиатуру. Замените системную плату. Замените процессор
1–3–4–1	Ошибка адресной строки памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
1–3–4–3	Ошибка данных нижнего байта памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
1–4–1–1	Ошибка данных верхнего байта памяти	Почистите контакты модулей памяти, после чего повторно установите модули. Извлеките все модули за исключением первого банка. Замените модули памяти. Замените блок питания. Замените системную плату
2–1–2–3	Ошибка авторских прав ПЗУ	Попробуйте вынуть и повторно вставить микросхему ПЗУ в разъем на системной плате. Попробуйте обновить BIOS системной платы. Замените системную плату
2–2–3–1	Неожиданные прерывания	Проверьте наличие поврежденной платы расширения. Проверьте правильность установки системной платы, наличие ослабленных винтов, наличие объектов, которые могут приводить к замыканиям, а также слишком туго затянутых винтов. Замените системную плату
1–2	Проблема видеоадаптера	Проверьте, правильно ли установлен видеоадаптер. Попробуйте заменить память на видеоадаптере. Замените видеоадаптер. Замените системную плату

Коды ошибок POST для IBM BIOS

В первых системах IBM PC и AT использовались микросхемы BIOS, разработанные IBM; позднее эти продукты были лицензированы для выпуска другими производителями. В табл. 20.6 описаны сигналы об ошибках, характерные для IBM BIOS.

Таблица 20.6. Коды ошибок POST для IBM BIOS

Звуковой код	Описание
Один короткий сигнал	Нормальное прохождение POST — система в полном порядке
Два коротких сигнала	Ошибка POST — описание отображается на экране
Сигнал отсутствует	Проблема связана с блоком питания или системной платой
Непрерывный сигнал	Проблема связана с блоком питания или системной платой
Повторяющиеся короткие сигналы	Проблема связана с блоком питания или системной платой
Один длинный и один короткий сигнал	Проблема связана с системной платой
Один длинный и два коротких сигнала	Проблема связана с видеоадаптером (MDA/CGA)
Один длинный и три коротких сигнала	Проблема связана с видеоадаптером (EGA/VGA)
Три длинных сигнала	Проблема связана с платой клавиатуры 3270

Список звуковых и буквенно-цифровых кодов IBM BIOS приведен с разрешения компании IBM.

В табл. 20.7 описаны числовые коды ошибок, отображаемые IBM BIOS.

Таблица 20.7. Диагностические коды ошибок POST IBM BIOS

Код	Описание
1xx	Ошибки системной платы
2xx	Ошибки памяти (ОЗУ)
3xx	Ошибки клавиатуры
4xx	Ошибки видеоадаптера MDA
4xx	Ошибки параллельного порта системной платы PS/2

Продолжение табл. 20.7

Код	Описание
5xx	Ошибки видеоадаптера CGA
6xx	Ошибки контроллера/накопителя на гибких дисках
7xx	Ошибки математического сопроцессора
9xx	Ошибки адаптера принтера с параллельным интерфейсом
10xx	Ошибки адаптера альтернативного принтера с параллельным интерфейсом
11xx	Ошибки последовательного порта COM1
12xx	Ошибки последовательных портов COM2, COM3 и COM4
13xx	Ошибки адаптера игровых контроллеров
14xx	Ошибки матричного принтера
15xx	Ошибки адаптера SDLC (Synchronous Data Link Control — протокол управления синхронным каналом передачи данных)
16xx	Ошибка адаптера DSEA (5520, 525x)
17xx	Ошибки контроллера/диска ST-506/412
18xx	Ошибки модулей расширения ввода-вывода
19xx	Ошибки плат дополнений 3270
20xx	Ошибки адаптера BSC (Binary Synchronous Communications — двоичная синхронная передача данных)
21xx	Ошибки альтернативного адаптера BSC
22xx	Ошибки адаптера кластера
23xx	Ошибки адаптера плазменного монитора
24xx	Ошибки видеоадаптера EGA или VGA
25xx	Ошибки альтернативного видеоадаптера EGA
26xx	Ошибки адаптера 370-M (память) или 370-P (процессор) систем XT или AT/370
27xx	Ошибки адаптера 3277-EM (эмуляция) систем XT или AT/370
28xx	Ошибки адаптера эмуляции 3278/79 или адаптера подключений 3270
29xx	Ошибки цветного или графического принтера
30xx	Ошибки основного сетевого адаптера
31xx	Ошибки дополнительного сетевого адаптера
32xx	Ошибки адаптера экрана и программируемых символов систем 3270 PC или AT
33xx	Ошибки компактного принтера
35xx	Ошибки адаптера EDSEA
36xx	Ошибки адаптера шины GPIB (General-Purpose Interface Bus — универсальная интерфейсная шина)
37xx	Ошибки адаптера SCSI системной платы
38xx	Ошибки адаптера приема данных
39xx	Ошибки профессионального графического адаптера PGA
44xx	Ошибки экрана 5278 и 5279
45xx	Ошибки адаптера интерфейса IEEE (IEEE 488)
46xx	Ошибки адаптера мультипорта ARTIC
48xx	Ошибки внутреннего модема
49xx	Ошибки альтернативного внутреннего модема
50xx	Ошибки PC-совместимого жидкокристаллического монитора
51xx	Ошибки PC-совместимого портативного принтера
56xx	Ошибки системы финансового взаимодействия
70xx	Уникальные коды ошибок набора микросхем Phoenix BIOS
71xx	Ошибки адаптера VCA
73xx	Ошибки внешнего накопителя формфактора 3,5 дюйма
74xx	Ошибки видеоадаптера IBM PS/2 (VGA Card)
74xx	Ошибки видеоадаптера 8514/A
76xx	Ошибки адаптера 4216 PagePrinter
84xx	Ошибки речевого адаптера PS/2
85xx	Ошибки адаптера памяти XMA
86xx	Ошибки координатно-указательного устройства PS/2 (мыши)
89xx	Ошибки адаптера MIDI (цифровой интерфейс музыкальных инструментов)
91xx	Ошибки адаптера/оптического накопителя WORM IBM 3363
96xx	Ошибки 32-разрядного адаптера SCSI с кэш-памятью

Код	Описание
100xx	Ошибки мультипротокольного адаптера
101xx	Ошибки внутреннего модема со скоростью передачи данных 300/1200 бит/с
104xx	Ошибки жесткого диска или адаптера ESDI или MCA IDE
107xx	Ошибки внешнего накопителя формфактора 5,25 дюйма
112xx	Ошибки 16-разрядного адаптера SCSI без кэш-памяти
113xx	Ошибки 16-разрядного адаптера SCSI системной платы
129xx	Ошибки процессорной платы
149xx	Ошибки плазменного дисплея и адаптера P70/P75
152xx	Ошибки адаптера XGA
164xx	Ошибки внутреннего накопителя на магнитной ленте емкостью 120 Мбайт
165xx	Ошибки адаптера или накопителя на магнитной ленте 6157
166xx	Ошибки основного сетевого адаптера Token-Ring
167xx	Ошибки альтернативного сетевого адаптера Token-Ring
180xx	Ошибки адаптера PS/2
185xx	Ошибки адаптера DBCS
194xx	Ошибки модуля расширения памяти 80286
200xx	Ошибки адаптера изображений
208xx	Ошибки неизвестного устройства SCSI
209xx	Ошибки съемного диска SCSI
210xx	Ошибки несъемного диска SCSI
211xx	Ошибки накопителя на магнитной ленте с интерфейсом SCSI
212xx	Ошибки принтера с интерфейсом SCSI
213xx	Ошибки процессора SCSI
214xx	Ошибки накопителя WORM с интерфейсом SCSI
215xx	Ошибки накопителя CD-ROM с интерфейсом SCSI
216xx	Ошибки сканера с интерфейсом SCSI
217xx	Ошибки магнитооптического накопителя с интерфейсом SCSI
218xx	Ошибки адаптера музыкальных устройств с интерфейсом SCSI
219xx	Ошибки взаимодействия SCSI
243xxxx	Ошибки адаптера XGA-2
I998xxxx	Информационные коды DCS (Dynamic Configuration Select — динамический выбор конфигурации)
I99900xx	Ошибка загрузки исходного микрокода (Initial Microcode Load — IML)
I99903xx	Отсутствие загрузочного устройства, загрузка исходной программы (Initial Program Load — IPL)
I99904xx	Несоответствие IML и системы
I99906xx	Ошибки загрузки IML

Список звуковых и буквенно-цифровых кодов IBM BIOS представлен с разрешения компании IBM.

Сигналы об ошибках POST IBM/Lenovo BIOS

В мае 2005 года компания IBM продала свое подразделение, занимающееся персональными компьютерами, фирме Lenovo. В современных системах IBM и Lenovo используются отличные коды ошибок POST, которые представлены в табл. 20.8.

Таблица 20.8. Сигналы об ошибках POST BIOS IBM/Lenovo

Сигнал	Описание	Действия и проверки
1-1-3	Ошибка чтения/записи CMOS	1. Запустить Setup 2. Системная плата
1-1-4	Ошибка проверки ROM BIOS	1. Системная плата
1-2-x	Ошибка DMA	1. Системная плата
1-3-x	Ошибка модуля памяти	1. Модуль памяти 2. Системная плата
1-4-4	Ошибка клавиатуры	1. Клавиатура 2. Системная плата
1-4-x	Ошибка в первых 64 Кбайт ОЗУ	1. Модуль памяти 2. Системная плата

Окончание табл. 20.8

Сигнал	Описание	Действия и проверки
2-1-1, 2-1-2	Ошибка в информации Setup	1. Запустить Setup 2. Системная плата
2-1-x	Ошибка в первых 64 Кбайт ОЗУ	1. Модуль памяти 2. Системная плата
2-2-2		1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата
2-2-x	Ошибка в первых 64 Кбайт ОЗУ	1. Модуль памяти 2. Системная плата
2-3-x	Ошибка памяти	1. Модуль памяти 2. Системная плата
2–4–x	Ошибка памяти или настроек BIOS	1. Запустить Setup 2. Модуль памяти 3. Системная плата
3-1-x	Ошибка регистра DMA	1. Системная плата
3-2-4	Ошибка контроллера клавиатуры	1. Системная плата 2. Клавиатура
3-3-4	Ошибка инициализации экрана	1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата 3. Монитор
3-4-1	Ошибка ретрассировки экрана	1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата 3. Монитор
3–4–2	POST ищет видеопамять	1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата
4	Ошибка видеоадаптера	1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата
Все остальные последовательности	Проблемы в системной плате	1. Системная плата
Один короткий и один длинный во время POST	Ошибка в первых 640 Кбайт памяти или в теневой памяти	1. Модуль памяти 2. Системная плата
Один длинный и два-три коротких во время POST	Ошибка видеосистемы	1. Видеоадаптер (если установлен) 2. Системная плата
Три коротких во время POST	Проблема в системной плате или памяти	1. Память 2. Системная плата
Непрерывный сигнал	Проблема в системной плате	1. Системная плата
Повторяющиеся короткие сигналы	"Залипание" клавиши клавиатуры или проблемы с ее кабелем	1. Клавиша "залипла"? 2. Кабель клавиатуры 3. Системная плата

Публикуется с разрешения компании IBM.

Диагностика аппаратного обеспечения

Многие типы диагностических программ предназначены для определенных типов аппаратного обеспечения. Эти программы могут быть интегрированы в устройства, поставляться в комплекте с оборудованием или продаваться отдельно. В следующих разделах рассмотрены вопросы диагностики некоторых типов устройств.

Многие сетевые интерфейсные платы оснащены диагностической системой, предназначенной для тестирования специализированных функций устройств. В зависимости от используемого сетевого адаптера для выполнения проверок иногда приходится загружать компьютер в режиме DOS; в других случаях используется Windows.

Примечание

Для создания загрузочного диска MS-DOS в Windows XP или Vista с целью запуска специфичных для оборудования тестов вставьте чистую дискету в дисковод, откройте окно Компьютер (Мой компьютер), щелкните правой кнопкой мыши на устройстве A: и выберите в контекстном меню пункт Форматировать. В открывшемся диалоговом окне установите флажок Создать загрузочный диск MS-DOS и щелкните на OK.

Диагностические средства операционной системы

Когда Windows сталкивается с серьезными проблемами, такими как зловредное ПО, которое повреждает файловую систему или вмешивается в работу операционной системы, ошибки драйверов и другого ПО, работающего на низком уровне, сбои в данных, необходимых для работы, а также сбои в работе устройств, система останавливается или выключается при условиях, которые называются *проверкой ошибок* (bug check). К таким ошибкам относятся ошибки STOP, ошибки ядра, ошибки ловушек, фатальные ошибки системы и системные сбои, а поскольку информация об ошибках отображается на синем фоне в текстовом режиме, принято говорить о синем экране смерти (Blue Screen Of Death — BSOD). При возникновении подобных ошибок, помимо отображения синего экрана с текстом ошибки, Windows обычно сохраняет дамп памяти в файле, после чего автоматически перезагружает систему.

К сожалению, автоматическая перезагрузка приводит к невозможности прочитать текст ошибки на синем фоне, поэтому рекомендую отключить автоматическую перезагрузку системы при сбоях. Для того чтобы сделать это вручную, выберите меню Start (Пуск) и в поле Run (Выполнить) или Start Search (Начать поиск) введите `sysdm.cpl` и щелкните на кнопке OK. Затем в окне System Properties (Свойства системы) перейдите к вкладке Advanced (Дополнительно), в разделе Startup and Recovery (Загрузка и восстановление) щелкните на кнопке Settings (Параметры), после чего в разделе System Failure (Отказ системы) сбросьте флажок Automatically Restart (Выполнить автоматическую перезагрузку). Те же результаты можно получить, введя в командной строке следующую команду:

```
wmic recoveros set AutoReboot = False
```

После отключения автоматической перезагрузки при появлении синего экрана с ошибкой вы сможете прочитать текст сообщения, а только после этого перезагрузить систему. В тексте сообщения об ошибке обратите внимание на шестнадцатеричный код после слова `STOP`, который называется кодом ошибки и указывает на источник проблемы. Для получения подробных сведений компания Microsoft предлагает подробный список кодов и их описания:

```
http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms789516.aspx
```

Хотя коды ошибок полезны и сами по себе, в большинстве случаев хорошо было бы располагать дополнительными сведениями. С помощью средств отладки Debugging Tools для Windows можно проанализировать файл дампа памяти и получить подробные сведения, которые позволят устранить проблему. Сведения о том, где найти средства отладки для Windows, а также как их использовать, можно найти в статье из Базы знаний Microsoft “How to read the small memory dump files that Windows creates for debugging”:

```
http://support.microsoft.com/kb/315263
```

Ошибки `STOP` могут быть вызваны сбоями устройств (например, модулей памяти), зловредным ПО и даже неверным конфигурированием программного и аппаратного обеспечения. Для того чтобы устранить ошибки Windows, для которых отображаются синие экраны, следуйте следующим советам.

- Если недавно в системе было установлено новое устройство, попробуйте извлечь его.
- Если было установлено программное обеспечение, попробуйте удалить его.
- Если недавно были установлены драйверы, обновления или исправления, попробуйте выполнить откат системы или удалить недавно установленные компоненты.
- Убедитесь в том, что в системе отсутствует зловредное ПО, такое как вирусы, руткиты, шпионское и рекламное ПО.
- Проверьте наличие на сайте производителя системной платы обновленной версии BIOS.
- Убедитесь, что процессор, платы расширения, модули памяти и другие устройства надежно вставлены в разъемы.

- Убедитесь, что все кабели надежно и корректно подключены.
- Убедитесь в том, что установлены все пакеты обновлений и критические исправления для операционной системы.
- Изучите журналы системы и приложений с помощью утилиты Event Viewer (Просмотр событий) Windows, чтобы получить дополнительные сообщения об ошибках, добавленных в журналы в недавнее время. Подробные сведения о средстве Event Viewer (Просмотр событий) доступны по такому адресу:

  `http://support.microsoft.com/kb/947321`

Коммерческие диагностические программы

Существует множество разнообразных диагностических утилит для PC-совместимых компьютеров. Это специальные программы для тестирования памяти, жестких дисков, дисководов гибких дисков, видеоадаптеров и других компонентов системы. Одни из них занимают достойное место среди такого рода программ, другие явно не дотягивают до профессионального уровня. К рекомендуемым программам относятся следующие:

- **AMIDiag Suite** (`www.ami.com`);
- **MicroScope** (`www.micro2000.com`);
- **Diag Professional Suite** (`www.pc-diagnostics.com`);
- **PC Doctor Service Center** (`www.pcdservicecenter.com`);
- **Pc-Check** (`www.diagsoft.com`);
- **PC-Technician** (`www.windsortech.com`);
- **QuickTech Professional** (`www.uxd.com`).

К сожалению, данные программы могут быть достаточно дорогостоящими; они в большей степени предназначены для профессиональных инженеров служб поддержки, а не для домашних или коммерческих пользователей. Для большинства пользователей более чем достаточно возможностей, обеспечиваемых бесплатными программами диагностики.

Бесплатные средства диагностики

Существует большое количество бесплатных диагностических утилит, в том числе и поддерживаемых пользователями. Они позволяют получать расширенную информацию о процессорах, памяти, жестких дисках и практически всех остальных компонентах ПК. На протяжении нескольких лет энтузиасты собирали и упорядочивали подобное программное обеспечение, создав целые программные комплексы, предназначенные для устранения неполадок. К наиболее удачным, на мой взгляд, сборникам диагностических программ относятся Ultimate Boot CD (`http://ultimatebootcd.com`) и Ultimate Boot CD for Windows (`www.ubcd4win.com`).

Подобные наборы, распространяемые в виде образов загрузочных компакт-дисков, содержат утилиты диагностики, текстирования, устранения неполадок и измерения производительности, что идеально подходит для сравнения старых и новых систем. Ключевая особенность данных наборов — возможность запуска с загрузочного диска, что означает возможность тестирования системы независимо от установленных операционной системы и драйверов. Это позволяет более точно и эффективно выявлять проблемы в работе устройств.

При сборке новой системы имеет смысл воспользоваться подобными наборами утилит, чтобы убедиться в том, что все компоненты системы работают должным образом. Новые компьютерные системы также подвергаются стресс-тестированию, которое позволяет выявить любые дефекты устройств; при этом часто говорят о тестах “burn-in”, поскольку при стресс-тестировании все компоненты работают с максимальной нагрузкой, что приводит к их сильному нагреву. Также существуют и специализированные тестовые утилиты для “разогрева” систем.

Среди них я рекомендую такие программы, как Prime95 (`www.mersenne.org/freesoft`) и OCCT (`www.ocbase.com`).

Запустив утилиту Prime95, из меню Options (Параметры) выберите команду Torture Test (Тестирование нагрузкой). Это заставит программу полностью загрузить все процессоры и процессорные ядра в системы для стресс-тестирования на максимальном уровне. При этом я также запускаю бесплатную программу SpeedFan (`http://almico.com/speedfan.php`) для контроля над температурой процессоров и других компонентов системы. Стресс-тестирование — прекрасный способ проверить работоспособность всех компонентов как новых, так и старых компьютерных систем.

Загрузка

Под термином *загрузка* (boot) подразумевается начало работы персонального компьютера. В него загружается большая операционная система, но все начинается с маленькой программы, которая затем "вытягивает" все остальное. Вся цепочка событий начинается с подачи напряжения и завершается полностью функционирующей операционной системой с загруженным и работающим программным обеспечением. Каждое событие в цепочке вызывается предыдущим и инициирует следующее.

Трассировка процесса загрузки может помочь выявить источник проблемы, так как соответствующие сообщения отображаются при возникновении ошибок. Если при загрузке системы появляется сообщение какой-либо программы об ошибке, значит, она загружена и частично работает. Изучив последовательность загрузки, можно определить службу или программу, препятствующую выполнению загрузочной процедуры. Обращайте внимание на файлы или области диска, задействованные при загрузке. В сообщениях об ошибках, отображаемых при загрузке и нормальной работе системы, зачастую довольно сложно разобраться. Ниже перечислены программы, которые могут выводить на экран сообщение в процессе загрузки.

Не зависящие от операционной системы:

- ROM BIOS на системной плате;
- дополнительные ROM BIOS адаптеров;
- главная загрузочная запись (MBR);
- загрузочный сектор активного раздела.

Зависящие от операционной системы:

- системные файлы;
- драйверы устройств (загружаемые в `Config.sys` или системным реестром Windows `System.dat`);
- программы, запускаемые из файла `Autoexec.bat`, группы программ автозагрузки или соответствующие ключи системного реестра.

Начальный этап загрузки выполняется на всех компьютерах одинаково и не зависит от установленной операционной системы. На дальнейшие действия влияет тип установленной операционной системы, а следовательно, и сообщения об ошибках могут быть различны. В следующих разделах будут представлены некоторые сообщения об ошибках, возникающих в процессе загрузки.

Загрузка: начальный этап, не зависящий от типа установленной операционной системы

Если у вас возникли проблемы при загрузке компьютера, постарайтесь определить, на каком этапе это случилось. Процесс стандартной загрузки компьютера можно разделить на ряд этапов.

