Олег Колесниченко
Игорь Шишигин
Валентин Соломенчук

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА PC

6-е издание

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2010

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
К60

Колесниченко, О. В.

К60 Аппаратные средства PC / О. В. Колесниченко, И. В. Шишигин, В. Г. Соломенчук. — 6-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 800 с.: ил. — (В подлиннике)

ISBN 978-5-9775-0432-4

Приведено детальное описание всех компонентов PC. Подробно рассмотрены принципы работы и устройство таких элементов компьютера, как материнская плата, процессор, память, шина, накопители на гибких и жестких дисках, монитор, принтер и т. д. Особое внимание уделено популярной в настоящее время 3D-графике. Освещены вопросы, касающиеся установки дополнительных плат расширения и новых периферийных устройств. Шестое издание книги дополнено информацией о новейших достижениях в области компьютерных технологий, в том числе описанием процессоров Intel Core i7, Intel Core 2, AMD Phenom II, AMD Athlon X2, памяти DDR 2 и 3, интерфейсов SATA и PCI Express, видеопроцессоров, 3D-конвейеров и др. Читатель узнает, на какие из характеристик следует обращать внимание в первую очередь при покупке комплектующих, научится не только устанавливать дополнительные компоненты, находить и устранять неисправности, но и самостоятельно модернизировать PC, сэкономив при этом значительные средства.

Для широкого круга пользователей

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	*Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора	*Евгений Рыбаков*
Зав. редакцией	*Григорий Добин*
Редактор	*Алексей Семенов*
Компьютерная верстка	*Натальи Смирновой*
Корректор	*Наталия Першакова*
Дизайн серии	*Инны Тачиной*
Оформление обложки	*Елены Беляевой*
Зав. производством	*Николай Тверских*

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.09.09.
Формат 70×100 1/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 64,5.
Тираж 2000 экз. Заказ №
"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09
от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0432-4

© Колесниченко О. В., Шишигин И. В., Соломенчук В. Г., 2009
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2009

Оглавление

Введение **1**

Немного истории 2

Глава 1. Корпуса для компьютеров **7**

Типы корпуса 8
Корпус типа Desktop 12
Корпус типа Tower 13
Корпус типа Slimline 15
Форм-фактор корпуса 16
Форм-фактор ATX 17

Глава 2. Блок питания **19**

Подключение блока питания к сети 21
Блок питания ATX 22
Охлаждение блока питания 24
UPS 26

Глава 3. Индикаторы, переключатели и разъемы **29**

Подключение индикаторов и органов управления
к материнской плате 31
Индикатор работы винчестера 32
Индикатор включения PC 33
Сетевой переключатель 33
Переключатель Reset 35
Переключатель KeyLock 35

Глава 4. Материнская плата — основной компонент PC 37

Типоразмеры материнской платы 39
FullSize 40
Baby-AT 40
ATX (Mini-ATX) 41
MicroATX 42
FlexATX 42
NLX 43
Форм-фактор ATX 44
Форм-фактор BTX 47

Глава 5. Шины 49

Основные характеристики параллельной шины 52
Разрядность шины 52
Пропускная способность шины 53
Интерфейс 54
Системные шины 55
Шины ввода/вывода 55
Шина ISA 56
Шина VLB 56
Шина PCI 57
Шина AGP 59
Шина PCI Express 61
Шина USB 64
Шины SCSI и SAS 66
Шина IEEE 1394 68
Последовательный COM и параллельный LPT порты 69
Параллельная передача данных для порта LPT 69
Последовательная передача данных для порта COM 73
Системные ресурсы 80
Система прерываний 80
Прямой доступ к памяти 84
Порты ввода/вывода 85

Глава 6. Процессоры 89

Функционирование процессоров 90
Принцип работы 91
Основные компоненты процессора 92