1. Включение питания компьютера.
2. Источник питания выполняет самотестирование. Если все нормально и все выходные напряжения соответствуют требуемым, источник питания выдает на системную плату сигнал `Power_Good`. Между включением компьютера и подачей сигнала проходит 0,1–0,5 с.
3. Микросхема таймера получает сигнал `Power_Good` и прекращает генерировать подаваемый на процессор сигнал `Reset`.
4. Процессор начинает выполнять код, записанный в ROM BIOS по адресу FFFF:0000. Размер ROM BIOS от этого адреса до конца составляет 16 байт; по данному адресу записана команда перехода на реально выполняемый код ROM BIOS.
5. ROM BIOS выполняет тестирование системы, чтобы проверить ее работоспособность. Обнаружив ошибку, система подаст звуковой сигнал, так как видеоадаптер все еще не инициализирован. Если BIOS соответствует стандарту Plug and Play, выполняются все последующие действия; в противном случае осуществляется переход к п. 10.
6. Plug and Play BIOS проверяет постоянные адреса ввода-вывода, линии прерываний, каналы прямого доступа к памяти и другие параметры, необходимые для конфигурации устройств, соответствующих стандарту Plug and Play.
7. Все устройства Plug and Play, перечисленные в BIOS, деактивизируются во избежание потенциальных конфликтов.
8. Создается карта используемых и свободных ресурсов.
9. Устройства Plug and Play конфигурируются и активизируются. Если в компьютере установлена BIOS, не удовлетворяющая стандарту Plug and Play, устройства Plug and Play инициализируются на основе параметров по умолчанию. Эти устройства могут быть динамически переконфигурированы при загрузке Windows (диспетчер конфигурации Windows запрашивает у BIOS информацию об устройстве, а затем выясняет, какова конфигурация каждого устройства Plug and Play).
10. В поисках программы работы с видеоадаптером BIOS сканирует адреса памяти видеоадаптера, начиная с C000:0000 и заканчивая C780:0000. Если BIOS видеоадаптера найдена, проверяется контрольная сумма ее кода. При совпадении контрольной суммы с заданной управление передается BIOS видеоадаптера, которая инициализирует видеоадаптер и выводит на экран курсор; в противном случае появляется сообщение `C000 ROM Error`.
11. Если BIOS видеоадаптера не найдена, используется видеодрайвер, записанный в микросхеме ROM системной платы, который инициализирует видеоадаптер и выводит на экран курсор.
12. BIOS системной платы сканирует оставшуюся память с C800:0000 по DF80:0000 с шагом 2 Кбайт в поисках BIOS любых других подключенных к системной плате адаптеров (таких, как SCSI). Обнаруженные BIOS выполняются так же, как и BIOS видеоадаптера.
13. При несоответствии контрольной суммы любых BIOS выводится сообщение *`XXXX`* `ROM Error`, где *`XXXX`* — сегментный адрес некорректного модуля ROM.
14. BIOS проверяет значение слова по адресу 0000:0472, чтобы определить, какая загрузка выполняется (*холодная* или *горячая*). В случае *горячей* загрузки по этому адресу записано слово `1234h`, что приводит к пропуску процедуры POST. Если по этому адресу записано другое слово, выполняется тест POST. Некоторые BIOS позволяют управлять различными аспектами процедуры POST, например выключать тестирование памяти.

15. В случае холодной загрузки выполняется POST. При тестировании на экран компьютера выводится сообщение обо всех возникающих ошибках и подается сигнал из встроенного динамика. При успешном завершении POST выдается одиночный звуковой сигнал (в компьютерах Compaq — два сигнала).

16. BIOS читает сектор 1, находящийся на цилиндре 0, стороне 0 (самый первый сектор) устройства, назначенного для загрузки по умолчанию. Когда-то таким устройством всегда был дисковод; современные версии BIOS позволяют загружаться не только с дискеты, но и с других устройств, например жесткого диска и накопителя CD-ROM. Порядок поиска загрузочных устройств определяется с помощью программы установки параметров BIOS. Этот сектор загружается по адресу 0000:7C00 и проверяет, является ли диск загрузочным.

    Если диск находится в устройстве, но сектор не может быть прочитан, или если диск отсутствует, BIOS переходит к п. 19.

Загрузка с дискет и оптических дисков

Для загрузки с оптического CD или DVD эти приводы должны быть перечислены в списке устройств загрузки перед жестким диском. Чтобы обеспечить возможность аварийной загрузки, рекомендуется назначать привод CD/DVD первым устройство загрузки, а дисковод — вторым. Если в эти устройства не вставлены загрузочные носители, система благополучно выполнит загрузку с жесткого диска.

О создании загрузочных компакт-дисков см. в главе 11.

17. Если загрузка выполняется с дискеты и первый байт загрузочной записи тома меньше 06h или если первый байт больше или равен этому числу, но первые пять слов содержат одинаковые шаблоны данных, отображается сообщение об ошибке загрузочной записи дискеты `602-Diskette Boot Record Error` и система останавливается.

18. Если загрузочная запись тома не может найти или загрузить системные файлы или проблема возникла при загрузке последних, выдается сообщение о том, что диск не системный (в одном из следующих вариантов).

```
Non-System disk or disk error
Replace and strike any key when ready

Non-System disk or disk error
Replace and press any key when ready

Invalid system disk_
Replace the disk, and then press any key

Disk Boot failure

Disk I/O Error
```

    Все эти сообщения заложены в загрузочной записи тома (VBR) и связаны с проблемами VBR или системных файлов.

19. Если в дисководе `A:` нет системной дискеты, BIOS читает сектор MBR (Master Boot Record — главная загрузочная запись); это первый сектор на жестком диске, который находится по тому же физическому адресу, что и загрузочный сектор на дискете (цилиндр 0, сторона 0, сектор 1). Обнаружив такой сектор, BIOS загружает его в память по адресу 0000:7C00 и затем проверяет его.

20. Если последние два байта этого сектора (его сигнатура) не равны 55AAh, вызывается прерывание 18h. При этом на экране появляется предупреждающее сообщение (оно зависит от производителя BIOS вашего компьютера).

В AMI BIOS сообщение следующее:

```
NO ROM BASIC - SYSTEM HALTED
```

В Award BIOS:

```
DISK BOOT FAILURE, INSERT SYSTEM DISK AND PRESS ENTER
```

В Phoenix BIOS:

```
No boot device available -
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

или:

```
No boot sector on fixed disk -
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

В устаревших IBM BIOS:

```
The IBM Personal Computer Basic_
Version C1.1 Copyright IBM Corp 1981
62940 Bytes free_
Ok_
```

Примечание

Большинство компьютеров IBM, выпущенных с 1987 года, отображают странное символьно-графическое изображение в виде передней панели дисковода, 3,5-дюймовой дискеты и стрелки, предлагающей вставить дискету в привод и нажать <F1>.

В устаревших Compaq BIOS:

```
Non-System Disk or disk error
replace adn strike any key when ready
```

Эти сообщения варьируются в зависимости от BIOS, однако причины их возникновения связаны с конкретными байтами в MBR (первый сектор жесткого диска с адресом: “цилиндр 0, головка 0, сектор 1”).

Такой диск может не содержать разделов, или в нем просто повреждена запись MBR. В процессе загрузки BIOS проверяет два последних байта в MBR на наличие значения 55AAh; если таких значений нет, инициируется прерывание 18h, вызывающее программу, отображающую одно из сообщений об ошибке (которые только что были продемонстрированы).

Сектор главной загрузочной записи (MBR) записывается на жесткий диск программой FDISK, утилитой Disk Management или программой DISKPART. После форматирования жесткого диска на низком уровне во всех его секторах находятся одни нули и, естественно, первый сектор не содержит необходимой сигнатуры в последних двух байтах. Из этого следует, что описанные сообщения об ошибках будут выдаваться, если вы отформатировали диск на низком уровне, но забыли разбить его на разделы (логические диски).

21. Начальный загрузчик ищет в таблице разделов активный раздел.
22. Если в таблице нет активного раздела, отображается сообщение об ошибке посредством вызова BIOS программного прерывания 18h (см. п. 20).
23. Если хотя бы один раздел содержит неправильную метку либо несколько разделов помечены как активные, выдается сообщение об ошибке `Invalid partition table` и система останавливается.
24. Если найден только один активный раздел, его загрузочный сектор считывается в память и выполняется проверка, действительно ли он загрузочный.

25. Если загрузочный сектор активного раздела не читается за пять попыток, выдается сообщение об ошибке `Error loading operating system` и система останавливается.

26. Проверяется сигнатура считанного загрузочного сектора активного раздела. Если последние два байта не соответствуют сигнатуре 55AAh, выдается сообщение об ошибке `Missing operating system` и система останавливается.

27. Загрузочный сектор активного раздела содержит программу загрузки операционной системы. Если загрузочный сектор испорчен, системные файлы не являются первыми в корневом каталоге или при попытке их чтения возникают сбои, выдается сообщение, что диск не системный или содержит ошибку (см. п. 18):

```
Non-System disk or disk error
Replace and strike any key when ready

Non-System disk or disk error
Replace and press any key when ready

Invalid system disk_
Replace the disk, and then press any key

Disk Boot failure

Disk I/O Error
```

Все эти сообщения заложены в загрузочной записи тома (VBR) и связаны с проблемами VBR или системных файлов.

Дальнейшие действия зависят от установленной операционной системы, о чем речь пойдет в следующих разделах.

Загрузка DOS

Загрузка MS-DOS и подобных ей операционных систем (PC DOS, DR DOS и Freedos) выполняется в такой последовательности.

1. Если прежде при загрузке не возникло никаких проблем, управление передается загруженному в память файлу `Io.sys` (`Ibmbio.com`).

2. Код инициализации передает управление файлу `Msdos.sys` (`Ibmdos.com`), который инициализирует драйверы базовых устройств, определяет состояние оборудования, инициализирует дисковые и дополнительно подключенные к компьютеру устройства, устанавливает параметры системы.

3. Загруженный файл `Config.sys` просматривается, и выражения из него выполняются в заданной последовательности. Сначала выполняются строки, начинающиеся словом `DEVICE`, в порядке их расположения в файле. При этом загружаются драйверы различных устройств, после чего выполняются выражения, содержащие слово `INSTALL`, в порядке их расположения в файле. Следующим шагом является обработка выражения `SHELL`, которое определяет путь к командному процессору `Command.com` и параметры его загрузки, а затем запускает его. Если такого выражения в файле `Config.sys` нет либо отсутствует сам файл `Config.sys`, то по умолчанию устанавливается имя командного процессора `\Command.com` и он запускается с параметрами, установленными по умолчанию. Командный процессор перекрывает в памяти код инициализации, в котором больше нет необходимости.

4. Если существует файл `Autoexec.bat`, командный процессор загружает и выполняет его. После этого на экране появляется командная строка DOS, в которой можно работать с операционной системой (если в файле `Autoexec.bat` не была определена дру-

гая интерфейсная оболочка). Если файл Autoexec.bat отсутствует, Command.com выполняет внутренние команды DATE и TIME, отображает сообщение об авторских правах, и на экране появляется командная строка DOS.

Загрузка Windows 9*x*/Me

Понимая процесс загрузки Windows 9*x*/Me, можно достаточно быстро устранить возникающие проблемы. Загрузку Windows 9*x* можно разделить на три этапа:

- загрузка и запуск файла Io.sys (в нем комбинируются функции файлов Io.sys и Msdos.sys операционной системы DOS);
- настройка реального режима;
- загрузка и запуск файла Win.com.

Этап 1: загрузка и запуск файла Io.sys

1. Код инициализации активизирует драйверы базовых устройств, определяет состояние оборудования, сбрасывает и инициализирует подключенные устройства и устанавливает параметры системы по умолчанию. Активизируется файловая система, управление передается файлу Io.sys. В течение <*n*> секунд отображается сообщение Starting Windows. Время отображения этого сообщения определяется строкой BootDelay=<*n*> в файле Msdos.sys (по умолчанию — 2 с).
2. Код инициализации файла Io.sys читает файл конфигурации Msdos.sys.
3. Загружается и отображается файл Logo.sys (стартовая заставка).
4. Если существуют файлы Drvspace.ini или Dblspace.ini, то они загружаются в память. Также загружаются драйверы Himem.sys, Ifshlp.sys и Setver.exe.
5. Файл IO.SYS проверяет файлы системного реестра (SYSTEM.DAT и USER.DAT) на корректность данных, после чего считывает содержимое раздела реестра Hkey_Local_Machine\System\CurrentControlSet для загрузки драйверов устройств и других указанных в этом разделе параметров.

Этап 2: загрузка и запуск файла Win.com

1. Файл WIN.COM загружает файл VMM32.VXD. Файлы VxD, еще не загруженные файлом VMM32.VXD, загружаются из раздела [386 Enh] файла WINDOWS\SYSTEM.INI.
2. Файл VMM32 переключает процессор компьютера из реального режима в защищенный, после чего загружаются файлы KRNL32.DLL, GDI.EXE, USER.EXE и EXPLORER.EXE (GUI-оболочка Windows 9*x* по умолчанию).
3. На последнем этапе загрузки загружаются настройки рабочего стола, программы из группы StartUp, а также ключ реестра RunOnce.

Загрузка Windows NT/2000/XP

При запуске систем Windows NT/2000/XP последовательность загрузки иная, чем в Windows 9x/Me. Вместо файлов Io.sys и Msdos.sys в Windows NT/2000/XP запускается загрузчик системы NTLDR, который начинает определять оборудование и позволяет выбрать систему для загрузки.

Ниже описан базовый процесс загрузки операционных систем Windows NT/2000/XP.

1. **Загрузочный сектор загружает службу Ntldr (NT Loader).** Процессор переходит в защищенный режим, активизирует файловую систему и считывает содержимое файла Boot.ini, где определяются параметры и начальное меню загрузки (этот файл необходим при установке на один компьютер двух или более операционных систем). При

двойной загрузке и выборе операционной системы, отличной от NT/2000/XP, загружается файл `Bootsect.dos`. Если в системе установлены жесткие диски SCSI, загружается файл `Ntbootdd.sys`, содержащий загрузочные драйверы SCSI.

2. **Служба `Ntdetect.com` собирает данные аппаратной конфигурации и передает их программе Ntldr.** Если существует несколько аппаратных записей, Windows выбирает нужную для текущей конфигурации. Когда ПЗУ BIOS совместимо с ACPI, Windows использует технологию ACPI для обнаружения и инициализации устройств.
3. **Загрузка ядра операционной системы.** Загрузчик Windows передает данные, собранные `Ntdetect.com`, модулю `Ntoskrnl.exe`, загружающему непосредственно ядро системы, уровень абстрагирования от аппаратных компонентов (`Hal.dll`) и информацию системного реестра. При этом внизу экрана указываются детали процесса загрузки.
4. **Загрузка драйверов и регистрация пользователя.** Сетевые компоненты (например, протокол TCP/IP) загружаются одновременно с другими службами, после чего на экран выводится строка `Begin Logon` (начало загрузки). После успешной регистрации пользователя Windows обновляет информацию последней удачной конфигурации.
5. **Обнаружение и настройка новых устройств Plug and Play.** Новым обнаруженным устройствам назначаются соответствующие программные ресурсы, после чего Windows извлекает нужный драйвер из архива `Driver.cab`. В противном случае пользователь сам указывает расположение драйвера. Поиск новых устройств осуществляется одновременно с процессом регистрации пользователя в системе.

При загрузке Windows NT/2000/XP используются следующие файлы:

- `ntldr`;
- `boot.ini`;
- `bootsect.dos` (только в компьютерах с несколькими операционными системами);
- `ntbootdd.sys` (загружается только для жестких дисков SCSI);
- `ntdetect.com`;
- `ntoskrnl.exe`;
- `hal.dll`;
- файлы в каталоге *`системная папка`*`\System32\Config` (реестр);
- файлы в каталоге *`системная папка`*`\System32\Drivers` (драйверы).

Примечание

Если во время загрузки появилось сообщение об ошибке или же система не загрузилась должным образом, перезагрузите компьютер, после чего нажмите клавишу <F8> (только при работе с Windows 2000/XP), чтобы отобразились дополнительные варианты загрузки, и выберите вариант Enable Boot Logging (Разрешить протоколирование загрузки), чтобы создать файл `Ntbtlog.txt`. В результате будет сохранен файл, который окажется очень кстати при выявлении файлов и процессов, препятствующих корректной загрузке.

Особенности процесса загрузки Windows Vista/7

Система Windows Vista или Windows 7, равно как и Windows 2000/XP, уходит своими корнями в Windows NT 4.0, однако процесс ее загрузки существенно отличается. Вместо загрузчика `Ntldr` в ней используются три компонента:

- диспетчер загрузки `bootmgr.exe`;
- загрузчик операционной системы `winload.exe`;
- загрузчик системы при выходе из "спящего" режима `winresume.exe`.

Текстовый файл `boot.ini`, использовавшийся в предыдущих версиях технологии NT, теперь заменен хранилищем данных конфигурации загрузки (BCD). Это позволило обеспечить единый интерфейс для систем, использующих методы конфигурирования, основанные как на традиционной BIOS, так и на новой унифицированной структуре интерфейса EFI. Параметры конфигурации в хранилище BCD изменяются с помощью утилиты `BCDedit` — защищенной службой учетных записей программы.

Диспетчер `Bootmgr.exe` запускает программу `Winload.exe`, которая загружает Windows, если нет какой-либо другой операционной системы. Все настройки она берет из хранилища BCD. Однако в конфигурации двойной загрузки, в которой наряду с Windows 7 обеспечивается возможность запуска других операционных систем, диспетчер загрузки отображает меню, предлагающее выбрать конкретную ОС. К примеру, если в среде двойной загрузки была выбрана система Windows XP, загружается файл `ntldr` и выполняется процесс, описанный в предыдущем разделе. Если же выбирается Windows 7, файл `winload.exe` выполняет загрузку системы на основе настроек в хранилище BCD.

Когда система Windows Vista/7 находится в режиме гибернации, в BCD хранится информация о состоянии компьютера на момент переключения в этот режим. При выходе системы из режима гибернации для запуска Windows используется программа `winresume.exe`, которая использует информацию BCD и содержимое файла `hiberfil.sys`.

Инструменты и приборы

Для устранения небольших неисправностей и ремонта ПК достаточно иметь лишь несколько основных инструментов. Однако если вы хотите подойти к этому профессионально, следует учесть, что существуют специальные инструментальные средства, которые позволяют выявить проблемы и устранить их просто и быстро:

- простой набор инструментов для разборки и сборки (две крестообразные отвертки разного калибра, пинцет, захват для микросхем, а также зажимы);
- диагностические устройства и программы для тестирования компонентов компьютера;
- цифровой мультиметр для измерения напряжения и сопротивления, а также пробники для проверки разрывов в кабелях;
- химические препараты (раствор для протирания контактов), пульверизатор с охлаждающей жидкостью и баллончик со сжатым газом (воздухом) для чистки деталей компьютера;
- набор тампонов для протирания контактов;
- небольшие нейлоновые стяжки для упорядочения кабелей.

Рекомендуется также приобрести следующие инструменты, хотя они пригодятся не для всех видов работ:

- тестовые разъемы для проверки последовательных и параллельных портов;
- приборы тестирования памяти, позволяющие оценить функционирование модулей SIMM/DIMM/RIMM;
- сканер для сетевых кабелей (при работе с ПК, подключенными к сети);
- врезка последовательного порта (если система работает через последовательный кабель, как терминалы Unix);
- плата POST (если вы работаете с компьютером, на котором установлена DOS или какая-нибудь другая операционная система (не Windows), приобретите плату POST, которая может также предоставить данные об используемых прерываниях (IRQ) и адресах прямого доступа к памяти (DMA)).

В некоторых случаях может потребоваться комплект инструментов для пайки. Перечисленные инструменты и дополнительные приспособления рассматриваются в данном разделе.

Подручные инструменты

Как ни странно, инструменты, необходимые для сервисного обслуживания почти всех компьютеров, относительно просты и недороги. Большинство из них вполне можно разместить в небольшой сумке или коробке. Даже профессионалы высокого класса носят свои инструменты в небольших чемоданчиках. Стоимость принадлежностей для обслуживания компьютера колеблется от 20 (для маленького сервисного комплекта) до 500 долларов (для роскошного профессионального комплекта). Сравните это с ценой набора инструментов для автомеханика (5–10 тыс. долл.) и учтите, что работа, которую вы будете выполнять, гораздо чище, чем возня с автомобилями.

В этом разделе речь идет о принадлежностях, которые нужны для элементарного обслуживания компьютера на уровне плат и узлов. Начнем с небольшого комплекта инструментов, предназначенного специально для таких работ.

Примечание

Некоторые инструменты из приведенного выше списка редко используются, но это не означает, что они должны отсутствовать в наборе.

Поскольку некоторые изготовители вместо винтов с шестигранными головками используют обычные или крестообразные винты, можно обойтись отвертками. Следует отметить, что лучше использовать отвертки со съемными наконечниками, которые фиксируются на рукоятке. Ни в коем случае не пользуйтесь отвертками с нефиксируемыми наконечниками, поскольку при выполнении работ он может отскочить и повредить материнскую плату.

Предупреждение

При работе внутри корпуса компьютера очень удобно использовать инструменты с намагниченными концами. С помощью таких инструментов довольно просто установить и закрутить винт в труднодоступном месте или извлечь крепежный элемент, упавший в ''недра'' компьютера. Однако, работая с такими инструментами, следует проявлять особую осторожность, поскольку некоторые элементы компьютера (например, гибкие диски) чувствительны даже к очень слабым магнитным полям. К счастью, гибкие диски сегодня практически не используются, а жесткие диски защищены металлическим корпусом. CD/DVD вообще не чувствительны к магнитным полям. Модели памяти не чувствительны к слабым полям, таким как на намагниченной отвертке, однако более сильные поля могут нанести им ущерб.

Пинцетом и зажимом удерживают небольшие винты или перемычки, которые неудобно брать рукой (рис. 20.2). Зажим особенно пригодится, если вы уроните внутрь небольшую деталь, поскольку ее можно вынуть, не разбирая компьютер.

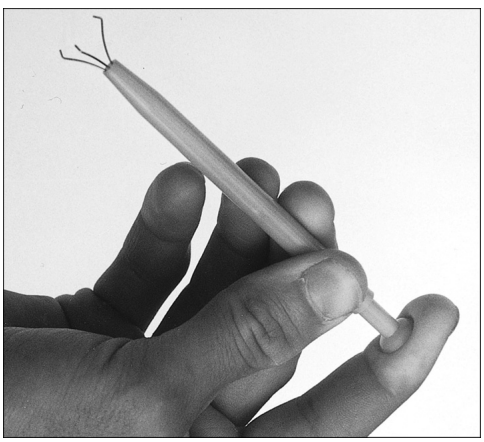


Рис. 20.2. Зажим, с помощью которого удерживают и извлекают небольшие детали

Звездообразная отвертка типа Torx (рис. 20.3) необходима для винтов со специальными головками, которые применяются в большинстве компьютеров компании Compaq и некоторых других производителей. Равномерное распределение нагрузки по шести граням позволяет без труда и резких движений завинтить их. Как уже отмечалось, использование отверток со съемными нефиксируемыми наконечниками является самой распространенной причиной повреждения материнских плат, так что избегайте их. Отвертки типа Torx выпускаются различных калибров: самыми распространенными являются T-10 и T-15.

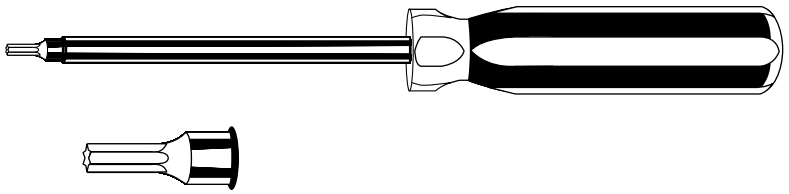


Рис. 20.3. Звездообразная отвертка типа Torx

Кроме того, я бы порекомендовал к уже описанным инструментам добавить перечисленные ниже.

- **Защитный комплект для снятия электростатического заряда (ESD).** Включает в себя браслет, который одевается на запястье, и коврик (примерно такие, как в комплектах Radio Shack и Stanley Supply & Services); позволяет избежать случайного повреждения компонентов, причиной которого может стать накопленный электростатический заряд. Защитный комплект состоит из браслета с заземляющим проводом и специального токопроводящего коврика, имеющего собственный провод заземления. Браслет и антистатический коврик могут использоваться как отдельно, так и в комплекте. В местах с пониженной влажностью статические заряды накапливаются гораздо быстрее, что повышает необходимость использования защитных средств ESD. Защитный браслет, который одевается на запястье, показан на рис. 20.5.
- **Пассатижи с игольчатыми губками и зажимы (изогнутый и прямой).** Этими инструментами удобно брать небольшие детали и перемычки, вставлять штифты и выполнять другие аналогичные операции.
- **Электрическая отвертка.** Укомплектована стандартными (плоской и крестообразной) и шестигранной головками, а также насадками Philips и Torx, значительно ускоряет процесс сборки и разборки компьютера. Компания Black and Decker предлагает модель VersaPak VP730 (`www.blackanddecker.com`).
- **Карманный фонарик.** Лучше использовать высокотехнологичные светодиодные фонарики, в частности от компании Lightwave (`www.longlight.com`), которые позволяют заглянуть в "недра" плохо освещенного компьютера и не требуют частой замены батареек.
- **Кусачки или машинка для зачистки проводов.** Очень удобны для подготовки и замены кабелей или проводов. Например, они потребуются (вместе с обжимными щипцами) при создании сетевого кабеля 10BASE-T Ethernet с помощью кабеля UTP и разъемов RJ-45 (см. главу 17).
- **Тиски или фиксаторы.** Используются для насадки кабельных разъемов, придания кабелям определенной формы и фиксации деталей при выполнении тонких операций. В качестве приложения к тискам компания Radio Shack предлагает "пару лишних рук", представляющих собой устройство, снабженное подвижными манипуляторами с зажимами типа "крокодил" на концах. Устройства подобного типа очень удобны при

монтаже кабелей или выполнении точных операций, во время которых лишняя пара рук, держащих тот или иной предмет, не помешает.

- **Надфиль или напильник.** Пригодятся для удаления заусениц на корпусе и раме, а также для подгонки лицевых панелей дисковых накопителей.
- **Маркеры, ручки и блокноты.** Потребуются для записи необходимой информации, маркировки кабелей и т.д.
- **Загрузочная дискета Windows 98.** Содержит файлы DOS 7.1 или 8.0 и драйверы реального режима для устройств CD-ROM/DVD, которые используются при тестировании системы и обеспечивают возможность загрузки другого программного обеспечения.
- **Загрузочный компакт-диск Windows 2000/XP.** Может использоваться для тестирования системы с помощью накопителей CD-ROM/DVD, восстановления системы, инсталляции операционной системы или запуска других программ.
- **Загрузочный DVD для Windows Vista.** Может пригодиться для тестирования системы, установки операционной системы и запуска других программ. В случае сбоя системы можно загрузить новую среду восстановления, обеспечивающую доступ к утилите восстановления системы, полнофункциональной командной строке, средствам диагностики памяти и прочим функциям.
- **Диагностическое программное обеспечение.** Существуют коммерческие, бесплатные и демоверсии программ, которые могут использоваться для проверки и тестирования аппаратных средств ПК.
- **Плата самотестирования POST, например Post Probe (`www.micro2000.com`).** Используется для вывода на экран диагностических кодов POST при выявлении тех или иных ошибок.
- **Нейлоновые кабельные стяжки.** Используются для закрепления и разводки кабелей; аккуратно выполненные кабельные соединения улучшают циркуляцию воздуха в корпусе.
- **Цифровой карманный мультиметр (например, компании Radio Shack).** Используется для проверки напряжения на выводах блока питания, разъемах и кабелях.
- **Щеточки, кисточки, сжатый воздух (для удаления пыли) и химические средства для чистки контактов.** Используются для чистки и смазки контактов монтажных плат и кабельных разъемов. В комплект входят также химические чистящие средства от `www.chemtronics.com` и средства для чистки контактов, одним из которых является Stabilant 22a (`www.stabilant.com`).
- **Кабели и адаптеры для передачи данных.** Используются для быстрого соединения двух компьютеров и передачи данных из одной системы в другую. В том числе последовательный и параллельный кабели (часто называемые Laplink, Interlink или Direct Cable Connect), кросс-кабель Ethernet, а также адаптеры USB-Ethernet, USB-USB и USB-параллельный порт. В данном случае более скоростное соединение обеспечивают подключения через порты USB и Ethernet; последовательное и параллельное соединения обычно используются при отсутствии в компьютерах интерфейсов другого типа.
- **Адаптеры и кабели 2,5-дюймовых устройств ATA.** Используются для подключения 2,5-дюймовых устройств ATA к настольным системам и ноутбукам для передачи или восстановления данных: среди прочего — адаптер 44-контактного разъема 2,5-дюймового устройства ATA в 40-контактный разъем 3,5-дюймового устройства; адаптер 44-контактного разъема ATA в разъем USB/FireWire; а также блок для 2,5-дюймового внешнего устройства USB/FireWire.
- **Блок для 3,5-дюймового устройства.** Этот блок, оснащенный разъемом USB, позволит восстановить данные с жесткого диска, если исходная система не функционирует.

Некоторые блоки поддерживают только устройства ATA; более современные предназначены для жестких дисков SATA.

- **Y-разветвитель PS/2 для подключения внешней мыши и клавиатуры.** Пригодится в операционных системах, в которых оригинальными мышью и клавиатурой пользоваться трудно или невозможно. Y-разветвитель используется в большинстве ноутбуков для подключения только клавиатуры PS/2 или клавиатуры совместно с мышью.
- **Питаемый концентратор USB, адаптер USB/FireWire.** Пригодится для подключения внешних устройств USB, особенно клавиатуры, мыши и дисковых устройств. Адаптеры позволят подключить к компьютеру самые разнообразные устройства USB и FireWire.
- **Разнообразные винты, крепежи, перемычки и т.п.** Они пригодятся в случае, если в ремонтируемой системе их недостает.
- **Запасные литиевые батареи элементов CR-2032.** Во многих системах они используются в качестве батарей CMOS RAM, поэтому хорошо бы иметь под рукой пару запасных батарей.

Вопросы безопасности

Прежде чем приступать к работе внутри компьютера, следует выполнить некоторые подготовительные действия. Это позволит не только защититься вам самим, но и защитить систему, с которой вы работаете.

Следует отметить, что работать внутри системного блока не так уж опасно. Даже если блок питания не выключен, то напряжение внутри системного блока составляет только 3,3, 5 и 12 В, которое не опасно для жизни. Однако высокое напряжение есть в самом блоке питания, а также внутри монитора. Так, внутри блока питания может быть напряжение до 400 В, а внутри ЭЛТ-монитора — 50000–100000 В! Как правило, блоки питания и мониторы следует заменять, а не ремонтировать. Заниматься ремонтом подобных устройств, особенно не имея навыков работы с высоким напряжением, не рекомендуется.

Прежде чем начинать работу внутри системного блока ПК, обязательно отключите его от розетки. Это позволит защитить не только вас, но и саму компьютерную систему. Современные системы ATX находятся в рабочем состоянии до тех пор, пока не будут отключены от электророзетки. Если этого не сделать, то даже в выключенной системе будут небольшие напряжения. Чтобы предотвратить повреждение системной платы, видеоадаптера или других плат расширения, систему следует полностью обесточить. В противном случае при вставке или извлечении платы расширения можно повредить или этот адаптер, или системную плату.

Обязательно обзаведитесь комплектом электростатической разгрузки для защиты от статических разрядов (рис. 20.4). Он состоит из браслета с заземляющим проводом и проводящего коврика с заземлением. Такой комплект предохранит микросхемы от повреждения случайным статическим электричеством. Некоторые пользователи наивно полагают, что для обеспечения заземления система должна быть включена в розетку. Помните, что никакой "земли" в данном случае не требуется — нужно только равенство статических потенциалов человека и системного блока. Коммерческие электростатические браслеты также отличает то, что они содержат внутреннее сопротивление величиной 1 МОм, которое гарантирует, что при случайном прикосновении к высоковольтному проводу вы не окажетесь самым слабым звеном электрической цепи.

Извлеченные из системы компоненты следует класть на специальный антистатический коврик, который также входит в комплект защиты ESD (этот коврик соединен проводом с корпусом компьютера). Особенно это относится к таким хрупким компонентам, как процессоры, карты адаптеров, материнские платы и дисковые устройства. Прямое соединение между вами, корпусом и ковриком позволит предотвратить любые электростатические разряды в процессе работы и сбережет компоненты компьютера.

Примечание

При осторожном обращении с компонентами компьютера можно обходиться и без комплекта электростатической защиты (однако это не рекомендуется, так как прикосновение к металлическим деталям часто приводит к удару током). В этом случае для снятия с себя электростатического потенциала прикоснитесь к любому металлическому (не защищенному краской) фрагменту корпуса.

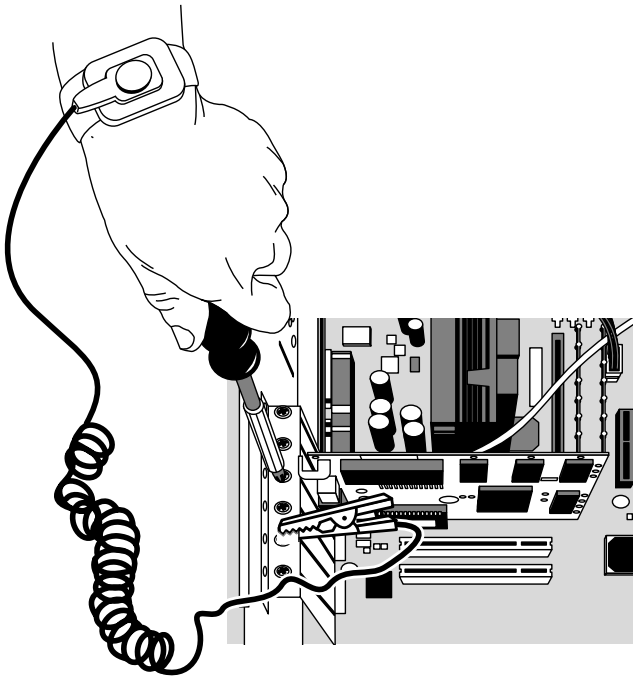


Рис. 20.4. Комплект электростатической разгрузки

Комплект ESD, как и другие инструментальные средства, можно приобрести в розничной торговле. Особенно рекомендуются товары от Specialized Products Company и Stanley Supply & Services, в каталогах которых можно найти широкий выбор инструментов и средств технического обслуживания электронной техники. Имея все перечисленные инструменты и принадлежности, можно приступать к ремонту или сборке компьютера. Их общая стоимость не превысит 150 долларов, что не так много по сравнению с возможностями, которые они открывают.

Тестовое оборудование

Иногда при проверке плат или компонентов приходится пользоваться измерительными приборами и специальными устройствами. Они сравнительно недороги и просты в применении.

Электрическое оборудование

Для проверки компьютера необходимы *мультиметр* и *тест-разъемы*. Мультиметром можно измерять различные параметры, например напряжение в разных точках схемы или на выходе блока питания, и проверять на обрыв проводник на плате или кабель. Тест-разъемы позволяют проверять последовательные и параллельные порты и присоединяемые к ним кабели. Неплохим дополнением может служить *тестер сетевой розетки*; его можно использовать для проверки, не является ли источником проблемы внешнее электропитание.

Тест-разъемы

Для проверки последовательных и параллельных портов применяются *тест-разъемы* (рис. 20.5). Если установить их вместо соединительных кабелей, то при проверке будут подаваться сигналы с выходных контактов последовательных или параллельных портов на входные контакты, т.е. порт будет замкнут на самого себя.

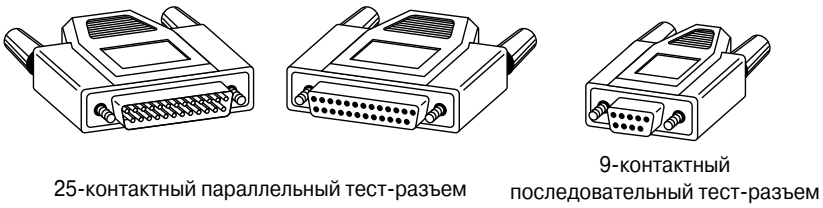


Рис. 20.5. Типичные 9- и 25-контактные тест-разъемы

Существует несколько типов тест-разъемов: для 9- и 25-контактных последовательных портов, для 25-контактного параллельного порта, а также для портов USB 1.1 и 2.0. Некоторые программы диагностики предлагают тест-разъемы в комплекте своей поставки, в противном случае их придется приобретать отдельно. Следует заметить, что существует несколько конструкций тест-разъемов, но, к сожалению, далеко не все версии корректно работают с различным диагностическим программным обеспечением. Поэтому следует применять только тест-разъемы, которые рекомендуются используемой диагностической программой.

Кроме тест-разъемов, в наборе средств могут пригодиться и открытые разъемы, позволяющие использовать временные кабели, а также выполнять мониторинг сигналов, подаваемых на отдельные контакты.

Примечание

Программы тестирования портов USB и соответствующие тест-разъемы предлагает компания PassMark Software (`www.passmark.com`).

Мультиметры

Зачастую в процессе работы приходится измерять напряжение и сопротивление. Для этого применяются цифровые или аналоговые *мультиметры*. У любого из них есть минимум два измерительных вывода (щупа), которые подключаются к проверяемой цепи. При соединении мультиметр отображает показания. В зависимости от выбранного режима работы прибор измеряет либо сопротивление, либо постоянное или переменное напряжение (более высококлассные модели могут измерять ток, емкость, частоту, параметры транзисторов и т.п.). На рис. 20.6 показан типичный цифровой универсальный измерительный прибор, используемый для тестирования цепи системной платы ATX, на которую подается напряжение +12 В.

Для каждой величины существует несколько диапазонов измерения. Например, верхние пределы шкалы при измерении постоянного напряжения могут быть равны 200 мВ, 2, 20, 200 и 1000 В. Поскольку в компьютерах используются напряжения питания +5 и +12 В, лучше выполнять измерения на пределе 20 В. На меньших пределах прибор будет зашкаливать или вообще может выйти из строя, а на больших точность показаний окажется недостаточной.

Если приблизительная величина измеряемого напряжения неизвестна, установите мультиметр на самый "грубый" предел, а затем постепенно увеличивайте чувствительность. В лучших из этих приборов выбор предела измерения осуществляется автоматически. Такие мультиметры довольно просты в использовании. Переключите мультиметр в режим измерения той величины, которая вас интересует, например в режим постоянного напряжения, и присоедините щупы к проверяемой цепи. Мультиметр сам выберет оптимальный предел измерения, и вам останется лишь считать показания. Подобные приборы чаще всего являются цифровыми.



Рис. 20.6. Типичный цифровой мультиметр, используемый для тестирования 12-вольтной цепи системной платы

Предупреждение

При использовании мультиметра для проверки любого напряжения от 50 В и выше всегда держите его только в одной руке. Если в каждой руке держать по проводному зажиму, то тело, по сути, потенциально может стать электрическим контуром, по которому пройдет ток. При переходе электроэнергии из одной руки в другую будет затронуто сердце, которое — что поделаешь — крайне негативно относится к высокому напряжению.

Я предпочитаю пользоваться малогабаритными цифровыми мультиметрами. Они ненамного дороже стрелочных, но точность измерения у них значительно выше. Некоторые модели по размерам меньше магнитофонной кассеты и умещаются в нагрудном кармане. Один из таких мультиметров компании Radio Shack (рис. 20.7) имеет толщину меньше 1 см и весит около 100 г. Прибором такого класса можно измерить все необходимые величины в любом компьютере.

Предупреждение

Имейте в виду, что многие стрелочные приборы могут представлять опасность для цифровых схем, так как при измерении сопротивления на щупы подается испытательное напряжение от 9-вольтной батареи. Если попытаться измерить таким прибором сопротивление в цифровой схеме, она может выйти из строя, поскольку испытательное напряжение существенно выше максимально допустимого. В цифровых приборах это напряжение обычно не превышает 3–5 В.

Логические пробники и генераторы одиночных импульсов

При поиске неисправностей в цифровых схемах удобно использовать *логический пробник* (рис. 20.7). Цифровой сигнал может быть либо высокого (+5 В), либо низкого (0 В) уровня. Импульсы бывают очень короткими (доли микросекунды), а частота их следования может достигать десятков мегагерц, поэтому обычный мультиметр в такой ситуации бесполезен. Логический пробник предназначен для контроля и индикации именно таких цифровых сигналов.

Особенно он может пригодиться при поиске неисправности в “мертвом” компьютере. С помощью пробника можно проверить работу тактового генератора и наличие других синхрони-

зирующих сигналов, а также сравнить сигналы на каждом выводе какой-либо интегральной схемы с сигналами на исправной микросхеме и найти вышедший из строя компонент. Логический пробник может оказаться полезным и при проверке дисководов — он позволяет проверить сигналы на интерфейсном кабеле или в самой схеме накопителя.

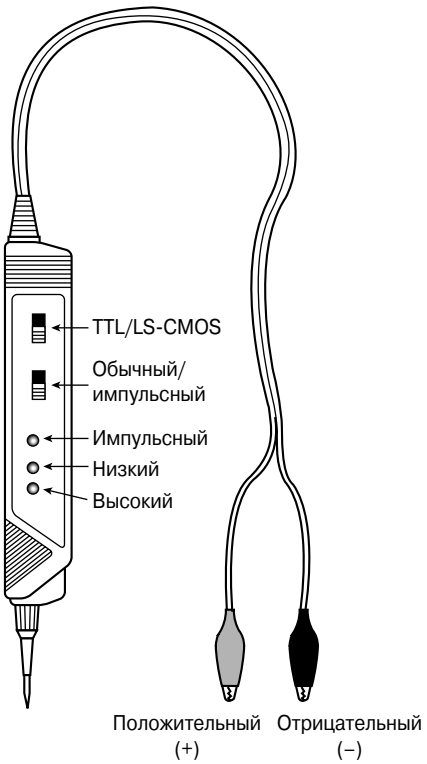


Рис. 20.7. Типичный логический пробник

Тестер сетевой розетки

Это простое и дешевое устройство, также называемое *пробником*, применяется для проверки электрических розеток. Его вставляют в розетку и по свечению трех светодиодов определяют правильность подключения проводов (рис. 20.8).

Хотя плохо смонтированная розетка — большая редкость, мне несколько раз приходилось сталкиваться с этой проблемой. В большинстве случаев был неправильно подведен заземляющий проводник. Неправильно смонтированная розетка приводит к неустойчивой работе компьютера и его "зависанию". Это вызвано тем, что сетевые помехи в незаземленной системе попадают на общий провод компьютера, относительно которого "отсчитываются" уровни логических сигналов. В результате возникают ошибки при передаче данных и периодические сбои.

Тестеры памяти

В настоящее время устройство для тестирования памяти обязательно должно быть у каждого, кто профессионально занимается устранением неполадок и ремонтом ПК. Тестер — это небольшое устройство, предназначенное для проверки всех типов модулей памяти и их отдельных микросхем. Стоимость тестеров памяти очень высока (2500 долларов и больше), однако эти устройства незаменимы для тех, кому необходимо быстро и точно проверять большое количество модулей памяти.