Основные характеристики процессоров....106
Степень интеграции....107
Внутренняя разрядность данных....108
Внешняя разрядность данных и тактовая частота шин....108
Тактовая частота....110
Адресация памяти....111
Режимы работы процессора....113
Процессоры первого и второго поколения....114
8086/8088....115
80286....115
Процессоры третьего поколения....116
80386....116
Процессоры четвертого поколения....118
80486....118
80486DX2....119
80486DX4....119
Процессоры пятого поколения....120
Pentium....121
AMD K5....123
Cyrix 6x86....124
Pentium MMX....125
Процессоры шестого поколения....127
80686 (Pentium Pro)....128
Pentium II....130
Pentium III....133
Celeron....134
AMD K6-2....135
AMD K6-3....136
VIA Cyrix III....137
Процессоры седьмого поколения....138
Athlon (AMD K-7)....139
Athlon XP....142
Pentium 4....143
Prescott....148
Семейство процессоров Intel Core 2....150
Процессоры Intel Core 2 Extreme....154
Процессоры Intel Pentium Dual-Core....155
Процессоры Intel Core i7....156
64-разрядные процессоры AMD....159
Рейтинг процессора....160

Процессоры AMD Athlon X2 Dual-Core 161
Процессоры AMD Phenon X4 и Phenom X3 162
Процессоры AMD Phenom II 165
Процессоры AMD Sempron 165
Процессоры для серверов и рабочих станций 165
Процессоры Xeon 166
Процессоры Itanium 166
Процессоры AMD Opteron 167

Глава 7. Память 169

Оперативная память 169
Принцип работы 172
Основные характеристики микросхем памяти 173
Емкость и разрядность 174
Быстродействие памяти 175
Банки и каналы памяти 176
Тайминг памяти 177
Разгон памяти 179
DRAM 180
FPM DRAM 181
EDO DRAM 183
SDRAM 183
RDRAM 193
Микросхемы памяти 194
Тип корпуса 194
Маркировка 195
Модули памяти 197
SIP-модули 199
SIMM-модули 199
DIMM-модули 202
Маркировка модулей памяти 206
Упаковка модулей 207
Логическое распределение оперативной памяти 209
Стандартная оперативная память 210
UMA 212
EMS 214
HMA 217
XMS 218
Виртуальная память 219

Кэш-память....221
Кэш-память винчестера....222
Память для долговременного хранения....223
ROM....223
PROM....223
EPROM....223
EEPROM, Flash memory....224

Глава 8. Чипсет....225

Чипсеты для шестого поколения процессоров....226
Intel 440BX AGPset....229
Южный и северный мосты в чипсете....229
Intel 810....231
Чипсет для CPU седьмого поколения процессоров....233
Чипсет Intel 845....233
Intel 865....234
Чипсеты для современных компьютеров....236
Чипсеты Intel....236
Характеристики чипсетов AMD....241

Глава 9. ROM BIOS....243

Plug&Play....249
CMOS Setup....250

Глава 10. Накопители на гибких дисках....255

Принцип действия....256
Шпиндельный двигатель....256
Магнитные головки....256
Шаговый двигатель....256
Управляющая электроника....257
Подключение кабелей....258
Привод для дискет емкостью 2,88 Мбайт....261
Дискеты....261
Дискеты 3,5"....263

Логическая структура дискет 266
Системная область 267
Область данных 269

Глава 11. Винчестеры 271

Принцип работы 272
Технологии магнитной записи 274
Конструкция 276
Основные характеристики винчестеров 283
Емкость 284
Быстродействие 284
Кэш-память винчестера 286
Логическая структура жесткого диска 287
Interleave 288
Форматирование винчестеров 289
Форматирование низкого уровня 290
Метод зонно-секционной записи 290
Разбиение на разделы 290
Форматирование высокого уровня 294
Параметры винчестеров в CMOS Setup 295
Маркировка винчестеров 296
Интерфейсы винчестеров 297
Интерфейс IDE 299
Интерфейс SATA 300
Интерфейс eSATA 304
Интерфейс SCSI и SAS 306
Режимы передачи данных для интерфейса IDE 307

Глава 12. Приводы компакт-дисков 311

Принцип действия 312
Эксплуатационные характеристики 315
Скорость передачи данных 316
Качество считывания 318
Среднее время доступа 319
Объем буферной памяти 320
Средняя наработка на отказ 320

Параметры аудиотракта 320
Стандарты CD 321
Накопители CD-R и CD-RW 323
Принцип записи на CD 324
Конструкция 325
Информационная структура 325
Режимы записи 327
Предварительное форматирование 329
Накопители DVD 330
Форматы DVD 335
Совместимость 336
DVD-ROM 336
DVD-Video 337
DVD-Audio 337
DVD-R 338
DVD-VR 339
DVD-RAM 339
DVD-RW 340
DVD+RW 341
DVD+R 342
Форматы Blu-Ray и HD-DVD 342
Правила эксплуатации компакт-дисков 344

Глава 13. Устройства отображения информации 347

Мониторы на основе ЭЛТ 347
Цифровые (TTL) мониторы 348
Жидкокристаллические мониторы 362
Технологии изготовления плоскопанельных мониторов 376
Стандарты по эргономике и энергосбережению 378
Обмен информацией между монитором и PC 386
Проекторы 399
Оверхед-проекторы 401
Мультимедийные проекторы 402
Устройства формирования объемных изображений 403
Особенности восприятия человеком объемных изображений 404
Механизм бинокулярного зрения 405
Способы формирования стереокадра 409
Шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы) 417

Глава 14. Видеоадаптеры 425

Режимы работы 427
Графический режим 427
Текстовый режим 427
Характеристики видеоадаптеров 429
Объем видеопамяти 430
Быстродействие цифроаналогового преобразователя 431
Тип интерфейса с шиной ввода/вывода 432
Основные типы видеоадаптеров 432
MDA 432
CGA 433
HGC 434
EGA 434
VGA 435
Super VGA 438
Устройство и особенности работы видеоадаптера VGA 441
Видеопамять 443
Video BIOS 444
Контроллер ЭЛТ 444
Графический контроллер 445
Секвенсер 445
Контроллер атрибутов 446
RAMDAC 446
Синхронизатор 447
Тактовые генераторы 448
Аппаратное ускорение графических функций 448
Основные графические функции видеоадаптера 449
Построение трехмерных изображений 453
2D-акселераторы 453
Графический акселератор 453
Графический сопроцессор 455
3D-акселераторы 457
Синтез трехмерного изображения. 3D-конвейер 458
Функции 3D-акселераторов 462
Устройство 3D-акселератора 478
Мультимониторные системы 484
Технологии SLI и CrossFire 485
TV-тюнер 487
Устройство TV-тюнера 488

Глава 15. Звуковая карта 497

Модуль записи и воспроизведения 499
Аналого-цифровое преобразование 500
Цифроаналоговое преобразование 503
Кодирование звуковых данных 503
Характеристики модуля записи и воспроизведения 504
Частота дискретизации 504
Разрядность 505
Full Duplex 505
Модуль синтезатора 506
Синтез звука на основе частотной модуляции 508
Синтез звука на основе таблицы волн 509
Синтез звука на основе физического моделирования 511
Модуль интерфейсов 513
MIDI-интерфейс 513
Интерфейсы S/PDIF и AES/EBU 519
Модуль микшера 520
Цифровая звуковая система 522
Спецификация Audio Codec 97 522
Технология Intel High Definition Audio 525
Современные решения 526

Глава 16. Акустическая система 529

Многокомпонентные акустические системы 532
Полоса воспроизводимых частот 533
Чувствительность 534
Коэффициент гармоник 535
Мощность 535
Электрическое сопротивление 537

Глава 17. Клавиатура 539

Принцип действия 539
Скэн-коды 541
Конструктивные исполнения 544
Подключение клавиатуры 545
Стандартное расположение клавиш 547

Функциональные и некоторые специальные клавиши 548
Алфавитно-цифровая область....550
Специальные клавиши 551
Блок управления курсором 553
Цифровой блок....554
Клавиатура Windows....555
Эргономическая клавиатура 556
Клавиатура для слепых....557