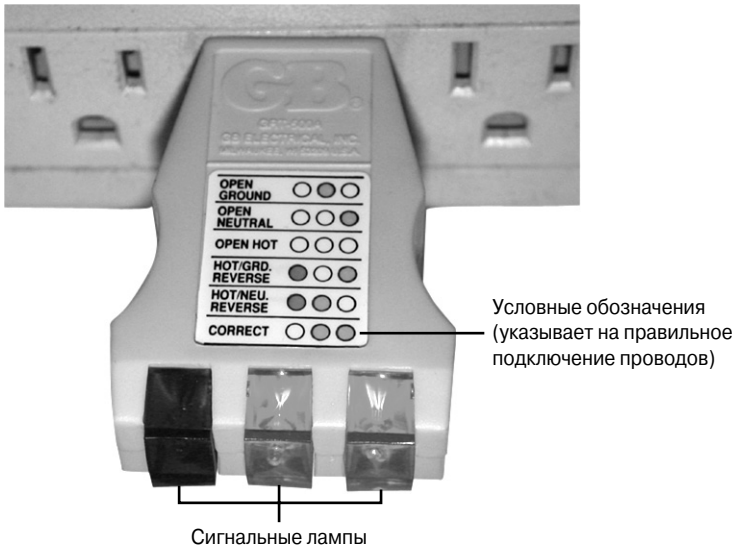


Рис. 20.8. Типичный тестер, используемый для проверки сетевых розеток

Не имея в распоряжении тестера памяти, приходится полагаться на специализированные программы, возможности которых весьма ограничены. Подобные программы могут проверять только характеристики чтения и записи. В то же время тестеры модулей SIMM/DIMM/RIMM способны выполнять намного больше операций, в том числе следующие:

- определение типа памяти;
- определение быстродействия памяти;
- определение того, действительно ли модуль памяти поддерживает проверку четности или только эмулирует этот режим;
- изменение времени обновления и времени доступа;
- выявление отдельных сбойных битов;
- выявление сбоев, связанных с электропитанием и шумом;
- выявление разрывов цепи и короткого замыкания;
- выявление проблем, связанных с временными задержками;
- выявление ошибок сохранения данных.

Диагностические программы не способны выполнять подобные операции, поскольку они ограничены только теми параметрами, которые заданы контроллером памяти набора микросхем системной логики. Это предотвращает изменение параметров работы памяти программами. Вполне возможно наличие модулей памяти, которые в одной системе работают со сбоями, а в другой — совершенно корректно, хотя какие-то микросхемы и повреждены. Выявить подобные проблемы с помощью диагностического программного обеспечения невозможно. И чем больше возрастает быстродействие памяти, чем выше становятся требования к ней, тем важнее становится роль тестеров памяти. Тестеры памяти выпускают такие крупные компании, как CST (`www.simmtester.com`) и Tanisys (`www.tanisys.com`).

Для небольших компаний тестер памяти может оказаться роскошью, поэтому для тестирования они могут прибегать к программным решениям. Я бы порекомендовал две программы.

- **Microsoft Windows Memory Diagnostic.** Включена в инструментарий Windows Vista; также ее можно найти по такому адресу:

```
http://oca.microsoft.com/en/windiag.asp
```

- **Memtest86.** Доступна по такому адресу:

```
http://www.memtest86/com
```

Обе эти программы можно загрузить бесплатно; они содержат исчерпывающий набор тестов и предназначены для работы в системе, загруженной с компакт-диска. (Следует отметить, что версия программы Microsoft Windows Memory Diagnostic для Windows Vista может быть запущена с загрузочного DVD системы или сконфигурирована для запуска при следующей загрузке операционной системы.) Вопросам памяти в целом посвящена глава 6.

Специальные инструменты для энтузиастов

Описанные выше инструменты используются практически всеми техническими специалистами. Однако в арсенале настоящего энтузиаста ПК должно быть еще кое-что.

Электрическая отвертка

Пожалуй, наиболее полезным из всех используемых мною инструментов является электрическая отвертка. С ее помощью можно разбирать и собирать ПК в рекордно короткие сроки, однако основное преимущество электрической отвертки — это все-таки облегчение работы. Мне очень нравятся модели отверток, позволяющие прилагать максимальное усилие при закручивании винтов. Если вы часто используете отвертку, имеет смысл приобрести модель, работающую как от аккумуляторов, так и от обычных батареек. Это позволит быстро заменить элементы питания новыми.

Предупреждение

Использование электрической отвертки при установке системной платы может оказаться опасным, так как головка отвертки может соскочить с винта и повредить системную плату. В лучшем случае на системной плате останутся круговые царапины, что, разумеется, приведет к потере гарантии. Особенно осторожным следует быть в том случае, если для крепления системной платы используются винты с крестообразным шлицем. Поэтому рекомендую для закрепления системной платы использовать винты с шестигранным шлицем или головкой типа Torx (внутренняя шестиконечная звезда).

Датчик температуры

Проводя диагностику, часто приходится измерять температуру внутри системного блока ПК, особенно в том случае, когда есть подозрение, что проблемы связаны с обычным перегревом. При этом температуру необходимо измерять не только внутри системного блока, но и снаружи. Простейший инструмент, который можно использовать в данном случае, — это цифровой термометр (его можно приобрести в любом автомагазине). Подобные устройства предназначены для измерения температуры внутри салона и за его пределами, для чего используется датчик, закрепленный на достаточно длинном проводе.

Как правило, максимально допустимый порог для температуры внутри корпуса — 43°C (110°F). Если внутри системного блока ПК температура оказалась подобной или выше, могут возникнуть проблемы.

Инфракрасный термометр

Еще одним полезным устройством для измерения температуры является бесконтактный инфракрасный термометр, который оснащен датчиком, способным определить температуру объекта без физического контакта с ним (рис. 20.9). Поднеся термометр на достаточно малое расстояние к объекту, уже через пару секунд вы будете знать температуру последнего.

Основной принцип работы инфракрасного термометра заключается в измерении тепловой энергии, излучаемой всеми объектами, температура которых превышает абсолютный нуль (0° по Кельвину). Инфракрасная энергия — это часть электромагнитного спектра, которой соответствуют частоты, меньшие, чем у видимого света, т.е. данная часть спектра невидима для человеческого глаза. В частности, инфракрасному диапазону соответствуют длины волн от 0,7 до 1 мкм, хотя инфракрасные термометры измеряют излучение в диапазоне длин волн 0,7–14 мкм.

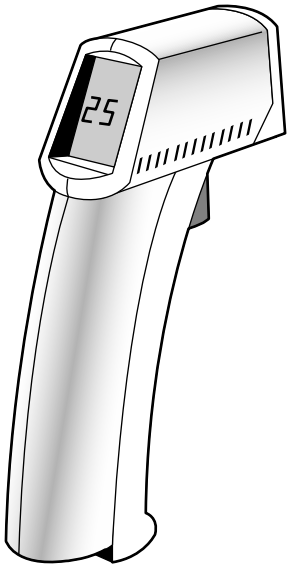


Рис. 20.9. Бесконтактный инфракрасный термометр

Поскольку инфракрасные термометры могут измерять температуру объектов без физического контакта с ними, они оказываются просто идеальными инструментами для измерения температуры компонентов внутри работающей системы, например температуры радиатора, установленного на процессоре. Поднося термометр достаточно близко к радиатору, можно узнать температуру последнего буквально через секунду. В дорогих моделях термометров для обеспечения точного наведения используются лазерные указатели. Хотя на рынке представлено немало моделей инфракрасных термометров, я использую и рекомендую продукцию компании Raytek (`www.raytek.com`), в частности термометры серии MiniTemp.

Большой пинцет для захвата деталей

Один из наиболее полезных инструментов в моем арсенале — это большой клещеобразный пинцет для захвата деталей, который обычно продается в автомагазинах. Имея под рукой подобный инструмент, можно избежать утомительных попыток извлечения винта, упавшего внутрь системного блока.

Программа профилактических мероприятий

Существуют два типа профилактических мероприятий: активные и пассивные.

Под *пассивной* профилактикой обычно подразумевают меры, направленные на защиту компьютера от внешних неблагоприятных воздействий. Речь идет об установке защитных устройств в сети электропитания, поддержании чистоты и приемлемой температуры в помещении, где установлен компьютер, уменьшении уровня вибрации и т.п. Таким образом, пассивные профилактические меры (их подробное описание вы найдете ниже) позволяют обеспечить безопасность компьютера.

При *активном* профилактическом обслуживании выполняются операции, основное назначение которых — продлить срок безотказной службы компьютера. Они сводятся главным образом к периодической чистке как всей системы, так и отдельных ее компонентов. Ниже описаны операции по чистке и смазке всех основных элементов, переустановке микросхем, перестыковке разъемов и переформатированию жестких дисков.

Методы активного профилактического обслуживания

Частота проведения профилактических мероприятий зависит от места расположения и качества компьютерных компонентов. Если компьютер находится в машинном зале или сервисном центре бензоколонки, то профилактику необходимо проводить не реже чем каждые три месяца, а если в офисе или дома — от нескольких месяцев до года. Если после открытия корпуса по истечении года эксплуатации системы из него вывалится клуб пыли, значит, интервал между чистками необходимо сократить.

Профилактические процедуры для жесткого диска заключаются в периодическом сохранении важных данных и областей диска, т.е. загрузочного сектора, таблицы размещения файлов (FAT) и структуры каталогов. Кроме того, для сохранения скорости и надежности жесткого диска необходимо не реже раза в месяц проводить дефрагментацию.

Еженедельные и ежемесячные задачи

Ниже представлен приблизительный план недельной "уборки" жесткого диска.

- Выполните резервирование данных или важных файлов.
- Инсталляция обновлений операционной системы; рекомендуется перевести систему Automatic Updates в автоматический режим.
- Выполните полную проверку системы на наличие вирусов и шпионских программ.

О программе Восстановление системы

Восстановление системы — это автоматическая служба Windows XP и всех последующих версий этой операционной системы, которая с определенной периодичностью создает *точки восстановления* — "снимки" реестра и определенных системных файлов. Точки восстановления не предполагают сохранения каких-либо пользовательских данных или данных приложений, а значит, ни в коем случае нельзя относить точки восстановления к средствам резервного копирования. Программу восстановления системы можно применять для возвращения системы к предварительно созданной точке восстановления, а также для создания вручную дополнительных точек восстановления. Обычно точки восстановления автоматически создаются в следующих случаях:

- при установке новых приложений;
- при установке обновления средством Автоматические обновления;
- при установке обновления средством Windows Update;
- при установке драйвера без цифровой подписи;
- каждые 24 часа, если компьютер постоянно включен, или по прошествии 24 часов с момента создания последней точки восстановления.

Хотя точки восстановления необязательно создавать вручную, я рекомендую создавать их перед редактированием реестра, поскольку станет возможным откат системы к исходному состоянию, если что-то пойдет не так.

В отличие от своих предшественников, в системе Windows Vista/7 программа Восстановление системы может быть запущена и без загрузки рабочего стола. Для этого следует загрузить компьютер с системного DVD и перейти в среду восстановления.

Теперь обратите внимание на следующие ежемесячные профилактические меры.

- Инсталляция новых драйверов для видеоадаптеров, звуковых плат, модемов и других устройств.
- Запуск программы Очистка диска из состава инструментальных средств Windows, которая позволяет провести поиск файлов следующих типов и удалить их.
- Запуск программы дефрагментации диска. Программа дефрагментации Windows Vista запускается автоматически, однако более тщательно эту операцию выполняют сторонние специализированные программы, такие как VOPT.
- Проверка вентиляторов охлаждения процессора, блока питания и системного блока.

Чистка системы

Один из наиболее важных этапов профилактического обслуживания — регулярные и тщательные чистки. Пыль, оседающая внутри компьютера, может стать причиной многих неприятностей. Во-первых, она является теплоизолятором, который ухудшает охлаждение системы. В результате сокращается срок службы компонентов и увеличивается перепад температур при прогреве компьютера. Во-вторых, в пыли обязательно содержатся проводящие частицы, что может привести к возникновению утечек и даже коротких замыканий между электрическими цепями. И наконец, в-третьих, некоторые вещества, содержащиеся в пыли, могут ускорить процесс окисления контактов, что в конечном счете приведет к нарушениям электрических соединений. В любом случае чистка компьютера пойдет ему только на пользу.

Совет

В табачном дыму содержатся вещества, проводящие электрический ток и вступающие в химические реакции с металлами. Налет от дыма образуется практически всюду в компьютере, приводя к окислению и загрязнению электрических контактов, головок чтения/записи и линз оптических датчиков. *Не курите рядом с компьютерной техникой* и попытайтесь убедить свое руководство ввести это правило в служебную инструкцию.

Для того чтобы как следует почистить компьютер и все установленные в нем платы, необходимы специальные инструменты и материалы:

- раствор для чистки контактов;
- баллончик со сжатым воздухом;
- маленькая щетка;
- поролоновые чистящие тампоны;
- заземленный наручный браслет.

Также может пригодиться следующее:

- клейкая лента;
- химически инертный герметик;
- силиконовая смазка;
- малогабаритный пылесос.

Этих инструментов и химикатов обычно достаточно для выполнения большинства профилактических операций.

Химикаты

Для чистки компьютеров и других электронных устройств используются химические вещества. Их можно разделить на следующие основные группы.

- **Универсальные очистители.** Для очистки компонентов, электрических разъемов и контактов чаще всего используется трихлорэтан 1,1,1. Кроме того, можно приобрести еще целый ряд средств очистки, например изопропиловый спирт, ацетон и т.д. Многие производители системных плат и сервис-центры все чаще отдают предпочтение спирту, ацетону и другим химикатам, которые не оказывают влияния на озоновый слой.

  В последнее время все бо́льшую популярность приобретают очистители, которые относятся к группе цитрусовых терпенов и обладают ярко выраженным цитрусовым запахом, поскольку при их производстве используется кожура этих плодов. Кроме того, выпускаются очистители, при производстве которых используется кора сосны. Подобные очистители следует применять очень осторожно, так как они могут привести к деформации некоторых видов пластика, особенно хлорвинила.

Предупреждение

Прежде чем выбрать то или иное средство очистки, необходимо убедиться в том, что оно предназначено именно для чистки компьютеров. Как правило, это означает, что вещество должно быть химически чистым и не содержать никаких примесей, например радионуклидных. В частности, нельзя использовать медицинский спирт, так как в нем могут содержаться вода и другие вещества.

- **Средства для чистки и смазки контактов.** Подобные химикаты очень похожи на стандартные очистители, однако в них содержится смазочный компонент. Он позволяет уменьшить усилия, которые необходимо прилагать при вставке и извлечении кабелей и разъемов, что снижает нагрузку на устройства. Кроме того, данный материал предотвращает коррозию поверхности контактов.

  Просто уникальным очистителем из данной категории является Stabilant 22, предназначенный для обработки контактов. Он гораздо эффективнее обычных средств для чистки контактов и смазок. Вещество Stabilant особенно эффективно при чистке контактов разъемов ввода-ввода, контактов разъемов жестких дисков и т.д. Благодаря обработке вставка различных компонентов в разъемы значительно упрощается.

Примечание

Данный химикат выпускается в нескольких формах. Stabilant 22 — это концентрированная форма химиката, а Stabilant 22a — вариант, в котором он разбавлен изопропанолом в пропорции 1:4. Еще более разбавленный вариант (в отношении 1:8) продается в магазинах аудиоаппаратуры под названием Tweek. При этом стоимость 15 мл Stabilant 22a составляет около 40 долларов; стоимость литра концентрированного химиката — около 4 тыс. долларов!

Совет

Химические составы многих чистящих растворов, используемых в электронике, за последнее время сильно изменились, поскольку большинство применявшихся ранее реактивов были признаны опасными для окружающей среды. Большинству компаний, производящих химические реактивы для чистки и профилактического обслуживания компьютеров, приходится подыскивать заменители, безопасные для окружающей среды. Правда, существенным недостатком этих заменителей является дороговизна и пониженная эффективность действия.

Приспособления для удаления пыли

Существенным подспорьем при "наведении порядка" в системе может стать баллончик (или компрессор) со сжатым газом. С его помощью пыль и грязь можно сдуть с поверхности деталей. Раньше эти баллончики заполнялись фреоном, сейчас — фторсодержащими углеводородами или углекислым газом, которые не наносят вреда озоновому слою. Но будьте осторожны: в процессе расширения газов при их выходе из сопла баллона на последнем может накапливаться большой электростатический заряд. При работе с компьютерами всегда используйте только специально предназначенное для этого оборудование. Дело в том, что подобные приспособления используются для чистки кино- и фотоаппаратуры и не всегда соответствуют требованиям электростатической безопасности.

Щетки и тампоны

Контакты разъемов, головки дисководов и другие важные узлы обычно протирают тампонами из материалов наподобие поролона или искусственной замши, которые не оставляют после себя волосков и пыли. Такие тампоны намного дороже ватных. Но последними, при всей их дешевизне, все же лучше не пользоваться, поскольку буквально на всем, с чем они соприкасаются, остаются волокна хлопка, которые при определенных условиях могут стать проводящими или прилипнуть к головкам дисководов и поцарапать поверхность гибкого диска. Чистящие тампоны из поролона или замши можно приобрести в большинстве магазинов, торгующих аппаратурой и радиодеталями.

Предупреждение

Не следует тереть контакты ластиком. Многие рекомендуют счищать грязь и оксидные пленки с печатных контактов мягким карандашным ластиком (да и я сам до последнего времени был того же мнения). Как показали эксперименты, этот способ не подходит по нескольким причинам. Во-первых, при трении ластика о контакты образуются электростатические заряды. Они могут вывести из строя микросхемы, установленные на платах. Чистить контакты плат лучше влажным способом (используя соответствующие жидкости). Во-вторых, даже самый мягкий ластик частично стирает защитное золотое покрытие, открывая воздуху и влаге доступ к основному материалу контактов.

Некоторые изготовители выпускают специальные тампоны, заранее пропитанные чистящим составом со смазывающими добавками. Они вполне безопасны, так как не вызывают электростатических разрядов и сохраняют золотое покрытие контактов.

Разборка и чистка

Для того чтобы как следует почистить компьютер, его необходимо хотя бы частично разобрать. Некоторые особо усердные поклонники чистоты доходят до того, что снимают системную плату. Конечно, при этом вы получите прекрасный доступ к остальным узлам, но, на мой взгляд, достаточно довести разборку до той стадии, когда системная плата окажется полностью открытой.

Для очистки любых плат адаптеров, извлеченных из системы, продуйте их, например, воспользовавшись баллончиком со сжатым воздухом.

Не забудьте выдуть пыль из блока питания, при этом обращайте особое внимание на отверстия, через которые вентилятор прогоняет воздух. Для этого разбирать блок питания не нужно, достаточно лишь продуть его, направив струю сжатого газа в выходное отверстие вентилятора. Тем самым вы сдуете пыль с внутренних компонентов блока питания, вычистите лопасти вентилятора и закрывающую их решетку.

Предупреждение

Во время чистки электронных устройств принимайте меры предосторожности против электростатических разрядов, которые особенно часто образуются в сухой атмосфере зимой.

Самый надежный способ избежать подобных неприятностей — воспользоваться антистатическим браслетом с заземлением (см. рис. 20.4). Его нужно подключить к общему проводнику той печатной платы, которую вы собираетесь протирать. Это послужит гарантией того, что не возникнет разряда между вашим телом и платой.

Чистка контактов разъемов

Протирать контакты разъемов нужно для того, чтобы соединения между узлами и компонентами системы были надежными. Следует обратить внимание на разъемы расширения, электропитания, подключения клавиатуры и динамика, расположенные на системной плате. Что касается плат адаптеров, то на них необходимо протереть печатные разъемы, вставляемые в слоты на системной плате, и все остальные разъемы (например, установленный на внешней панели адаптера).

Смочите тампон чистящим раствором. Если вы пользуетесь аэрозолем, то нанесите на тампон такое количество жидкости, чтобы она начала с него капать. Распыляйте аэрозоль подальше от компьютера. Проще всего использовать пропитанные тампоны или салфетки; достаточно протереть ими контакты, и на чистой поверхности останется защитная смазка.

На платах адаптеров особенно тщательно следует протереть контакты печатных разъемов, которые вставляются в разъемы на системной плате. К их позолоченным контактам обычно прикасаются, когда берут в руки плату адаптера. При этом они покрываются жирными пятнами, что при установке адаптера ухудшает контакт с системной платой. Для протирания именно таких разъемов неплохо было бы использовать чистящее средство с добавлением токопроводящей смазки, что, во-первых, привело бы к снижению необходимого усилия при установке платы адаптера в слот, а во-вторых, защитило бы контакты от окисления.

Чистка клавиатуры и мыши

Клавиатура и мышь будто созданы для того, чтобы втягивать в себя пыль и грязь. Если вы когда-нибудь откроете старую клавиатуру, то будете несказанно поражены ее сходством с мусорным ведром.

Поэтому советую периодически чистить клавиатуру пылесосом. Можно также перевернуть клавиатуру клавишами вниз и продуть ее струей сжатого воздуха. Это поможет избавиться от большей части накопившейся грязи, а вместе с тем и от неприятностей, связанных с залипанием и плохими контактами в клавишных переключателях.

Если какая-нибудь клавиша все же залипнет или контакт с ней станет ненадежным, капните в ее контактный узел немного очистителя. Лучше всего, предварительно сняв колпачок клавиши, брызнуть из баллончика непосредственно на переключатель. Обычно для этого не приходится полностью разбирать клавиатуру. Проблем с плохими контактами и залипанием клавиш не возникнет, если периодически чистить клавиатуру с помощью пылесоса или баллончика со сжатым воздухом.

В большинстве случаев для того, чтобы почистить мышь, достаточно отвернуть фигурную шайбу (крышку), закрывающую отсек с шариком, и вытряхнуть его из гнезда. Протрите его каким-нибудь чистящим составом. Я не советовал бы использовать для этого очиститель со смазкой, потому что вряд ли кому нужен шарик, который скользит, а не катится по столу. После этого прочистите щеточкой или тампоном, смоченным в очистителе, ролики, с которыми соприкасается шарик внутри корпуса мыши.

Чтобы оптическая или лазерная мышь оставалась чистой, почистите ее основание от грязи и других элементов, которые могут блокировать сенсор. При этом можно использовать баллончик со сжатым воздухом.

Пассивные профилактические меры

Под *пассивной* профилактикой подразумевают создание приемлемых для работы компьютера общих внешних условий. Необходимо учитывать физические воздействия: температуру воздуха, тепловой удар при включении и выключении системы, пыль, дым, а также такие немаловажные факторы, как вибрация и удары. Кроме того, очень важны электрические воздействия: электростатические разряды, помехи в цепях питания и радиочастотные помехи.

Рабочее место

Прежде чем обзавестись компьютером, подготовьте для него место. На нем не должно быть пыли, а в окружающем воздухе — табачного дыма. Не ставьте компьютер около окна: солнечный свет и перепады температуры влияют на него далеко не лучшим образом. Включать компьютер нужно в надежно заземленные розетки, напряжение в сети должно быть стабильным, без перепадов и помех. Не устанавливайте компьютер рядом с радиопередающими устройствами и другими источниками радиоизлучения.

Примечание

Также не рекомендуется ставить системный блок в специальный ящик, предусмотренный в некоторых офисных столах, поскольку компьютер может быстро перегреться.

Нагревание и охлаждение компьютера

Колебания температуры неблагоприятно сказываются на состоянии компьютера. Поэтому, чтобы компьютер работал надежно, температура в офисе или квартире должна быть постоянной.

Колебания температуры могут сказаться и на работе жестких дисков. Как уже отмечалось, в некоторых накопителях при разных температурах информация записывается на диск с различными смещениями относительно среднего положения дорожек записи, в результате чего возникают проблемы с последующим считыванием.

Для любых электронных устройств, в том числе для компьютеров, указывается допустимый диапазон температур. Большинство изготовителей приводят эти данные в документации к изделию. В ней должны быть указаны два диапазона температур: при эксплуатации и при хранении. Например, для большинства компьютеров IBM (ныне выпускаемых компанией Lenovo) эти диапазоны таковы:

- при эксплуатации: от +15 до +32°C;
- при хранении: от +10 до +43°C.

В целях сохранности как самого диска, так и записанных на нем данных оберегайте его от резких перепадов температуры. Если же такой перепад неизбежен (например, вы заносите компьютер зимой с мороза в теплое помещение), то, прежде чем его включить, дайте ему прогреться до комнатной температуры.

Циклы включения и выключения

Как отмечалось выше, колебания температуры неблагоприятно влияют на компоненты компьютера. Поэтому, если вы хотите, чтобы ваш компьютер работал долго и безотказно, старайтесь как можно реже его включать и выключать. Существуют два очевидных способа свести к минимуму колебания температуры в системе: либо навсегда оставить компьютер включенным, либо никогда его не включать. Вряд ли вас устроит второй вариант. Поэтому, если главной и единственной вашей целью является продление срока службы системы, держите компьютер постоянно включенным. Конечно, в реальной жизни приходится учитывать и другие обстоятельства, например стоимость электроэнергии, пожарную безопасность и т.п.

Если вы вспомните, как перегорают лампочки накаливания, то поймете, почему повторяющиеся резкие изменения температуры очень опасны. Чаще всего лампочки перегорают в момент включения: когда в нити накаливания возникают большие тепловые перегрузки, ее температура менее чем за секунду изменяется от комнатной до нескольких тысяч градусов. Постоянно включенная лампа служит дольше, чем та, которую постоянно включают и выключают.

Существует несколько причин, по которым нельзя воплотить в жизнь мою навязчивую идею оставлять все приборы навеки включенными. Оставленные без присмотра, они могут стать причиной пожара. Я видел мониторы, которые загорались из-за коротких замыканий в схеме, и компьютеры, которые перегревались и выходили из строя из-за остановок вентиляторов. После этого я не оставляю ни одно включенное устройство “беспризорным”. Другое обстоятельство — это расход электроэнергии. Во многих организациях проводятся даже кампании по ее экономии: выключается лишний свет и ненужные электрические устройства. А современные высокопроизводительные компьютерные системы потребляют весьма приличную мощность. К тому же сохранность и конфиденциальность информации в работающей без присмотра системе вызывает больше опасений, чем в выключенной и закрытой на ключ.

В связи с этим оставлять компьютеры включенными на ночь или на выходные не стоит. Лучше принять компромиссное решение: включать их один раз в день, но не чаще. Этот полезный совет часто игнорируется, особенно если на одном компьютере работают несколько человек. Каждый из них включает систему, делает свое дело и, уходя, выключает. Затем приходит новый сотрудник — и все повторяется сначала. В такой ситуации компьютеры выходят из строя гораздо чаще.

Примечание

Если для подключения к компьютеру используются программы удаленного управления, узел, к которому выполняются подключения, должен постоянно быть включенным. Для экономии электроэнергии в нем можно выключить монитор и сконфигурировать понижение питания процессора и других компонентов при его бездействии. Для этого используются настройки BIOS, а также аплет Электропитание панели управления Windows.

Также в системе, выступающей в роли удаленного узла, рекомендуется отключить автоматические обновления Windows, так как некоторые из них приводят к автоматической перезагрузке компьютера, после которой никто не сможет получить доступ к системе, пока на узле кто-нибудь не зарегистрируется. В таких системах следует устанавливать соответствующее расписание установки обновлений, чтобы одновременно повысить доступность компьютера и поддерживать обновляемость его программного обеспечения.

Электростатические заряды

Серьезную угрозу для компонентов компьютера представляют электростатические заряды. Наиболее опасны они зимой, при низкой влажности воздуха, а также в районах с сухим климатом. В этих условиях при работе с компьютером необходимо принять специальные меры предосторожности.

Электростатические явления вне корпуса системного блока редко приводят к серьезным последствиям, но на шасси, клавиатуре или просто рядом с компьютером сильный разряд может привести к нарушениям при проверке четности (в памяти) или "зависанию" компьютера. Бывали случаи, когда компьютер "зависал", и появлялись ошибки четности только из-за того, что я проходил слишком близко от него. Как правило, все эти проблемы возникают потому, что кабель питания компьютера плохо заземлен. Для подключения системы к сети нужно пользоваться трехштырьковой вилкой, а заземление розетки должно быть надежным. Если вы не уверены в надежности заземления, проверьте его с помощью тестера и методов, описанных в одном из предыдущих разделов. Дело в том, что при строительстве многих зданий устанавливаются розетки с тремя гнездами, но заземление к ним не подводится ввиду отсутствия заземляющего контура как такового.

Помехи в сети питания

Для того чтобы компьютер работал нормально, напряжение питающей сети должно быть достаточно стабильным, а уровень помех в ней не должен превышать предельно допустимой величины. Иногда компьютер приходится подключать к той же сети переменного тока, от которой питаются устройства большой мощности. Перепады напряжения, возникающие при включении и выключении такого оборудования, немедленно сказываются на его работе. При работе некоторых агрегатов в сети возникают переходные процессы (всплески напряжения) амплитудой до 1000 В и даже выше, которые могут просто сжечь блок питания компьютера. Хотя появляются эти выбросы довольно редко, их последствия могут быть разрушительными. Даже если для питания компьютера используется отдельная линия, не исключено появление в ней выбросов напряжения, поскольку это зависит от качества всей сети энергоснабжения здания или даже района.

Выбирая место и способ подключения системы к сети, обязательно учитывайте описанные ниже требования.

- Старайтесь подключать компьютеры к отдельным цепям питания со своими предохранителями (желательно автоматическими). Это, конечно, не гарантирует полного отсутствия помех, но поможет от них застраховаться.
- Проверьте сопротивление шины заземления (оно должно быть низким) и выходное напряжение линии (оно должно находиться в допустимых пределах) и убедитесь в отсутствии помех и всплесков напряжения.
- Подключайте компьютер к сети с помощью трехштырьковых вилок. Не пользуйтесь переходниками для розеток с двумя гнездами, поскольку система при этом останется без заземления.
- Уровень помех в сети возрастает при увеличении внутреннего сопротивления линии, т.е. чем длиннее соединительные провода и чем меньше их сечение, тем он выше. Чтобы не увеличивать сопротивление линии, не пользуйтесь без крайней необходимости удлинителями (или хотя бы выбирайте те из них, которые рассчитаны на подключение мощных потребителей энергии).
- Со временем у вас обязательно возникнет желание подключить к розетке, в которую вставлен шнур от компьютера, что-нибудь еще. В принципе, это возможно, главное — чтобы этих дополнительных устройств было не слишком много. Для подключения устройств, не имеющих отношения к компьютерам, лучше использовать другую розетку.

На качество питающего компьютер напряжения наибольшее влияние оказывает "соседство" (подключение к одной линии) таких приборов, как холодильники, кондиционеры, кофеварки, копировальные аппараты, лазерные принтеры, обогреватели, пылесосы и мощные электроинструменты. Любое из этих устройств, включенное в одну розетку с компьютером, может стать причиной его сбоя. Я бывал в учреждениях, где все компьютеры "зависали" ежедневно ровно в 9.05 утра, когда все сотрудники включали свои кофеварки.

Еще одна проблема возникает в модных нынче офисах, разделенных перегородками на отсеки. Обычно в этом случае никто не утруждает себя прокладкой отдельных силовых кабелей от общего распределительного щитка в каждый отсек, и вся электросеть представляет собой последовательную цепочку проводов и розеток, обходящую ячейки одну за другой. Мне жаль того человека, чей компьютер подключен к последней розетке в этой цепи, — качество напряжения в ней оставляет желать лучшего.

Радиопомехи

Радиопомехи (или радиочастотная интерференция) зачастую остаются без должного внимания. Помехи генерируются любым источником радиоизлучения, расположенным около компьютера. Проживание рядом с коммерческим радиопередатчиком мощностью 50000 Вт, определенно, вызовет проблемы в работе компьютерных систем, однако не следует сбрасывать со счетов и менее мощные передатчики. Интерференция беспроводного телефона иногда приводит к спонтанному выводу символов на экран, словно кто-то невидимый уселся за клавиатуру. Кроме того, радиопомехи могут стать причиной "зависания" системы. В некоторых случаях для решения проблемы достаточно переместить компьютер в другое место, поскольку радиоволны имеют направленный характер воздействия; а иногда могут потребоваться специальные экранированные кабели для таких внешних устройств, как клавиатура и мышь. Если радиопомехи усложняют работу с беспроводной клавиатурой и/или мышью, попробуйте приобрести аналогичное оборудование от другого производителя, использующее другой диапазон частот.

Для противодействия помехам используется экранирующая металлическая оплетка, через которую проходит кабель и которая подавляет электромагнитную интерференцию. Многие кабели мониторов также оснащены подобной оплеткой. Если источником проблемы оказалась интерференция в определенном кабеле, поместите его в металлическую оплетку.

В радиомагазинах продаются специальные оплетки, предназначенные для уже проложенных кабелей. Они представляют собой трубку, разрезанную вдоль пополам. Кабель достаточно уложить по центру одной из этих половинок и накрыть второй. Такая конструкция позволяет экранировать практически любую существующую кабельную систему.

Наилучший способ избежать проблем электромагнитной интерференции — устранить ее источник. Вам вряд ли удастся демонтировать антенну коммерческой радиостанции, расположенную рядом с офисом, однако, если источником является маломощный радиопередатчик, можно установить специальный фильтр. К сожалению, чаще всего проблему не удается устранить, пока передатчик не будет выключен или перемещен от компьютера на достаточное расстояние.

Примечание

Если в офисе развернута беспроводная сеть стандартов 802.11b/g/n, не забывайте, что она работает на той же частоте, что и устройства Bluetooth и мобильные телефоны, — 2,4 ГГц.

Чтобы избежать интерференции с другими устройствами, воспользуйтесь программой типа Network Stumbler (`www.netstambler.com`) и просмотрите частоты, используемые другими 802.11-подобными сетями, чтобы выбрать наименее зашумленный канал (1, 6 или 11). (Все остальные каналы пересекаются друг с другом.) Во избежание конфликтов с мобильными телефонами используйте только работающие на частоте 5,8 или 6 ГГц. Вопросы устранения конфликтов с устройствами Bluetooth рассмотрены в главе 18.

Влияние окружающей среды на работу компьютера

Грязь, дым и пыль осложняют работу компьютера. Вентилятор блока питания втягивает имеющиеся в воздухе частицы внутрь компьютера, где они и скапливаются. Если компьютер предполагается эксплуатировать в неблагоприятных условиях, то, возможно, стоит подумать о покупке системы, разработанной специально для этого.

В компьютерах промышленного назначения мощный вентилятор используется для нагнетания воздуха внутри корпуса. Воздух, поступающий в компьютер, проходит через фильтр, который следует периодически очищать или заменять. Внутри корпуса системного блока образуется область повышенного давления, поэтому пыль и дым в него проникнуть не могут — через все отверстия, кроме одного, воздух выходит наружу, а единственное входное отверстие закрыто фильтром.

Для таких условий существуют и специальные клавиатуры, защищенные от проникновения в них влаги и грязи. Одни из них представляют собой плоские панели с клавишами мембранного типа. Набирать на них довольно трудно, поскольку приходится сильно нажимать на клавиши. Другие похожи на обычные, но все клавиши на них закрыты тонким пластмассовым чехлом-крышкой. Таким чехлом можно закрыть и стандартную клавиатуру, чтобы защитить ее от пыли и грязи.

Проблемы в компьютерном оборудовании могут вызвать и увлажнители, которые используют ультразвук для распыления в воздухе крошечных частичек воды. Эти устройства предназначены для обеспечения здоровых условий работы людей в помещениях с пересушенным воздухом и решения проблем с электростатикой. При использовании подобных приборов вы заметите постоянно накапливающуюся белую, похожую на золу пыль, оседающую на разных предметах. Эта пыль является следствием использования в распыляемой воде абразивных минералов. Оседание такого налета на электронных компонентах может привести к любого рода проблемам. Единственный выход из этой ситуации — заправлять увлажнитель исключительно дистиллированной водой.

Итак, если соблюдать все правила и рекомендации, приведенные в этой главе, то ваш компьютер будет служить долго и надежно и снимать с него крышку вам придется только для планового профилактического обслуживания.

Основные направления поиска и устранения неисправностей

Проблемы, связанные с аппаратным обеспечением ПК, часто кажутся неразрешимыми для неопытного пользователя, но в действительности все гораздо проще, чем может показаться на первый взгляд. Существуют специальные инструментальные средства, которые позволяют определить причину той или иной проблемы и найти способы ее решения. Справиться с этим может любой человек, обладающий логическим мышлением и умеющий применять дедуктивные умозаключения. Персональные компьютеры становятся сложнее, но в то же время и проще. Большое количество сложных внутренних цепей приводит к увеличению числа потенциально опасных участков, которые могут стать причиной той или иной проблемы. С другой стороны, современные электрические цепи встроены в несколько плат, на каждой из которых расположено определенное количество микросхем. Внутреннее объединение аппаратных средств привело к тому, что выявление неисправных заменяемых компонентов значительно упростилось. Понимание принципов работы ПК в сочетании с довольно простыми инструментами, а также знание основных приемов, логическое мышление и здравый смысл помогут самостоятельно выявить неисправности и отремонтировать компьютер (и тем самым сэкономить немалые деньги, которые пришлось бы заплатить специалисту). В некоторых случаях сэкономленных денег хватает даже на покупку нового компьютера. Запомните главное: решить можно любую проблему при наличии практического опыта и некоторых логических способностей.

Заменить или ремонтировать?

Пытаясь решить те или иные аппаратные проблемы, следует понять одну простую истину: вам никогда не придется ремонтировать компьютер, поскольку обычно достаточно переустановить или заменить неисправный компонент. Это вызвано тем, что бо́льшая часть аппаратных проблем связана с некорректной установкой или неправильно заданной конфигурацией того или иного компонента. Несколько лет назад компания IBM опубликовала документ, в котором отмечалось, что причиной более 60% проблем, выявленных ее техническими специалистами, была некорректная установка или неправильная конфигурация компонентов, т.е. аппаратные средства фактически были совершенно исправны. Это стало основной движущей силой революции под лозунгом "Включай и работай" ("Plug and Play"), избавившей пользователей от необходимости вручную конфигурировать перемычки и переключатели в большинстве аппаратных устройств. Технология Plug and Play позволила минимизировать уровень пользовательской подготовки, необходимый для правильной установки аппаратных средств, а также свести к минимуму количество проблем, связанных с установкой, конфигурацией и конфликтом на уровне ресурсов. Тем не менее принцип Plug and Play срабатывает далеко не всегда, поэтому ему придумали шутливую замену — Plug and Pray ("включай и молись"), так как для корректной работы установленного устройства иногда приходится заниматься ручной настройкой.

Замена неисправного компьютерного аппаратного обеспечения обусловлена, в первую очередь, экономическими соображениями. В финансовом отношении неисправную системную плату гораздо дешевле заменить, чем отремонтировать. Например, новую современную системную плату можно приобрести примерно за 100 долларов, а ее ремонт обойдется гораздо дороже. В современных платах используются микросхемы с поверхностным монтажом, контакты которых расположены друг от друга на расстоянии в несколько сотых дюйма. Таким образом, для установки и припаивания микросхем требуется сложное и дорогое специализированное оборудование. Но и это не поможет, даже если удастся определить, какая из микросхем является неисправной, и будет найдено оборудование, необходимое для ее замены. Это связано с тем, что микросхемы продаются партиями по нескольку тысяч штук, поэтому найти устаревшую микросхему довольно сложно. Конечным результатом является широкое распространение и использование заменяемых компонентов. Даже такие большие и сложные компоненты, как системная плата, обычно не ремонтируются, а заменяются.

Устранение проблем путем замены компонентов

Существует несколько подходов к устранению проблем, связанных с аппаратным обеспечением ПК, но в конечном счете все они сводятся к замене или переустановке тех или иных компонентов. Именно поэтому я обычно применяю довольно простой метод, состоящий в использовании заведомо исправных запасных частей. Этот метод не требует специализированных инструментальных средств или сложных диагностических устройств. В простейшей форме все выглядит примерно так: предположим, есть два совершенно одинаковых ПК, которые расположены рядом друг с другом. В одном из них выявлена некоторая аппаратная проблема; в данном случае — это дефектный модуль памяти (DIMM). В зависимости от свойств дефекта неисправность может проявиться по-разному: от совершенно "мертвой" системы до компьютера, который загружается в стандартном режиме, но "зависает" при запуске Windows или выполнении программ. Итак, компьютер, стоящий слева, вышел из строя, а правый работает нормально; во всем остальном они совершенно идентичны. Самый простой метод выявления неисправностей состоит в замене аппаратных компонентов одной системы частями, взятыми из другой, и повторном тестировании компьютера после каждой такой перестановки. При перестановке модулей памяти DIMM после включения и тестирования системы (т.е. загрузки компьютера и выполнения одного из установленных приложений) оказалось, что проблема "переместилась" из одной системы в другую. Так как последним замененным компонентом был модуль памяти DIMM, источник проблемы выявлен! Этот метод не требует

использования дорогостоящего оборудования (2000 долларов или более) для проверки модулей DIMM или специального диагностического программного обеспечения. Ремонтировать такие компоненты, как модули памяти, экономически нецелесообразно, поэтому оптимальным решением будет замена неисправного модуля DIMM.

Несмотря на несколько упрощенный подход, описанный метод зачастую является самым быстрым и простым способом выявления проблемных компонентов, чем он и отличается от непосредственного тестирования каждого компонента с помощью соответствующего диагностического оборудования. Вместо совершенно идентичной системы, предназначенной для заимствования тех или иных аппаратных компонентов, большинство специалистов используют набор заведомо исправных запасных частей. В этот набор входят ранее применявшиеся работоспособные компоненты, которые могут быть использованы для замены "подозрительных" элементов проблемной системы. Однако этот метод отличается от использования совершенно новых запасных частей, поскольку при открытии коробки с новым, ранее не использовавшимся компонентом у вас нет полной уверенности в его работоспособности. Бывали ситуации, когда я заменял неисправный компонент другим, таким же дефектным, но совершенно новым, в результате чего проблема оставалась нерешенной. Не подозревая о неисправности нового, только что установленного компонента, я впустую тратил немало времени, проверяя другие части, не имевшие каких-либо дефектов.

Тем не менее этот метод также довольно эффективен, потому что для формирования системы требуется ограниченное количество элементов, причем для замены могут быть использованы заведомо исправные запасные части других моделей (например, чтобы убедиться в неисправности видеоадаптера, его можно заменить графической платой младшей модели).

Выявление неисправностей при загрузке системы

Метод начальной загрузки применяется для выявления неисправностей и лучше всего подходит для тестирования совершенно "мертвых" систем. При использовании этого метода вы полностью разбираете систему, оставляя только самые необходимые компоненты, а затем проверяете, работает ли она. Например, оставляете в системе только корпус с блоком питания, системную плату, процессор с радиатором или вентилятором охлаждения, один банк оперативной памяти, видеоадаптер и монитор. Затем включаете систему и смотрите, работает ли она. При такой упрощенной конфигурации на экране должны появиться данные процедуры самотестирования POST или логотип компании-изготовителя, что подтверждает работоспособность системной платы, процессора, модулей памяти, видеоадаптера и монитора. Если к системе подключена клавиатура, то через несколько секунд после включения должны загореться три светодиода (<Caps Lock>, <Scroll Lock> и <Num Lock>). Это говорит о функционировании процессора и системной платы, так как подпрограммы POST проводят тестирование клавиатуры. Получив работоспособную систему, содержащую минимальное количество функциональных компонентов, начинайте последовательно устанавливать другие компоненты, проводя тестирование системы после каждой переустановки. Это позволит убедиться в том, что система все еще работает и добавленный или переустановленный компонент не является причиной возникшей проблемы. В сущности, вы заново формируете систему с самого начала, используя для этого уже существующие элементы, но на каждом этапе устанавливаете только один из них.

Многие проблемы вызваны окислением контактов и разъемов, поэтому для "волшебного" восстановления системы иногда достаточно ее разобрать, а потом снова собрать. За все эти годы я разобрал, проверил и заново собрал множество различных систем только для того, чтобы убедиться в отсутствии неисправностей, которые исчезали после сборки компьютера. Как же получается, что проблема исчезает в процессе сборки и разборки системы? На первый взгляд может показаться, что ничего не изменилось и все компоненты остались там же, где и были. В действительности отключение и повторное подключение компонентов приводит к восстановлению рабочих характеристик контактных гнезд и кабельных разъемов, используе-

мых в различных устройствах. Зачастую так решаются многие проблемы. Приведенные ниже полезные советы помогут справиться с возникшей проблемой.