Глава 18. Оптико-механические и другие устройства ввода....559

Мышь....559
Основные характеристики мыши....562
Принцип работы оптико-механической мыши....563
Мышь, подключаемая через последовательный порт....565
Мышь PS/2....565
Оптическая мышь 566
Инфракрасная мышь....568
Радиомышь....568
Подключение мыши 570
Трэкбол....571
Джойстик....573
Световое перо....574
Графический планшет....575
Кибер-перчатки....577

Глава 19. Сканеры и цифровые фотокамеры....579

Сканеры....579
Способ формирования изображения 580
Кинематический механизм 583
Ручной сканер....583
Настольный сканер 584
Тип сканируемого изображения....588
Черно-белый....588
Полутоновый....588
Цветной....589
Прозрачность оригинала....589
Аппаратный интерфейс....590
Программный интерфейс....590

Системы распознавания символов 591
Устройства OCR 591
Программы OCR 592
Характеристики сканеров 592
Цифровые фотокамеры 594
Принцип работы 595
Светочуствительная матрица 596
Хранение изображений 603

Глава 20. Принтеры ударного типа 607

Литерный принтер 607
Принцип действия 607
Достоинства 608
Недостатки 608
Игольчатый принтер 608
Принцип действия 609
Особенности работы игольчатого принтера 612

Глава 21. Струйные принтеры 617

Принцип действия 618
Метод газовых пузырей 618
Пьезоэлектрический метод 619
Цветной струйный принтер 620
Особенности работы струйного принтера 621
Шум 621
Скорость печати 621
Качество печати 622
Работа с бумагой 624
Головка принтера 624
Чернила 625
Фотопринтеры 626

Глава 22. Лазерные принтеры 629

Принцип действия 630
Особенности работы 632
Скорость печати 632

Разрешение 632
Память 635
Работа с бумагой 636
Расход материала и срок службы 636
Сетевой принтер 637
Язык принтера 638
PCL6 639
HP-GL 639
PostScript 639
Лазерный принтер дома 640

Глава 23. Специализированные устройства печати 643

Термический принтер 643
Плоттер 646
Стандартный язык HP-GL/2 647

Глава 24. Локальные сети 649

Топология сети 650
PC—PC (псевдосеть) 651
Одноранговая сеть 653
Сеть типа клиент-сервер 654
Компоненты локальной сети 657
Файловый сервер 658
Рабочая станция 658
Сетевые карты 659
Кабели 660
Подключение компонентов сети 665
Беспроводная локальная сеть 669

Глава 25. Обмен данными через модем 671

Принцип работы 671
Внутренний модем 673
Внешний модем 674
Программный модем 675
Модемы ADSL 676
Режим команд и режим передачи данных 677

Протоколы коррекции ошибок и сжатия данных 679
Протоколы серии MNP 680
Протоколы серии V 680
Скорость передачи 680
Протоколы передачи файлов 681
Xmodem 682
Zmodem 684

Глава 26. Программная настройка PC 685

Настройка CMOS Setup 685
Настройка при первом включении компьютера 685
Особенности новых версий BIOS 691
Стандартные пункты меню *CMOS Setup* 692
Настройки *Standard CMOS Setup* 693
Настройки *BIOS Features Setup* 695
Программный запуск компьютера 703
Утилита CPU-Z для проверки конфигурации компьютера 707

Глава 27. Установка дополнительных компонентов 709

Подготовка к работе 709
Установка видеоадаптера 710
Шаги 1—6 711
Шаг 7 711
Установка процессора 712
Процессоры Intel Pentium 4 Socket 478 713
Процессоры Intel LGA 775 716
Крепление радиатора 718
Установка памяти 721
Установка новой материнской платы 723
Монтаж системной платы 725
Подключение дисковода 727
Шаги 1— 2 728
Шаг 3 729
Шаги 4—5 729
Шаг 6 729
Шаг 7 730
Шаг 8 730