- Изымите ненужные компоненты или устраните факторы, заведомо не имеющие отношения к возникшей проблеме.
- Переустановите, замените один из компонентов или измените его конфигурацию.
- Проверяйте систему после каждого внесенного изменения.
- Подробно описывайте все производимые действия.
- Не сдавайтесь! Можно найти выход из любого положения.
- Если вы зашли в тупик, сделайте перерыв или займитесь чем-нибудь другим. Хорошо отдохнув, вы легко найдете решение или заметите то, что было пропущено.
- Не игнорируйте то, что кажется простым или очевидным. Старайтесь по два-три раза проверять установку и конфигурацию каждого компонента.
- Имейте в виду, что блок питания является одним из наиболее ненадежных компонентов ПК, на который мало кто обращает внимание. Для тестирования "подозрительной" системы рекомендуется использовать запасной заведомо исправный блок питания с большим запасом мощности.
- Кабели и разъемы также являются одной из основных причин возникновения проблем, поэтому всегда держите под рукой соединители различных типов.

Перед поиском и устранением неисправностей выполните ряд действий, которые позволят локализовать источник ошибки.

1. Выключите компьютер и все подключенные устройства. Отключите все внешние устройства, кроме клавиатуры и монитора.
2. Проверьте подключение компьютера к сети.
3. Проверьте подключение клавиатуры и монитора. Включите монитор и установите регуляторы яркости и контрастности в положение 2/3 от максимального. В некоторых мониторах эти параметры устанавливаются с помощью кнопок и экранного меню. Описание действий по настройке монитора можно найти в соответствующей документации. Если изображение на экране не появляется, а компьютер выглядит работающим, попробуйте вставить видеоадаптер в другой разъем (что невозможно для карт AGP) либо замените адаптер или монитор.
4. Если компьютер загружается с жесткого диска, убедитесь, что в дисководе нет дискеты. Можете поместить в дисковод заведомо работающую загрузочную дискету или дискету с диагностической программой.
5. Включите компьютер. Посмотрите на вентиляторы блока питания, процессора и других элементов (если они существуют); также обратите внимание на индикаторы передней панели. Если вентиляторы не вращаются, а индикатор питания не светится, то, скорее всего, проблема кроется в блоке питания или системной плате.
6. Понаблюдайте за процессом самотестирования при включении питания (POST). При отсутствии проблем система подаст один звуковой сигнал и начнет загрузку. Коды некритичных ошибок будут отображаться на экране монитора. При появлении фатальных ошибок система будет подавать звуковые сигналы. Коды и звуковые сигналы определяются используемой BIOS (некоторые из них описаны ранее).
7. Дождитесь успешного запуска операционной системы.

Проблемы при выполнении теста POST

В процессе самотестирования при включении питания чаще всего ошибки появляются из-за некорректного конфигурирования аппаратного обеспечения. Чтобы выяснить причину появления ошибки POST, ответьте на перечисленные ниже вопросы.

- Правильно ли подключены все кабели и плотно ли они закреплены?
- Правильно ли сконфигурированы параметры устройств в BIOS (в частности, процессора, жестких дисков и памяти)?
- Правильно ли установлены все устройства?
- Правильно ли установлены переключатели и перемычки?
- Не возникает ли конфликт устройств, т.е. не используют ли они одинаковые системные ресурсы?
- Правильно ли установлен переключатель напряжения 110/220 В на блоке питания?
- Правильно ли установлены все платы и диски?
- Подключена ли клавиатура?
- Установлен ли загрузочный жесткий диск?
- Поддерживает ли BIOS установленные устройства?
- Правильно ли установлены модули памяти?

Проблемы программного обеспечения

Программное обеспечение (особенно самое новое) может служить причиной ошибок. Чаще всего это происходит из-за несовместимости программного и аппаратного обеспечения. В данном случае проверьте следующее.

- Удовлетворяет ли система минимальным требованиям, предъявляемым со стороны программного обеспечения? Ответ на этот вопрос можно найти в документации, прилагаемой к программе.
- Проверьте корректность установки программы. Переустановите ее в случае необходимости.
- Проверьте, установлены ли последние версии драйверов устройств.
- Проверьте систему на наличие вирусов, используя самую современную антивирусную программу.

Проблемы с адаптерами

Подобные проблемы чаще всего возникают из-за неправильной установки или выделения ресурсов (прерывания, канала прямого доступа к памяти и адресов ввода-вывода) (см. главу 4). Кроме того, не забудьте установить для этого адаптера самую последнюю версию драйвера, который известен операционной системе.

В ряде случаев проблема связана с разъемом системной платы, к которому подключается адаптер. Несмотря на то что все слоты PCI обладают абсолютно одинаковыми характеристиками, некоторые разъемы имеют нарушенную синхронизацию или передают немного различающиеся сигналы. В результате подключения адаптера к другому разъему иногда полностью "реанимируется", казалось бы, неисправная система. Иногда достаточно вынуть адаптер, почистить контакты и снова вставить его в тот же разъем.

Предупреждение

Адаптеры PCI после инсталляции драйвера "привязываются" к определенному разъему, т.е. подключение адаптера к другому разъему представляется менеджеру ресурсов PnP как установка совершенно нового адаптера, для которого снова придется устанавливать драйвер. Не подключайте адаптер к другому слоту без предварительной подготовки нужных драйверов.

Способы устранения наиболее распространенных проблем

В этом разделе предлагаются ответы на некоторые наиболее часто задаваемые вопросы, связанные с устранением тех или иных проблем.

После включения системы загорается индикатор источника питания, вентиляторы начинают работать, но больше ничего не происходит

Если индикаторы светятся, а вентиляторы вращаются, значит, блок питания частично работает, но это не гарантирует его полную исправность. Причиной неприятностей классической "неживой" системы может стать практически любой дефектный аппаратный компонент. Я чаще встречался с неисправностью блоков питания, чем других компонентов, поэтому рекомендую, прежде всего, взять мультиметр и замерить выходные напряжения на разъемах блока питания. Для нормальной работы полученные величины не должны отличаться от номинального напряжения более чем на 5%. Даже если выполненные замеры подтвердят исправность блока питания, можно подключить к системе мощный высококачественный и заведомо исправный блок питания, после чего провести повторное тестирование компьютера. Если проблема останется, воспользуйтесь методом начальной загрузки, который описан выше. Для этого частично разберите систему, оставив только корпус с блоком питания, системную плату, процессор (с радиатором или вентилятором охлаждения), один банк оперативной памяти (один модуль памяти DIMM), видеоадаптер и монитор. Если системная плата возобновила работу, начинайте добавлять ранее изъятые компоненты, устанавливая их по одному и проверяя систему после каждого изменения. Если симптомы не изменились, установите плату POST и посмотрите, является ли системная плата частично работоспособной и на каком этапе тестирования POST она прекращает работу. Попробуйте также заменить видеоадаптер, модули памяти, процессор и системную плату, а также проверить правильность установки процессора и особенно радиатора или вентилятора охлаждения.

При включении система подает звуковой сигнал, но на экране нет изображения

Звуковой сигнал указывает на наличие неисправности, обнаруженной подпрограммами теста POST. Найдите код звукового сигнала в таблице, которая соответствует версии ПЗУ системной платы. Эти данные обычно приводятся в руководстве по использованию системной платы; кроме того, в начале этой главы приведены коды звуковых сигналов наиболее распространенных версий AMI, Award и Phoenix BIOS.

При загрузке Windows NT/2000/XP/Vista на экране появляется сообщение `STOP` или `STOP ERROR`

Сообщение об ошибке `STOP` может появиться по самым разным причинам, к которым относятся поврежденные файлы, вирусы, неправильная настройка устройств и неисправные аппаратные компоненты. Наиболее полезным источником информации, используемым для обработки сообщений об ошибках, которые отображаются операционной системой Windows, является База знаний Microsoft (MSKB) — интерактивный сборник, включающий более 250 тыс. статей, содержание которых охватывает все программные продукты Microsoft. Сайт MSKB (`support.microsoft.com`) снабжен поисковой системой, которая помогает найти информацию, относящуюся к конкретной проблеме. Предположим, в Windows XP выводится сообщение об ошибке `STOP 0x0000007B`. В подобной ситуации следует обратиться на сайт MSKB и ввести сообщение об ошибке в окно поиска.

При работе с Windows 95/98/Me выводится сообщение об ошибке `Fatal Exception`

Эта ошибка эквивалентна ошибке `STOP`, возникающей в Windows NT/2000/XP/Vista. Как было сказано в предыдущем разделе, она может быть вызвана как аппаратными, так и программными проблемами. Для поиска оптимального решения следует обратиться на сайт Базы знаний Microsoft по адресу `http://support.microsoft.com`.

Невозможно выключить компьютер в Windows

Проблема может быть вызвана ошибками ПЗУ системной платы (попробуйте обновить версию ПЗУ), ошибками различных версий Windows (посетите сайт `www.windowsupdate.com` и установите последние исправления, "программные заплаты" и служебные пакеты программ), а в некоторых случаях — неправильной конфигурацией или неисправностью аппаратных средств. Для того чтобы получить более подробную информацию о проблемах Windows, обратитесь к статьям Базы знаний Microsoft.

Компьютер не выключается при нажатии кнопки питания

В настольных компьютерах, выпущенных после 1996 года, главным образом используются формфакторы ATX и BTX, которые отличаются особой конструкцией блока питания, в которой сетевой выключатель подключен не к блоку, а непосредственно к системной плате. Это дает возможность управлять энергопитанием компьютера с помощью системной платы и операционной системы, что позволяет предотвратить непредвиденные перепады напряжения, которые могут привести к потере данных или повреждению файловой системы. Тем не менее при возникновении каких-либо проблем, "зависании" или выходе системы из строя системная плата часто не реагирует на нажатие кнопки выключения, т.е. сигнал завершения работы не передается блоку питания. В подобных случаях для выключения системы обычно просто выдергивают штепсельный разъем из розетки, но, к счастью, предусмотрена возможность принудительной остановки работы системы. Для этого достаточно нажать кнопку питания (которая обычно находится на передней панели системного блока) и удерживать ее нажатой в течение как минимум четырех секунд, что должно привести к отключению питания. Единственный недостаток принудительного завершения работы компьютера состоит в том, что могут быть потеряны несохраненные данные и повреждена файловая система. В последнем случае в Windows 95/98/Me/NT/2000 необходимо запустить программу Scandisk, выбрав команду Пуск⇨Программы⇨Стандартные⇨Служебные⇨Проверка диска. (В системах Windows XP и более новых версиях используется аналогичная программа Chkdsk.) Программы Scandisk и Chkdsk позволяют проверить и исправить ошибки файловой системы.

Не работает модем

В первую очередь проверьте, исправна ли телефонная линия и слышен ли гудок. Затем при необходимости замените телефонный кабель, протянутый от модема до настенной розетки. Если модем интегрирован в системную плату, проверьте параметры BIOS и убедитесь, что модем подключен. Попробуйте также изменить параметры одного из разделов настроек BIOS, который называется Enhanced System Configuration Data. В результате подпрограммы Plug and Play изменят конфигурацию системы, что может разрешить конфликты ресурсов. При наличии внутреннего модема и свободных последовательных портов COM1/COM2, встроенных в системную плату (которые используются с внешним модемом), попробуйте отключить последовательные порты, чтобы освободить дополнительные системные ресурсы. Также удалите и переустановите драйверы модема, используя наиболее современные версии драйверов, полученные от производителя модема. Если это не помогло, физически отключите и повторно установите модем. Установите внутренний модем в другой разъем. При наличии внешнего модема проверьте, подается ли напряжение и подключен ли должным образом модем к последовательному порту или порту USB. Попробуйте также заменить силовой разъем внешнего модема и последовательный кабель или кабель USB. Если все рекомендации выполнены, но модем все равно не работает, замените модем или даже системную плату.

Следует заметить, что модемы очень восприимчивы к электрическим разрядам, в частности к ударам молний, случившимся поблизости. Позаботьтесь о громоотводах или установите подавители выбросов напряжения на телефонной линии, подключенной к модему, и не забывайте отключать модем во время грозы. Если модем перестал работать сразу после грозы, можно с уверенностью сказать, что он был поврежден при ударе молнии. Кроме того, сильный электрический разряд мог также привести к повреждению последовательного порта или системной платы. Компоненты, поврежденные при ударе молнии, скорее всего, придется заменить.

Не работает клавиатура

Существуют два основных варианта подключения клавиатуры к компьютеру: через стандартный порт клавиатуры (который обычно называется PS/2) и порт USB. Одна из проблем состоит в том, что более старые системы, имеющие порты USB, не подходят для использования клавиатуры USB, поскольку поддержка USB обеспечивается только операционной системой; например, иногда системная плата содержит порт USB, но BIOS не поддерживает стандарт USB Legacy. Эта технология предназначена специально для клавиатуры USB (и мыши), поэтому получила широкое распространение только с 1998 года. Во многих системах, имевших необходимую поддержку в BIOS, возникали проблемы с аппаратной реализацией USB Legacy; другими словами, имелись ошибки в программном коде, которые препятствовали корректной работе клавиатуры USB. Если возникают проблемы с клавиатурой USB, проверьте, поддерживается ли в BIOS функция USB Legacy. Если наличие поддержки проблему не устранило, попробуйте установить последнюю версию BIOS для системной платы и новейшие пакеты обновлений Windows от Microsoft. Существуют компьютеры более ранних версий, которые не поддерживают порт USB. В этом случае клавиатуру USB придется заменить клавиатурой PS/2. Ряд клавиатур имеет интерфейсы обоих типов (USB и PS/2), что делает возможным их подключение практически к любому компьютеру.

Если проблемы связаны с клавиатурой PS/2, необходимо сначала разобраться, что является их причиной — сама клавиатура или системная плата. Для этого попробуйте заменить клавиатуру заведомо исправным запасным компонентом. Другими словами, позаимствуйте рабочую клавиатуру от другой системы и подключите ее. Если эта клавиатура тоже не работает, то, вероятнее всего, неисправен контроллер клавиатуры, встроенный в системную плату. Это означает, что системную плату придется заменить. Обратите внимание на клавиатуры компании PC Keyboard Co. (`www.pckeyboard.com`), которая производит "легендарные" клавиатуры с механизмом деформированных пружин, когда-то выпускавшиеся компанией IBM. Кроме того, предлагаются клавиатуры со встроенным устройством позиционирования Trackpoint.

Не работают звуковые колонки

Часто это связано с тем, что колонки не подключены к компьютеру или просто выключены, а потому обязательно обращайте на это внимание. Кроме того, проверяйте регулятор уровня громкости в Windows или используемом приложении; с помощью регулятора можно повысить громкость звука или выключить его совсем. Если колонки подключены и уровень громкости достаточно высок, проверьте, не связано ли отсутствие звука с неисправностью колонок или звуковой платы. Чтобы выяснить это, достаточно подключить заведомо исправные колонки и посмотреть (вернее, послушать), работают ли они. Если колонки не работают, можно с уверенностью говорить о неисправности звуковой платы: вероятно, неправильно определены параметры конфигурации или неисправна сама звуковая плата. Попробуйте также изменить параметры одного из разделов настроек BIOS, который называется Enhanced System Configuration Data. В результате подпрограммы Plug and Play изменят конфигурацию системы, что может разрешить конфликты ресурсов. Если это не поможет, физически отключите, а затем снова установите звуковую плату. Сначала установите ее в тот же разъем, а затем в какой-нибудь другой, так как проблемы синхронизации могут иногда появляться при использовании неисправных разъемов. Если это не помогло, замените плату. Если аудиосистема в действительности является микросхемой, встроенной в системную плату, попробуйте "обнулить" параметры ESCD, а затем переустановите драйвер. Если это не сработает, придется отключить интегрированную аудиосистему, после чего установить запасную аудио- или системную плату.

Если проблема возникает только при воспроизведении музыкальных компакт-дисков, проверьте кабель, соединяющий звуковую плату с накопителем CD-ROM. При отсутствии кабеля откройте из панели управления Windows диалоговое окно Свойства: Система, перейдите к вкладке Устройства и посмотрите, установлен ли флажок Цифровое аудио. Если нет,

то установите его. В том случае, если система не поддерживает упомянутый параметр, приобретите аналоговый кабель для соединения звуковой платы и накопителя.

Искаженное изображение на экране монитора

Искажение представленного на экране изображения чаще всего является результатом некорректных или неподдерживаемых настроек частоты обновления, разрешения или насыщенности цвета. К искажению также может привести использование неверных драйверов. Для того чтобы проверить конфигурацию видеоадаптера, включите систему и посмотрите, выполняется ли самотестирование при включении питания (POST) или же сразу запускается программа настроек BIOS. Если во время процедуры POST экран выглядит нормально, но при загрузке Windows изображение начинает искажаться, то проблема связана, скорее всего, с неправильной установкой или конфигурацией системной платы. Чтобы выйти из этого положения, запустите систему в режиме защиты от сбоев (Safe Mode), нажав при загрузке Windows клавишу <F8>.

При этом происходит блокировка текущих драйверов и настроек видеосистемы, а также переход системы в заданный по умолчанию режим VGA, который поддерживается базовой системой ввода-вывода, встроенной в видеоадаптер. Когда на экране появится рабочий стол Windows, щелкните на нем правой кнопкой мыши, выберите в контекстном меню параметр Свойства, после чего установите необходимые настройки или замените драйвер видеоадаптера.

Примечание

Некоторые материнские платы, в частности модели ASUS, с помощью клавиши <F8> позволяют отобразить собственное меню загрузки. В этом случае дождитесь, пока уведомление о такой возможности исчезнет с экрана, и только затем нажимайте <F8>, чтобы вызвать меню вариантов загрузки Windows.

Если экранное изображение искажается сразу после включения системы (даже в том случае, когда, например, Windows 98 загружается с диска DOS), это говорит о неисправности видеоадаптера, интерфейсного кабеля или монитора. В первую очередь замените монитор и кабель (если он съемный). Если замена монитора и кабеля не решила проблему, вероятнее всего, неисправна графическая плата. Замените плату или, если плата оснащена разъемом PCI, установите ее в другой разъем. Если видеоадаптер встроен в системную плату, придется установить внешний графический адаптер или заменить системную плату.

Изображение на мониторе перекошено или дрожит

Проблемы с изображением могут быть вызваны помехами на линии электропередачи, которые возникают при включении электродвигателей, кондиционеров, холодильников и другой бытовой техники. Замените шнур питания, используемый для подключения монитора и/или системы к сети, а также включите систему (или монитор) в другую розетку. Также бывали ситуации, когда подобные проблемы возникали во время работы расположенных поблизости локальных радиопередатчиков и телевизионных станций или же приемопередающих радиоустановок. Намагниченность теневой маски может привести к искажению и изменению цвета изображения, воспроизводимого на экране. В этом случае необходимо несколько раз включить и выключить монитор. В результате будет активизирована встроенная размагничивающая катушка, расположенная по периметру электронно-лучевой трубки, что приведет к размагничиванию теневой маски. Если встроенная катушка не справляется с этой задачей, воспользуйтесь профессиональной обмоткой размагничивания, которую можно приобрести в мастерской по ремонту и обслуживанию телевизионной и электронной техники. Затем замените кабель монитора, подключите другой (заведомо исправный) монитор или замените видеоадаптер.

Новый видеоадаптер AGP не подходит ни к одному разъему

Большинство современных видеоадаптеров имеет интерфейс AGP 4x, AGP 8x или PCI Express x16. Карту PCI Express x16 невозможно вставить ни в один другой разъем, однако проблемы могут возникнуть при использовании карт AGP в старых системах.

На новейшие видеоадаптеры AGP, которые чаще всего создаются на основе интерфейсов AGP 4X или AGP 8X, подается только напряжение 1,5 В. Системные платы более ранних версий с разъемами AGP 2X предназначены для работы только с 3,3-вольтными платами. Установка 1,5-вольтной платы в разъем, на который подается напряжение 3,3 В, может привести к повреждению как видеоадаптера, так и системной платы. Для предотвращения подобных бедствий в спецификации AGP определены специальные ключи. Как правило, разъемы и платы имеют соответствующие ключи, благодаря чему 1,5-вольтные платы могут быть установлены только в разъемы, на которые подается напряжение 1,5 В, а платы, потребляющие 3,3 В, — только в 3,3-вольтные разъемы. Существуют также универсальные разъемы, в которые могут быть установлены как 1,5-, так и 3,3-вольтные платы. Расположение ключей на платах AGP и разъемах определяется стандартом AGP (рис. 20.10).

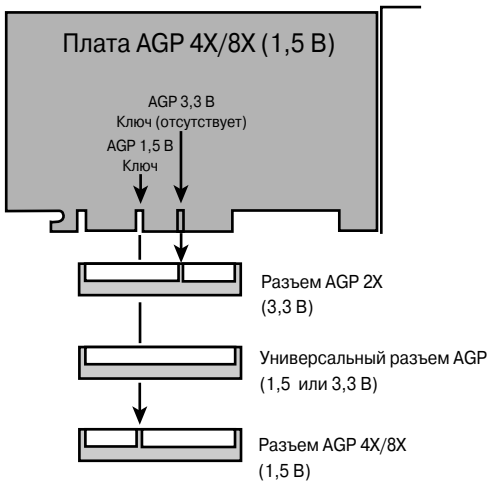


Рис. 20.10. Плата AGP 4X/8X (1,5 В) и ее сравнение с универсальным разъемом AGP или разъемами AGP, на которые подаются напряжения 3,3 и 1,5 В

Как видите, платы AGP 4X или 8X (1,5 В) подходят только для 1,5-вольтного и универсального (3,3 или 1,5 В) разъемов. Конструктивные особенности плат и разъемов не позволяют устанавливать 1,5-вольтную плату в разъем, на который подается напряжение 3,3 В. Поэтому нет ничего плохого в том, что вам не удается вставить новый видеоадаптер AGP в AGP-разъем, имеющийся на системной плате, так как в противном случае может прийти в негодность не только видеоадаптер, но и системная плата. В подобной ситуации придется вернуть видеоадаптер 4X/8X или приобрести новую системную плату, поддерживающую платы 4X/8X (1,5 В).

Не работает установленный процессор новой версии

Прежде всего проверьте, поддерживает ли системная плата установленный процессор. Также убедитесь в том, что в системе используется последняя версия BIOS; посетите сайт производителя системной платы и посмотрите, можно ли загрузить какие-нибудь обновления. Если таковые имеются, установите их. Обратите внимание на положение перемычек (на платах ранних версий) или на настройки BIOS и проверьте, правильно ли идентифицирован процессор и соответствуют ли его настройки частоты шины FSB (шины процессора) параметрам множителя синхронизации и величине подаваемого напряжения. В некоторых системах в программе настройки BIOS для перехода к параметрам процессора необходимо нажать комбинацию клавиш <Ctrl+F1>.

Убедитесь, что процессор не "разогнан" и настроен на номинальную рабочую частоту. Если для каких-либо параметров процессора, задаваемых в настройках BIOS, установлен ручной режим, замените его режимом автоматической настройки. После этого извлеките процессор из гнезда, а затем снова установите его на место. Проверьте правильность установки радиатора (или вентилятора охлаждения) и наличие термической прокладки (в этом качестве обычно используется теплопроводящая смазка), которая должна заполнять промежуток между процессором и теплоотводом.

То, что процессор подходит для гнезда (или разъема) на системной плате, вовсе не означает, что он будет работать. Для обеспечения работоспособности процессора должны выполняться определенные условия.

- **Процессор должен соответствовать разъему на системной плате.** Полный обзор существующих разъемов процессоров и вопросы совместимости с ними процессоров приведены в главе 3.
- **Системная плата должна поддерживать напряжение, необходимое для процессора.** В современных процессорах используются выводы идентификатора напряжения (VID), которые позволяют с помощью модуля стабилизатора (VRM), встроенного в системную плату, задать точное значение соответствующего напряжения. Следует заметить, что системные платы ранних версий далеко не всегда поддерживают низкое напряжение, которое требуется новейшим процессорам.
- **Поддержка процессора в ROM BIOS системной платы.** Современные платы считывают параметры процессора для определения рабочей частоты шины FSB (шины процессора), а также для настройки множителя тактовой частоты. Многие процессоры имеют различные требования относительно инициализации и настроек кэша, а также исправления ошибок.
- **Поддержка процессора набором микросхем системной логики.** В некоторых случаях для поддержки процессора может потребоваться набор микросхем определенной версии или модели.

Перед приобретением нового процессора необходимо обратиться к изготовителю системной платы и узнать, поддерживается ли искомый процессор платой. Если поддерживается, то он отвечает всем перечисленным выше требованиям. Существуют обновления BIOS, которые позволяют реализовать поддержку более современных процессоров в некоторых системных платах ранних версий, причем независимо от того, указывались ли процессоры в документации к плате. Узнать это наверняка можно только одним способом — обратиться к производителю системной платы и получить всю необходимую информацию.

Например, материнская плата может содержать устаревшую систему BIOS, которая не поддерживает потенциально совместимый процессор. В такой ситуации после установки процессора в материнскую плату система вообще не запускается; для этого требуется обновить BIOS. Однако как заменить BIOS в системе, которая вообще не работает? Это пример классической дилеммы "Что раньше появилось: курица или яйцо?" В данном случае единственный вариант — найти старый процессор, поддерживаемый существующей системой BIOS, временно установить его, выполнить обновление BIOS, после чего заменить его купленным процессором.

Система нормально работает в течение нескольких минут, затем "зависает" или начинает сбоить

Это классические признаки перегрева системы. Чаще всего перегревается центральный процессор, но это могут быть и другие системные компоненты, например видеоадаптер или набор микросхем системной платы. Если система новая или собрана по заказу, то перегрев компонентов связан, скорее всего, с непродуманной компоновкой, которая не обеспечивает соответствующее охлаждение. Для устранения этой проблемы потребуется радиатор больше-

го размера, более мощный вентилятор или рациональная компоновка элементов. Если система работала нормально, но с некоторых пор начала перегреваться, попробуйте выяснить, с чем это связано. Возможно, причина кроется в каких-либо изменениях, внесенных в данную систему. Если ничего не менялось, то проблема, скорее всего, в неисправности вентилятора охлаждения.

В современных системах должно быть несколько вентиляторов охлаждения, один из которых обычно находится в блоке питания, а второй — на процессоре (или устанавливается так, чтобы струя воздуха была направлена прямо на процессор). Могут использоваться также дополнительные вентиляторы, которые монтируются во внутренней части корпуса. Проверьте, правильно ли установлены вентиляторы и все ли они работают. Работающие вентиляторы не должны издавать скрежещущие или резкие звуки, которые указывают на поломку подшипников. Во многих современных системах используются вентиляторы охлаждения с термостатическим регулятором, т.е. скорость вращения вентилятора изменяется в зависимости от температуры. Убедитесь в том, что системный блок находится на достаточном расстоянии от стены, а порты вентилятора ничем не закрыты. Попробуйте снять процессор, а затем поставить его обратно; затем переустановите теплоотвод, нанеся на процессор новый слой теплопроводной смазки. Проверьте блок питания и убедитесь, что подаваемого напряжения достаточно для питания всей системы (мощность блока питания обычно равна 300 Вт или более). Для измерения напряжения, подаваемого на выводы блока питания, воспользуйтесь цифровым мультиметром. Разница полученных величин и номинального напряжения не должна превышать ±5%. Попробуйте заменить блок питания заведомо исправным высококачественным запасным блоком.

Периодически возникают проблемы с накопителями на жестких дисках

В большинстве систем используются накопители с интерфейсом ATA (он же IDE), которые включают в себя дисковод со встроенным контроллером, плоский кабель и схему хост-адаптера на системной плате. Как правило, причиной периодически возникающих проблем является повреждение кабеля или неисправность накопителя, что бывает гораздо чаще, чем неисправность или выход из строя хост-адаптера. Большинство проблем связано с интерфейсным кабелем. Накопители ATA используют 40- или 80-жильный кабель, имеющий обычно два или три 40-контактных разъема (по одному разъему на каждом конце и один дополнительный 40-контактный разъем посередине). Накопители, которые поддерживают скорость передачи данных ATA-33 и выше (33 Мбайт/с, режим Ultra DMA Mode 2), должны использовать 80-жильные кабели. Проверьте исправность кабеля, после чего выньте разъемы кабеля из соответствующих гнезд на накопителе и системной плате, а затем вставьте их обратно. Не забывайте также о том, что в соответствии со спецификацией ATA максимальная длина кабеля не должна превышать 18 дюймов (46 см). Это особенно важно при использовании более высокоскоростных интерфейсов, таких как ATA-100 или ATA-133. Попробуйте заменить кабель интерфейса новой 80-жильной 18-дюймовой версией.

Если замена кабеля ничего не дала, замените накопитель другим заведомо исправным устройством, установите операционную систему и посмотрите, как будет работать накопитель. Если проблема осталась, значит, она связана с системной платой, которую, скорее всего, придется заменить. В качестве альтернативы можно установить плату расширения с контроллером ATA-133 и подсоединить жесткий диск к ней, однако в большинстве случаев замена старой материнской платы новой является более эффективным решением.

В случае использования жестких дисков с интерфейсом SATA имейте в виду, что разъемы SATA некоторых материнских плат не имеют механизма фиксации. Кабель мог просто отсоединиться от жесткого диска или системной платы. Кабели SATA также часто выходят из строя при их скручивании. Замените поврежденный кабель новым, при этом плотно вставьте его в разъемы материнской платы и жесткого диска.

Во время загрузки операционной системы появляется сообщение `Missing operating system`

Во время загрузки система считывает данные первого сектора жесткого диска, т.е. главную загрузочную запись (MBR), и выполняет код, содержащийся в этом секторе. Код MBR, в свою очередь, считывает таблицу разделов, которая также находится в главной загрузочной записи, и определяет местонахождение системного раздела. После этого MBR загружает первый сектор загрузочного раздела, он же загрузочная запись раздела (VBR), который содержит код начальной загрузки определенной операционной системы. Но перед тем как выполнить код VBR, MBR проверяет, заканчивается ли загрузочная запись раздела байтами сигнатуры `55AAh`. Если оказывается, что первый сектор загрузочного раздела (VBR) не заканчивается байтами `55AAh`, MBR выводит сообщение `Missing operating system`.

Существует несколько причин возникновения подобной проблемы.

- **Неправильно заданы или испорчены параметры накопителя в настройках BIOS.** Параметры накопителя, введенные в BIOS Setup, хранятся в микросхеме CMOS RAM, электроэнергия к которой подается от батареи, находящейся на системной плате. Если параметры заданы неправильно, программа MBR по-разному выполняет трансляцию данных и считывает совершенно другой сектор VBR, после чего выводит на экран сообщение `Missing operating system`. Причиной может быть также полностью разряженная батарея CMOS, так как падение напряжения приводит к потере или повреждению параметров накопителя, которые хранятся в микросхеме. Исходя из своего опыта могу сказать, что разряженная батарея является одной из наиболее вероятных причин. Ремонтируя систему, проверьте и замените батарею CMOS, запустите программу настройки BIOS, перейдите к меню параметров жесткого диска и введите правильные параметры. Обратите внимание на то, что для большинства параметров накопителя лучше использовать вариант автоматического определения.
- **Используемый накопитель еще не отформатирован и не разбит на разделы.** Соответствующее сообщение может появиться на экране в том случае, когда загрузка операционной системы с жесткого диска проводится до ее окончательной установки. Загрузите компьютер с помощью загрузочного диска (дискеты или компакт-диска) и запустите программу `SETUP`, которая создаст разделы на жестком диске и отформатирует его во время инсталляции операционной системы.
- **Главная загрузочная запись (MBR) и/или таблицы разделов повреждены.** Одной из многих причин является вирусное заражение загрузочного сектора диска. Чтобы устранить эту проблему, перезагрузите компьютер и начните загрузку с помощью неинфицированной и защищенной от записи дискеты или загрузочного компакт-диска, содержащего программу FDISK. Введите в командной строке **`FDISK /MBR`**, что приведет к повторной записи кода MBR без изменения таблицы разделов. Затем перезагрузите систему. Если на экране снова появляется сообщение об ошибке, а вам требуется восстановить данные, хранящиеся на жестком диске, необходимо полностью восстановить таблицы разделов, используя утилиту для работы с разделами, либо пригласить специалиста по восстановлению данных. Если восстанавливать данные не нужно, попробуйте переустановить операционную систему, заново создав разделы и отформатировав жесткий диск.
- **Повреждена загрузочная запись раздела (VBR).** Для устранения данной проблемы осуществите "холодную" загрузку (полное выключение и последующее включение) с инсталляционного компакт-диска Windows XP или более новой версии, после чего воспользуйтесь командой `FixBOOT` в утилите Recovery Console (Windows XP) или Recovery Environment (Windows Vista и выше). Это приведет к перезаписи загрузочной версии раздела VBR.

В системе возникают периодические ошибки оперативной памяти

Если в системе недавно были установлены дополнительные модули памяти или внесены какие-нибудь изменения, верните предыдущие параметры системы и посмотрите на ее работу. Если не помогло, переустановите все модули памяти. Почистите окисленные контакты модулей памяти с помощью специального чистящего средства, а затем нанесите на контакты защитную токопроводящую смазку. Проверьте параметры памяти, заданные в BIOS Setup; как правило, все параметры должны устанавливаться автоматически. Затем установите последнюю версию BIOS для системной платы и изымите все модули памяти за исключением одного банка памяти. Загрузите систему, имеющую только один банк памяти, установленный в разъем, в котором находились модули второго или третьего банка памяти. Возникшие проблемы могут быть связаны с неисправностью разъема, поэтому большинство системных плат не требуют заполнения разъемов в порядке возрастания их порядковых номеров. Кроме того, замените оставшийся модуль одним из ранее изъятых, новым или заведомо исправным запасным модулем.

Если ничего не изменилось, значит, возникшая проблема связана с системной платой, блоком питания или другим компонентом компьютера. Изымите из системы все остальные компоненты и посмотрите, не возникают ли ошибки памяти. Переустановите процессор, замените блок питания, используя для этого новый высококачественный модуль или заведомо исправный запасной блок питания. В крайнем случае замените системную плату.

Наблюдаются частые "зависания" и спонтанные перезагрузки компьютера

Это классические признаки проблемы, связанной с блоком питания. После того как блок питания пройдет все внутренние тесты и подтвердит стабильность выходных сигналов, системной плате передается специальный сигнал `Power_Good`. Когда сигнал пропадает, пусть даже на мгновенье, система перезагружается. Проблемы, возникающие в схеме сигнала `Power_Good`, приводят к "зависанию" системы и самопроизвольной перезагрузке. Это может быть вызвано также перепадами напряжения в электрической сети, к которой подключен компьютер. С помощью цифрового мультиметра проверьте напряжение, подаваемое на выводы блока питания. Полученная величина не должна превышать номинальное напряжение более чем на ±5%. С помощью тестера проверьте разводку сетевой розетки и убедитесь, что напряжение питания составляет примерно 220 В. Замените шнур питания или силовую шину, используемую для подключения блока питания к электрической сети.

К сожалению, спонтанный характер сбоев системы делает описанную проблему трудноразрешимой. Если проблема не связана с неправильной разводкой или неисправностью сетевой розетки, лучше заменить блок питания, используя для этого совершенно новый или заведомо исправный резервный блок, имеющий достаточную мощность (рекомендуется 300 Вт и выше). Если не помогает, переустановите процессор и теплоотвод, нанеся свежий слой теплопроводящей смазки. Затем переустановите модули памяти, попробуйте поработать только с одним банком памяти и, наконец, замените системную плату.

После установки накопителя увеличенного объема система распознает только 8,4 или 137 Гбайт

ROM BIOS системной платы постоянно модифицировались, обеспечивая поддержку жестких дисков все большей и большей емкости. Базовые системы ввода-вывода, созданные до августа 1994 года, как правило, поддерживают накопители емкостью до 528 Мбайт, тогда как BIOS, выпущенные до января 1998 года, обеспечивают поддержку жестких дисков емкостью не более 8,4 Гбайт. Большинство BIOS, датированных 1998 годом и далее, поддерживают накопители емкостью до 137 Гбайт, а BIOS, выпущенные после сентября 2002 года, обеспечивают поддержку жестких дисков емкостью более 137 Гбайт. Это лишь общие правила; для более точного определения возможностей той или иной системы следует обратиться к компании, изготовившей системную плату. Можно также воспользоваться утилитой SIW (System Information for Windows), доступной на сайте `www.gtopala.com`. С ее помощью можно узнать дату выпуска используемой BIOS, а также определить, поддерживает ли система спецификацию Enhanced Hard Disk Drive (EDD), т.е. накопители емкостью более 8,4 Гбайт.

Если BIOS не поддерживает спецификацию EDD, посетите сайт изготовителя системной платы, чтобы узнать, существуют ли новые версии BIOS, обеспечивающие поддержку накопителей большой емкости.

Преодолеть барьер в 137 Гбайт значительно сложнее, так как к проблемам BIOS добавляются особенности операционной системы и драйвера контроллера ATA. При обращении к накопителям емкостью более 137 Гбайт используются 48-разрядные числа адреса логического блока (LBA), для которых требуется поддержка BIOS, драйвера набора микросхем и операционной системы. Как правило, необходимы BIOS с поддержкой 48-разрядной адресации LBA (датируемая обычно сентябрем 2002 года или позже), новейший драйвер набора микросхем и Windows XP с установленным пакетом обновлений Service Pack 1 (или более поздняя версия системы). Если BIOS системной платы не обеспечивает необходимую поддержку, установите плату Ultra ATA, которая позволяет реализовать поддержку накопителей большой емкости. Оригинальная версия Windows XP, а также системы Windows 2000/NT и Windows 95/98/Me не обеспечивают собственную поддержку жестких дисков емкостью более 137 Гбайт.

Не функционирует оптический накопитель

Накопители на оптических дисках относятся к числу потенциально ненадежных компонентов компьютера. Поэтому нет ничего удивительного в том, что накопитель совершенно неожиданно выходит из строя после года нормальной работы.

Если возникли проблемы с недавно установленным накопителем, проверьте его конфигурацию и настройки, а также обратите внимание на положение перемычек. При использовании 80-жильного интерфейсного кабеля необходимо установить перемычки в положение Cable Select; для 40-жильного кабеля перемычки накопителя следует устанавливать в положение Master или Slave, в зависимости от того, подключен ли к кабелю только один накопитель. Проверьте исправность кабеля и обратите внимание на его длину (в соответствии со спецификацией ATA максимальная длина кабеля не должна превышать 18 дюймов). Замените его новым или заведомо исправным запасным кабелем (для этого желательно использовать 80-жильный кабель). Проверьте, подсоединен ли силовой кабель к накопителю, а также измерьте подводимое напряжение, используя для этого цифровой мультиметр. Проверьте, правильно ли заданы параметры накопителя в настройках BIOS, и посмотрите, обнаруживается ли дисковод в процессе загрузки. Наконец, замените накопители и, при необходимости, системную плату.

Если накопитель уже устанавливался и нормально работал, вначале прочитайте обычные штампованные диски, а затем — записываемые и перезаписываемые (CD-R/RW или DVD-R/RW, DVD+R/RW), после чего выполните все перечисленные выше действия.

При использовании привода SATA DVD в системе Windows Vista нужно сконфигурировать хост-адаптер SATA, используемый устройством для эмуляции им режима PATA, а не установленного по умолчанию ACHI. Также можно установить “заплатку” (см. статью 928253 в Базе знаний Microsoft).

Не работает порт USB или подключенное к нему устройство

Проверьте, активизированы ли порты USB в настройках BIOS. Убедитесь в том, что операционная система поддерживает USB, — такая поддержка есть только в Windows 98, но не в Windows 95 и Windows NT. Затем уберите все USB-концентраторы и подключите устройство напрямую к разъему корневого концентратора системы. Замените кабель. Многим устройствам USB требуется дополнительная мощность, поэтому приобретите внешний блок питания, к которому можно подключить устройство USB (если это необходимо). Замените блок питания.

Если устройству нужна поддержка USB 2.0, сконфигурируйте порты для работы в этом режиме (поскольку многие системы также поддерживают режим USB 1.1). Если устройство питается от шины USB, замените блок питания более мощным; перегрузка блока питания приводит к подаче недостаточного питания на порты USB.

Система не распознает дополнительный модуль памяти

Проверьте, совместим ли данный модуль памяти с используемой системной платой. Существует множество типов памяти, которые внешне выглядят практически одинаково. То, что модуль памяти можно вставить в разъем на системной плате, вовсе не гарантирует его работу. Чтобы определить необходимые типы памяти, а также получить перечень поддерживаемых модулей, обратитесь к документации по использованию системной платы. Кроме того, можно посетить сайт `www.crucial.com`, что поможет точно определить тип памяти, необходимый для того или иного компьютера либо системной платы. Также обратите внимание на то, что все системные платы имеют определенные ограничения по объему поддерживаемой памяти, причем многие современные платы поддерживают не более 512 Мбайт или 1 Гбайт ОЗУ. И снова по вопросу существующих ограничений следует обратиться либо к руководству по использованию системной платы, либо к специалистам компании-изготовителя.

Если вы уверены, что установили модуль памяти соответствующего типа, выполните действия, описанные в разделе, посвященном решению периодически возникающих проблем с памятью.

Установленный накопитель не работает, но индикатор на передней панели светится

Это основной признак неправильно подключенного интерфейсного кабеля. Дисководы ATA и накопители для гибких дисков имеют разъемы, оснащенные специальными ключами, которые обеспечивают правильное подключение кабеля. Однако существуют кабели, разъемы которых не имеют соответствующих ключей, что позволяет устанавливать их "задом наперед". Если неправильно подсоединить кабель к системной плате или накопителю, индикатор на панели будет светиться, но сам накопитель останется неработоспособным. В некоторых случаях это может привести даже к "зависанию" системы. Проверьте правильность подключения обоих концов кабеля; красная полоса на кабеле указывает расположение вывода 1. На накопителе, в свою очередь, вывод 1 обычно располагается рядом с разъемом питания. Подключая кабель к системной плате, найдите на ней специальные метки, нанесенные методом трафаретной печати, или посмотрите, как ориентированы другие кабели, подключенные к этой плате (все кабели имеют общую схему подключения).

После установки новой версии BIOS компьютер "завис" и не подает никаких признаков жизни

Это может произойти при неудачном обновлении содержимого памяти ROM. К счастью, многие системные платы имеют подпрограмму восстановления, которую можно запустить, установив перемычку на плате в определенное положение. При запуске подпрограммы система обращается к дискете, на которой записана программа обновления BIOS. Если вы этого еще не сделали, загрузите новую версию BIOS, посетив сайт изготовителя системной платы, а затем перепишите программу обновления BIOS на загрузочную дискету. После этого активизируйте режим восстановления BIOS, установив перемычку на системной плате в соответствующее положение, включите систему и подождите, пока процедура восстановления не будет закончена. Обычно для этого требуется около 5 минут. В начале и в конце процедуры подается звуковой сигнал. После того как восстановление BIOS будет завершено, выключите систему и установите перемычку в исходное положение.

Если системная плата не поддерживает функцию восстановления BIOS, плату придется отправить для ремонта компании-изготовителю.