Установка винчестера 731
Установка винчестера IDE 732
Установка винчестера SATA 734
Установка привода компакт-дисков 735
Установка модемов 736
Шаг 1 737
Шаг 2 738
Шаг 3 739
Шаг 4 739
Шаг 5 741
Шаг 6 741

Глава 28. Диагностика ошибок 745

Диагностика с помощью программного обеспечения 746
Сообщение об ошибках в ROM BIOS 747
Устранение неисправностей важнейших компонентов 754
Материнская плата 754
Винчестер 757
CD-ROM 760
Мышь 763
Обслуживание PC 764
Корпус 765
Дисководы 767
Привод CD-ROM 768
Клавиатура 768
Мышь 769
Монитор 770

Предметный указатель 772

Введение

Если бы автомобилестроение развивалось теми же темпами,
что и полупроводниковая отрасль, то сегодня на одном галлоне[1]
бензина водитель "Роллс-Ройса" мог бы проехать полмиллиона миль,
причем машины были бы дешевле выбрасывать, чем оплачивать их парковку.

Гордон Мур, почетный председатель
Совета директоров корпорации Intel

Несмотря на большое количество информации об аппаратных средствах PC, которое ежедневно обрушивается на пользователя со всех сторон — газеты, журналы, телевидение, реклама, — книг, в которых был бы представлен полный обзор аппаратных компонентов PC, совсем немного. Однако все, кто имеет дело с персональным компьютером, — от новичков до специалистов, профессионально занимающихся сборкой PC, — испытывают постоянную потребность в этой информации.

Если раньше описание характеристик и принципов работы аппаратных средств PC приходилось собирать по крупинкам, то в настоящий момент все диаметрально изменилось. Пользователь (особенно начинающей) может утонуть в обилии информации, порой весьма противоречивой.

Многое можно почерпнуть из Интернета, но опять же сайт любой компании носит не только информационный, но и рекламный характер, заверяя вас, что самая лучшая продукция выпускается именно данным производителем.

Имеющиеся периодические издания либо посвящены, как правило, сугубо специальным вопросам, либо в них рассматриваются методы модернизации компьютера без подробного описания аппаратных средств. В данной книге авторы попытались показать весь "внутренний мир" PC, причем основное внимание уделили проблемам, возникающим на практике при его покупке, сборке, настройке и модернизации.

---

[1] 1 галлон ≈ 4 л.

В книге используются, как правило, оригинальные обозначения (типа *CPU* и *PC*) и термины, наиболее устоявшиеся в русском языке (типа *винчестер* и *джампер*), причем при первом упоминании термина в скобках указывается его название на английском языке. Это вызвано не неуважением к русскому языку, а, прежде всего, тем, что часто компьютерная документация и прайслисты публикуются на английском языке. Прочитав эту книгу, вы сможете разобраться в любом руководстве пользователя, свободно ориентироваться в компьютерной литературе и на англоязычных сайтах в сети Интернет.

Возможно, вы сомневались, стоит ли покупать эту книгу, т. к. компьютерный мир развивается настолько стремительно, что за время, в течение которого рукопись превращается в книгу и появляется на прилавке магазина, в нем могут произойти существенные изменения. Принципиально вы правы. Однако нельзя в полной мере оценить новые достижения компьютерной технологии без сравнения их с существующими стандартами. Трудно определить, принесет ли пользу PC с процессором Core i7, если не знать, чем он отличается от классического Pentium.

Кроме того, прочитав эту книгу, вы систематизируете свои знания в области аппаратных средств PC, что поможет вам сориентироваться в море разрозненной и порой противоречивой информации, которую можно найти в сети Интернет.

Разработка нового в области PC всегда базируется на старых стандартах и принципах. Поэтому знание их является основополагающим фактором для (или, возможно, против) выбора новой системы.