Не запускается старый компьютер Dell после установки новой системной платы

Многие системы модельной серии Dell Dimension ранних версий (Dimension 4100, 8100 и более старые) далеко не всегда соответствуют требованиям спецификации ATX; в частности, это относится к разводке кабелей блоков питания и силовым разъемам на системных платах. При замене одного из нестандартных блоков питания Dell стандартным блоком ATX или замене нестандартной системной платы Dell стандартной платой ATX вы рискуете остаться как

без блока питания, так и без системной платы. Чтобы модернизировать старую систему Dell, придется одновременно заменить блок питания и системную плату.

Начиная с 2001 года компания Dell перешла на использование блоков питания и силовых разъемов системных плат промышленного стандарта ATX, однако существуют и современные модели (например, XPS Gen 2), которые оснащены нестандартными блоками питания.

Не работает видеоадаптер PCI, установленный в старом компьютере с разъемами PCI

Существует несколько версий шины PCI; в системах более ранних версий обычно используются разъемы PCI 2.0, а в большинстве современных плат — разъемы PCI версий 2.1 и более новые. Использование в той или иной системе определенной версии PCI обусловлено возможностями набора микросхем, встроенного в системную плату. Установка нового видеоадаптера или какой-нибудь другой платы PCI версии 2.1 в системе с разъемами PCI 2.0 часто приводит к тому, что система не загружается и перестает работать.

Единственный способ решения проблемы несовместимости — замена платы PCI или системной платы.

Предметный указатель

3

3DNow!, 82

A

ACHI, 346
ACPI, 351; 356; 955
ADPCM, 733
AGP, 36; 247; 265; 287; 667
AHA, 212
AHCI, 446
A-Link, 214
AMD64, 49
AMR, 265
AMT, 347
AOD, 614
APIC, 122; 294
APM, 37; 351; 954
ATA, 421; 423; 424
  команды, 448
  управляющие сигналы, 436
ATAPI, 452

B

BBUL, 94
BEDO, 373
BIOS, 309; 979
  AMI, 321
  Award, 322
  CMOS, 326
  Phoenix, 322
  Plug and Play, 355
  видеоадаптера, 661
  обновление, 323
  ограничения, 454; 533
  параметры, 337
  резервная копия, 325
  сообщения об ошибках, 357; 1009
Bluetooth, 862
Blu-ray, 612
BTB, 120

C

CATV, 825
CD EXTRA, 621
CD-R, 586; 616
CD-ROM, 572; 626
CD-RW, 589; 617
CHS, 454; 459
CIRC, 582
CISC, 80
CMOS, 312; 326; 333; 971
CNR, 265
CrossFire, 692
CSS, 636

D

DAE, 632
DDR SDRAM, 375; 664
DDR2 SDRAM, 377
DDR3, 379
DHCP, 883
DIB, 84
DIMM, 384; 393; 408
DIP, 384
DirectX, 691; 726
DisplayPort, 679
DLP, 710
DMA, 295
DMI, 36; 212; 347
DOCSIS, 823
DPMA, 37
DPMI, 58
DPMS, 703
DRAM, 364; 366
DRM, 634
DSL, 826
  асимметричная (ADSL), 827
  потребительская (CDSL), 827
  симметричная, 828
  универсальная, 827
DualDisc, 623
DVD, 594
  быстродействие, 641
  емкость, 601
  защита от копирования, 635
  обработка ошибок, 599
  регион воспроизведения, 635
  форматы, 623
DVD+R, 609
DVD+R DL, 611
DVD+RW, 609
DVD-R, 607
DVD-R DL, 608
DVD-RAM, 606
DVD-RW, 609
DVI, 673

E

ECC, 405; 599
ECP, 783
EDD, 459; 466
EDO, 373
EEPROM, 316; 319; 365
EISA, 279
EM64T, 49
EPP, 783
EPROM, 318
Ethernet, 854

F

FC-PGA, 94
FireWire, 767
Flash BIOS, 326
Flash ROM, 319
FPM, 372

G

GDDR2 SGRAM, 664
GDDR3 SGRAM, 664
GDDR4 SGRAM, 665
GDDR5 SGRAM, 665
GMCH, 212

H

HD-DVD, 614
HDMI, 676
High Sierra, 627
HMA, 58
HomePNA, 887

HPA, 336
HughesNet, 830
HyperStreaming, 243
Hyper-Threading, 85
HyperTransport, 214; 273

I

ICH, 212
iCOMP, 63
IDE, 421; 422
IEEE 1284, 781
IEEE 1394, 766
IPS, 705
IPX, 886
IRQ, 291
ISA, 265; 276; 421
ISDN, 832

J

Joliet, 629
JPEG, 714

K

KNI, 81

L

LabelFlash, 649
LBA, 454
LBA-Assist, 463
LIF, 98
LightScribe, 649
LPC, 213; 256; 266

M

MAC-адрес, 846; 863
MBR, 313; 360
MCA, 279
MCH, 212
MCM, 126
Microdrive, 554
MIDI, 732
MMU, 114
MMX, 80; 123
MNP, 837
Mount Rainier, 619; 631
MPEG, 714
MPS, 128
MuTIOL, 214; 232; 242
MVA, 705

N

NetBEUI, 886
NTSC, 683
NVRAM, 313

O

OpenGL, 690

P

PAC, 210
PAL, 683
PATA, 431
PCI, 36; 281
PCI Express, 36; 265; 285; 669; 940
PGA, 93
PhotoCD, 619
PhotoYCC, 620
Picture CD, 620
PIO, 439
Plug and Play, 304; 355
POST, 313; 1008
PPI, 794
PRML, 492
PROM, 316
PS/2, 807

Q

QAM, 825

R

RAID, 470
RAM, 363
RDRAM, 380
RIMM, 385; 394
RISC, 80
RLL, 584
ROM, 314; 365
ROM BIOS, 313; 320
RRIP, 631
RTC/NVRAM, 971

S

SATA, 421; 441; 443
  режимы, 447
SDRAM, 374
SEC, 94
SECAM, 683
SECC, 128
SECC2, 95
SGRAM, 664
SIMD, 80; 124
SIMM, 384; 390
SLI, 692
SMBIOS, 347
SMI, 79; 116
SMM, 78; 118
SOI, 90
SPDIF, 731
SPGA, 93
SPS, 968
SPX, 886
SRAM, 367
SSD, 547
SSE, 81
SSID, 882
StarBand, 831
Super I/O, 210; 255
Super Video CD, 621
Super-IPS, 705
SVGA, 671
SYSmark, 64

T

TCP/IP, 885
TFT, 704
TLB, 78
TrackPoint, 811
T-буфер, 688

U

UART, 255; 780
UDF, 618; 630
UMA, 659
UPI, 794
UPS, 969
USB, 550; 752
  Hi-Speed (2.0), 758
  SuperSpeed (3.0), 760
  Wireless, 764
  адаптер, 766

V

VBR, 314; 361
VESA, 281
VGA, 670

Video CD, 621
V-link, 214; 241
V-MAP, 241
VRAM, 664
VRM, 124

W

WEP, 883
Wi-Fi, 856
WildBlue, 831
WiMax, 829
WPA, 883
WRAM, 664

X

XGA, 671

Z

ZIF, 93
Z-буфер, 687

А

Акклиматизация, 529
Акустическая система, 746
Амплитуда, 735
Аппаратный конфликт, 742

Б

Банк памяти, 389; 398
Барьер основной памяти, 417
Белая сборка, 38
Беспроводная сеть, 879
Битовая ячейка, 478
Блок питания, 895; 977
  замена, 964
  импульсный, 942
  коэффициент мощности, 947
  мощность, 943
  перегрузка, 959
  потребляемая мощность, 949
  установка, 994
  формфактор, 899
Бод, 837
Буфер
  быстрого преобразования, 78

В

Вакуумное напыление, 481
Варистор, 967
Видеоадаптер, 658; 661
  AGP, 667
  PCI Express, 669
Видеодрайвер, 718
Видеопамять, 663
Винчестер, 499
Витая пара, 866
Воздухозаборник, 174
Воздушный фильтр, 527
Выделенная линия, 832
Выделенный диск, 525
Выключатель питания, 914
Выключение питания, 950

Г

Гармоника, 747
Гнездо
  Socket A (Socket 462), 147
  Socket A (Socket LGA775), 102
  Socket F, 109
  Socket LGA1156, 103
  Socket LGA1366, 104
  Socket 370 (PGA-370), 99
  Socket 423, 100
  Socket 478, 102
  Socket 754, 106
  Socket 939, 106
  Socket 940, 106
  Socket A (Socket 462), 105
  Socket AM2/AM2+/AM3, 107
Головка чтения/записи, 477; 518; 557
  магниторезистивная, 482; 484
  с металлом в зазоре, 481
  тонкопленочная, 481
  ферритовая, 480
Графический адаптер, 659
  установка, 1001
Графический процессор, 662
Громкость, 732

Д

Датчик температуры, 1038
Декодер, 487
Диагностическая программа, 1007
Динамическое выполнение, 83
Дискета, 564
Дисковод, 555; 557
Дискретизация, 735
Донорная примесь, 89
Дорожка, 504; 507; 563; 577
Драйвер, 309

Е

Емкостной датчик, 792
Емкость накопителя, 492

Ж

Жесткий диск, 499; 514; 981
  быстродействие, 535
  емкость, 532
  защита паролем, 450
  защищенная область, 451
  надежность, 539
  рабочий слой, 516
  форматирование, 510

З

Загрузка, 1021
  начальный этап, 1021
Загрузочный сектор, 563
  тома, 514
Загрузчик операционной системы, 313
Заземляющий контур, 867
Закон Мура, 28; 50
Звук, 734
Звуковая дорожка, 580
Звуковая плата, 728; 734
  установка, 739
Звуковой адаптер, 726
Зонная запись, 511; 536

И

Изначальная бороздка, 586
Интегральная схема, 25
Интернет, 821; 850
Инфракрасный термометр, 1038
Источник бесперебойного питания, 968

К

Кабельное телевидение, 825
Кварц, 158
Кварцевый резонатор, 61
Клавиатура, 785; 981
  104-клавишная, 787
  USB, 799
  мембранная, 790
  эргономичная, 800
Клавиши, 788
Кластер, 513
Клиент, 851
Код
  Грея, 523
  коррекции ошибок, 405
  Рида–Соломона, 582
Кодек, 714; 733
Кодирование данных, 487
  ARRL, 489
  RLL, 489
Колесо прокрутки, 810
Коммутатор, 864; 876
Компакт-диск, 572; 583
  защита от копирования, 633
  форматы, 614
Конвейер данных, 120
Конфликт ресурсов, 299
Концентратор, 753; 864; 876
Корневой каталог, 514; 564
Корпус, 977
  SEP, 94
Коэрцитивная сила, 565
Кэширование, 538
Кэш-контроллер, 72
Кэш-память, 71; 367
  второго уровня, 74
  двунаправленная, 78
  неблокируемая, 78
  первого уровня, 72
  со сквозной записью, 78
  третьего уровня, 75

Л

Линейный вход, 729
Линейный выход, 729
Логический пробник, 1035
Логическое устройство, 511

М

Магнитная лента, 544; 568
Маршрутизатор, 845
Мастер-диск, 574
Материнская плата, 179; 978
Микропроцессор, 43
Микрофон, 750
Микрофонный вход, 729
Многоядерность, 86
Модем, 834
  DSL, 828
  кабельный, 822
  коррекция ошибок, 839
  сжатие данных, 839
Модуль памяти, 383
  DIMM, 979
  маркировка, 395
  небуферизированный, 389
  регистровый, 389
  установка, 409; 989
Модуляция, 837
Монитор, 657; 694; 719; 982
  время отклика, 705
  жидкокристаллический, 704
  плазменный, 709
  тестирование, 719
  электронно-лучевой, 706
Мультиметр, 960; 1034
Мышь, 803; 981
  USB, 808
  оптико-механическая, 804
  оптическая, 804

Н

Набор микросхем
  ALi M168x, 234
  AMD-750, 210; 239
  AMD-760, 239
  AMD-8000, 210
  AMD-8000 (8151), 247
  Intel 3x, 227
  Intel 420, 215
  Intel 430LX, 215
  Intel 5x, 229
  Intel 845, 220
  Intel 848, 220
  Intel 850, 220
  Intel 865, 220
  Intel 875, 220
  Intel 910, 223; 225
  Intel 915, 223; 224
  Intel 925, 223; 225
  Intel 945, 222
  Intel 945 Express, 225
  Intel 955, 222
  Intel 955X, 225
  Intel 96x, 227
  Intel 975, 222
  Intel 975X, 225
  NVIDIA nForce Professional, 251
  NVIDIA nForce 410, 252
  NVIDIA nForce 430, 252
  NVIDIA nForce3, 250
  NVIDIA nForce4, 251
  SiS65x, 232
  SiS66x, 233
  SiS73x, 242
  SiS74x, 242
  SiS755, 252
  SiS756, 253
  SiS760, 254
  SiS761, 254
  VIA Apollo KT266, 241
  VIA Apollo KT333, 241
  VIA Apollo KT400, 241
  VIA Apollo Kx133, 240
  VIA K8T800, 249
  VIA K8T890, 249
  VIA K8T900, 249
  VIA P4Xx, 237
  VIA PT8x, 238
Наложение текстур, 685

О

Объемный звук, 749
Оверклокинг, 123
Ограничитель выбросов, 967
ОЗУ, 363
Оперативная память, 363; 979
  контроль четности, 399
  ошибки, 412
  производительность, 370
Опустошение буфера, 647
Охлаждение, 166
  жидкостное, 171

П

Параллельный порт, 781
Парковка головок, 527
Перпендикулярная запись, 494; 495

ПЗУ, 314; 365
  затенение, 316
Пиксель, 695; 696
  битый, 721
Плотность записи, 493
Ползунок, 485
Порт, 754
  ввода-вывода, 297
  параллельный, 781
  последовательный, 777
Предсказание перехода, 83
Прерывание, 79; 118; 291
  конфликты, 295
  немаскируемое, 403
Привод, 505
Привод головок, 519
Пробник, 1036
Проектор, 709
Прожиг, 317
Пропускная способность шины, 275
Протокол, 851
Процессор, 43; 977
  AMD 5x85, 119
  AMD Athlon 64, 150
  AMD Athlon 64 FX, 154
  AMD Athlon 64 X2, 154
  AMD Athlon MP, 150
  AMD Athlon X2, 154
  AMD Athlon XP, 149
  AMD Duron, 148
  AMD K10 (Phenom), 155
  AMD Opteron, 151
  AMD Sempron, 154
  AMD-K5, 125
  AMD-K6, 146
  Athlon, 147
  Celeron, 133
  Intel 286, 112
  Intel 386, 114
  Intel 386DX, 115
  Intel 386SL, 116
  Intel 386SX, 115
  Intel 486, 116
  Intel 486DX, 117
  Intel 486DX2, 118
  Intel 486DX4, 118
  Intel 486SL, 118
  Intel 8086, 46; 111
  Intel Nehalem (Core i), 143
  Intel OverDrive, 118
  Intel Core 2, 141
  Nexgen Nx586, 144
  Pentium, 119
  Pentium Extreme Edition, 139
  Pentium MMX, 123
  Pentium Pro, 126
  Pentium 4, 134
  Pentium 4 Extreme Edition, 137
  Pentium D, 139
  Pentium II, 128
  Pentium III, 132
  быстродействие, 61
  кодовое название, 111
  охлаждение, 166
  разрядность, 40
  установка, 987
Прошивка, 310
Прямой доступ к памяти, 644

P

Радиатор, 171
Развертка, 708
Разгон, 123; 157
Раздел, 511; 513
Разделительная призма, 576
Разрешение экрана, 695
Разрядность, 55
Разъем питания, 917
  AT/LPX, 918
  ATX, 919
  Serial ATA, 939
  дисковода, 937
  периферийных устройств, 937
Раскладка клавиатуры, 797
Растр, 708
Расширитель диапазона, 879
Регистр, 55
Режим процессора, 56
  64-разрядный расширенный, 59
  SMM, 78
  виртуальный реальный, 57; 114
  защищенный, 56; 418
  реальный, 56; 417

C

Сабвуфер, 749
Северный мост, 210
Сектор, 504; 507; 579
Сенсорная панель, 814
Сервер, 851
Сервокод, 521
Сервопривод, 521; 523; 576
Сессия, 617
Сетевой адаптер, 863; 889
Сетевой кабель, 865
Сеть, 849
  беспроводная, 879
  одноранговая, 852
Сжатие звука, 733
Симметричная многопроцессорная обработка, 122
Синтезатор частоты, 161
Системная плата, 179
Системный ресурс, 290
Скан-код, 795
Слой металлизации, 89
Совместный доступ, 849
Сопроцессор, 109
Среда предварительной загрузки, 335
Стабилизатор напряжения, 897
Страница памяти, 372
Суперпарамагнитное ограничение, 517
Суперпарамагнитный эффект, 494
Суперскалярное выполнение, 79

T

Такт, 61
Тактовая частота, 61
Теплоотвод, 166; 983
  установка, 987
Терминатор, 866
Термистор, 168
Термопаста, 171
Тестер памяти, 1036
Тестер сетевой розетки, 1036
Тест-разъем, 1034
Том, 511
Топология, 873

звездообразная, 875
кольцевая, 874
шинная, 873
Точка восстановления, 1040
Точка доступа, 879
Транзистор, 24
Трекбол, 804; 815
Трилограмма, 788
Триод, 23

У

Управление питанием, 351; 954
Упреждающая выборка данных, 82
Упреждающее выполнение, 84
Ускоритель трехмерной графики, 684

Ф

Файловая система
FAT, 513
FAT32, 513
ISO 9660, 628
Joliet, 629
Macintosh HFS, 630
NTFS, 513
UDF, 630
Фильтр-стабилизатор, 968
Флеш-накопитель USB, 550
Флеш-память, 364; 543; 544
CompactFlash, 545; 552
Memory Stick, 547
MultiMediaCard, 546
SecureDigital, 546; 552
SmartMedia, 546
SSD, 547
xD-Picture Card, 547
Форматирование
высокого уровня, 514
низкого уровня, 511
Формфактор, 179; 501; 977
1 дюйм, 504
1,8 дюйма, 503
2,5 дюйма, 503
3,5 дюйма, 503
5,25 дюйма, 502
ATX, 192; 899
ATX12V, 901
Baby-AT, 181
BTX, 189
CFX12V, 909
DTX, 200
EPS/EPS12V, 907
FlexATX, 199; 914
ITX, 201
LFX12V, 912
LPX, 184
microATX, 197
mini-ATX, 194
mini-DTX, 200
mini-ITX, 201
NLX, 187
PS3, 904
SFX/SFX12V, 904
SFX/TFX, 197
TFX12V, 909
WTX, 188
XT-286, 180
блока питания, 899
Фотолитография, 89

Х

Хранитель экрана, 719

Ц

Цикл ожидания, 62
Цилиндр, 504; 558
Цифроаналоговый преобразователь, 667
Цифровой звук, 632; 735
Цифровые права, 634

Ч

Частота, 734
Частотная модуляция, 488
Числовая апертура, 613

Ш

Шаговый двигатель, 520
Шина, 264
AGP, 287
AT, 277
EISA, 279
прерывания, 292
ISA, 276
16-разрядная, 277
32-разрядная, 279
8-разрядная, 276
каналы DMA, 296
прерывания, 292
MCA, 279
PCI, 281
прерывания, 294
PCI Express, 285
VL-Bus, 281
адреса, 51
ввода-вывода, 275
данных, 51
локальная, 280
процессора, 50; 270
Шинопровод, 896
Широкополосный доступ, 822
Шпиндельный двигатель, 529

Э

Электромагнетизм, 476
ЭЛТ, 706

Ю

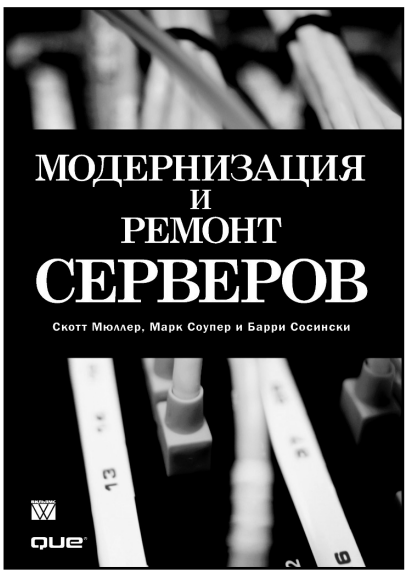
Южный мост, 210

Я

Ячейка перехода, 478

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕМОНТ СЕРВЕРОВ

Скотт Мюллер
Марк Соупер
Барри Сосински



www.williamspublishing.com

На протяжении почти 20 лет книга *Модернизация и ремонт ПК* Скотта Мюллера являлась лучшим руководством по поддержке и обслуживанию персональных компьютеров. Теперь системные администраторы получили в свое распоряжение аналогичное исчерпывающее руководство по серверным системам — *Модернизация и ремонт серверов*. Эта книга — "первая линия обороны" для предприятий, которым приходится заниматься развертыванием корпоративных сетей с множеством серверов, а также прекрасный справочник для опытных администраторов.

ISBN 978-5-8459-1539-9 **в продаже**

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕМОНТ ПК ДЛЯ ЧАЙНИКОВ 7-е издание

Энди Ратбон



www.dialektika.com

Хотите добиться максимума от своего ПК? Тогда прочтите эту книгу, которая поможет вам вдохнуть новые силы в стареющий компьютер. В ней с помощью простых пошаговых инструкций демонстрируется, как добавить оперативную память, обновить систему антивирусной защиты и сам компьютер до уровня, соответствующего требованиям Windows Vista. Приведенные в книге советы помогут вам превратить свой ПК в развлекательный центр, обеспечивающий запись ТВ-программ и воспроизведение DVD с объемным звучанием. Эта книга поможет вам:

- переместить файлы со старого компьютера на новый
- обновить систему до уровня Windows Vista
- избавиться от компьютерных вирусов
- настроить беспроводную сеть
- установить ТВ-тюнер и записывающий дисковод DVD

ISBN 978-5-8459-1504-7 **в продаже**