Немного истории

12 августа 1981 г. появился первый IBM-совместимый персональный компьютер. Споры о том, какое вычислительное устройство считать первым компьютером, ведутся до сих пор. Немцы считают, что первый компьютер (Z-1) появился в Германии, американцы называют Z-1 цифровой вычислительной машиной и говорят, что первым компьютером явился ENIAC или ABC. Многие англичане считают первым компьютером аналитическую машину Чарльза Бэббиджа. Все они по-своему правы, хотя навряд ли сейчас это имеет решающее значение. Современный персональный компьютер интернационален, поскольку в нем воплотились технические достижения не одного поколения ученых и изобретателей различных стран, в том числе и российских.

В табл. В1 представлены основные этапы, предшествующие появлению персонального компьютера. В ходе прочтения книги вы найдете еще массу интересных исторических справок о создании различных компонентов PC.

Таблица В1. *Основные этапы, предшествующие появлению персонального компьютера*

1824	**Механические вычислительные машины**	
1824	Профессор Кэмбриджского университета Чарльз Бэббидж (Charles Babbage) изготовил действующую модель машины, которая позволяла с точностью до восьми знаков вычислять значения полиномов с помощью метода разностей. В отличие от всех счетных устройств, разработанных ранее (Паскалем, Лейбницем и др.), в машине Бэббиджа не требовалось вмешательство человека при переходе к расчету следующего значения функции. Машина Бэббиджа работала от пара и была полностью автоматической. В ее функции входило печатанье результирующих таблиц	Чарльз Бэббидж (1791—1871)
1884	Немецкий эмигрант Герман Холлерит (German Hollerith) запатентовал электромеханическую машину для вычисления (получившую название *счетно-аналитической*), использующую для ввода данных перфокарты. Данная машина задумывалась Г. Холлеритом как Census Machine (машина для переписи). Она по праву считается первой статистической машиной. Основная идея Холлерита состояла в том, чтобы представлять подлежащие обработке данные в виде отверстий в фиксированных местах перфокарты. Отверстия пробивались вручную на специальном перфораторе. Управление механическими счетчиками и сортировкой осуществлялось электрическими импульсами, возникающими при замыкании электрической цепи при наличии отверстия в перфокарте. В 1896 г. при очередной переписи населения в США была использована машина Г. Холлерита (Charles Flint)	Герман Холлерит (1860—1929)
1911	Американский монополист Чарльз Флинт, получивший от современников титул "отец трестов", купил компанию Г. Холлерита и объединил ее с двумя своими компаниями (одна производила часы, другая — пишущие машинки). 15 июня 1911 г. в Нью-Йорке была зарегистрирована новая корпорация, получившая название Computing Tabulating Recording (CTR), которая в 1924 г. была переименована в IBM	

Таблица В1 *(продолжение)*

1938	**Вычислительные машины на реле и электронных лампах**	
1938	Немецкий инженер Конрад Зусе (Konrad Zuse) закончил изготовление макета механической программируемой цифровой машины Versuchsmodell-1 (V-1) (поскольку данная аббревиатура совпала с названием немецких ракет V1, и тогда он переименовал свое творение в Z-1). Компьютер Z-1 имел клавиатуру для ввода условий задачи. Результаты расчетов показывались с помощью электрических ламп. Z-1 занимала площадь около 4 м^2. К. Зусе впервые в мире предложил использовать двоичную систему счисления в вычислительных машинах, ввел термин "машинное слово" (word) и объединил в вычислителе арифметические и логические операции. В Германии Z-1 называют первым в мире компьютером	 Механическая программируемая цифровая машина Z-1
1939	В США в университете штата Айова профессор Джон В. Атанасов (John Atanasoff) (болгарин по происхождению) вместе со своим ассистентом Клиффордом Берри (Clifford Berry) построил первый в мире электронный цифровой компьютер ABC (Atanasoff Berry Computer). Атанасовым были разработаны и запатентованы первые электронные схемы. Начавшаяся война не позволила полностью завершить проект	 Компьютер ABC
1944	В США завершилась работа над созданием машины "Mark-1" по проекту американского физика Говарда Айкена (Howard Aiken). Числа в машине хранились в регистрах, изготовленных из десятичных счетных колес. Подобных регистров было 72	
1945	**Компьютеры на электронных лампах**	
1945	Группа разработчиков Университета штата Пенсильвания: Д. В. Маучли (John W. Mauchly) и Д. П. Эккерт (J. Presper Eckert) завершили работу над созданием вычислительной машины ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Compute — электронный числовой интегратор и калькулятор). Работа над проектом началась в 1943 г., после детального ознакомления с проектом Атанасова. ENIAK представляла собой сложное инженерное сооружение длиной более 30 м, весом 30 т и занимала площадь около 300 м^2. Машина содержала около 18 тыс. электронных ламп, 1500 реле и 7200 кристаллических диодов.	 Д. В. Маучли (1907—1980)

Таблица В1 *(продолжение)*

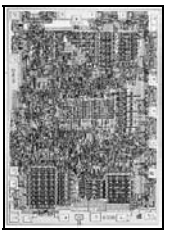
1945	**Компьютеры на электронных лампах**	
	Ввод данных осуществлялся с помощью перфокарт, а программное управление последовательностью выполнения операций осуществлялось с помощью штекерно-коммутационного способа. Следует также отметить, что впервые в названии вычислительного устройства появился термин Computer, который в дальнейшем прочно закрепился за вычислительными машинами	 Компьютер ENIAC
1949	Первый компьютер, в котором были воплощены принципы фон Неймана, был построен в 1949 г. в Кембриджском университете под руководством английского профессора Мориса В. Уилкса (Maurice Wilkes). Компьютер получил название EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer). EDSAC содержал 3000 электронных ламп и был в шесть раз производительнее своих предшественников. Морис Уилкс ввел систему мнемонических обозначений для машинных команд, названную языком ассемблера	 Компьютер EDSAC
1959	**Компьютеры на транзисторах**	
1964	Компания IBM представила на рынке компьютер System/360 — первый из семейства IBM-совместимых компьютеров и периферийного оборудования. Владельцы System/360 могли в случае необходимости модернизировать оборудование и программное обеспечение по частям, что давало существенную экономию средств. Принято считать, что IBM System/360 произвела революцию в компьютерном мире. Именно вместе с System/360 в обиход вышло слово совместимость	 Первый IBM-совместимый компьютер System/360
1965	**Компьютеры на интегральных микросхемах**	
1972	Корпорация Intel представляет микропроцессор i8008. Мощность этого процессора, по сравнению с его предшественником, возросла вдвое. По сообщению журнала "Radio Electronics", известный энтузиаст вычислительных технологий Дон Ланкастер (Don Lancaster) применил процессор i8008 в разработке прототипа персонального компьютера — устройства, которое упомянутый журнал назвал "гибридом телевизора и пишущей машинки". Использовалось оно в качестве терминала ввода/вывода	

Таблица В1 *(окончание)*

1974	**Компьютеры на микропроцессорах**	
1980	Руководство компании IBM приняло революционное решение о создании персонального компьютера открытой архитектуры: его составные части должны быть универсальными, чтобы иметь возможность модернизировать компьютер по частям	
1981	Компания IBM представила первый в мире персональный компьютер. Он был построен на базе микропроцессора i8088 с тактовой частотой 4,77 МГц, имел 64 Кбайт оперативной памяти и был оснащен дисководом для односторонних дискет 5,25 дюймов емкостью 160 Кбайт. Информация отображалась в текстовом режиме на 12-дюймовом монохромном мониторе. Компьютер работал под управлением 16-разрядной операционной системы MS-DOS 1.0, разработанной фирмой Microsoft. Цена IBM PC составляла около 2900 USD. Продажа IBM PC началась в октябре 1981 г. и уже к концу года было продано более 35 тыс. компьютеров	

Глава 1

Корпуса для компьютеров

Корпус для современного персонального компьютера — не только защитная коробка, но и "среда обитания", т. к. процессор, чипсеты, память и остальные составные блоки требуют сегодня специального режима охлаждения во время работы. Если это условие не выполняется, то высокопроизводительный компьютер работает неустойчиво и в крайнем случае может выйти из строя.

Если вспомнить, то первые процессоры линейки *x*86 не требовали принудительного охлаждения, и только при переходе к тактовой частоте выше 50 МГц потребовался специальный небольшой вентилятор для охлаждения кристалла процессора. В эти времена каких-то особых требований к корпусам компьютеров, кроме механической прочности, как правило, не предъявляли. Но появление мощных процессоров линейки Intel Pentium 4 с ядром Prescott, работающих на тактовой частоте в 3 ГГц, а потом многоядерных процессоров архитектур Intel Core и AMD64, рассеивающих иногда более 130 Вт тепла, привело к тому, что такая простая конструкция, как корпус компьютера, стала требовать к себе внимания не меньшего, чем конструкция системной платы. И, в первую очередь, вследствие того, что современные центральные процессоры, процессоры видеоадаптера, микросхемы чипсета, модулей памяти, блоки питания и винчестеры работают в чрезвычайно напряженном тепловом режиме. При этом даже небольшие нарушения в системе охлаждения, которые мало что значили для ныне морально устаревших компьютеров, теперь вызывают выход из строя дорогостоящих узлов. Чтобы не возникали такие проблемы, теперь требуется не только заботиться о радиаторе на процессоре, но и задумываться, как циркулирует охлаждающий воздух внутри корпуса. Последнее во многом зависит не только от разработчиков такого устройства, как традиционный корпус, но и от пользователей, которые должны понимать, как располагать периферийные платы, винчестеры и провода, чтобы циркуляция воздуха внутри компьютера осуществлялась правильно.

Таким образом, долгая и плодотворная жизнь персонального компьютера теперь во многом зависит от конструкции корпуса (шасси), в котором смонтированы все узлы системного блока. Соответственно, выбор процессора и системной платы следует делать одновременно с выбором корпуса, не откладывая это на потом.

Следует также отметить, что сегодня от персонального компьютера все чаще и чаще требуется не только вычислительная мощь, но и более "приземленные" составляющие: дизайн, удобство использования и небольшие габариты, позволяющие установить системный блок куда-нибудь подальше от монитора и клавиатуры, где он не будет мешать.

Корпус для персонального компьютера желательно выбирать в зависимости от того, где он будет располагаться. Здесь может быть несколько вариантов: рядом с монитором, в отсеке стола, на полу. Само же расположение системного блока диктует требования к уровню шума, который допустим для комфортной и длительной работы с компьютером. Значение уровня шума весьма важно, т. к. внутри корпуса работают два-три, а иногда чуть ли не десяток, мощных вентиляторов, да и скоростные винчестеры и приводы компакт-дисков могут создавать высокий уровень шума. Поэтому, например, для домашнего компьютера, предназначенного для мультимедийных приложений, желательно выбирать дорогостоящий корпус, имеющий механические приспособления, помогающие гасить вибрацию от работающих двигателей, и подавляющий до приемлемого уровня радиоизлучение, создающее помехи телерадиоприему и высококачественному воспроизведению звука.

Типы корпуса

За время развития компьютеров PC было разработано множество разновидностей корпусов. Правда, несмотря на различия корпусов по габаритам и дизайнерским изыскам, одни и те же системные платы и периферийные устройства можно установить в любой корпус без механических доработок, если внутренние размеры корпуса позволяют это сделать.

Вертикальные корпуса, в которых системная плата располагается на вертикальной стенке, носят следующие названия: Mini Tower, Middle Tower, Midi Tower и Big Tower. Самый большой корпус, Big Tower, специально разработан для серверов, а остальные имеют универсальное применение.

Для корпусов, выполненных в виде настольной конструкции (горизонтальное расположение), используются названия: Mini Desktop, Desktop и Full Desktop, из которых последний в настоящее время уже не встречается.

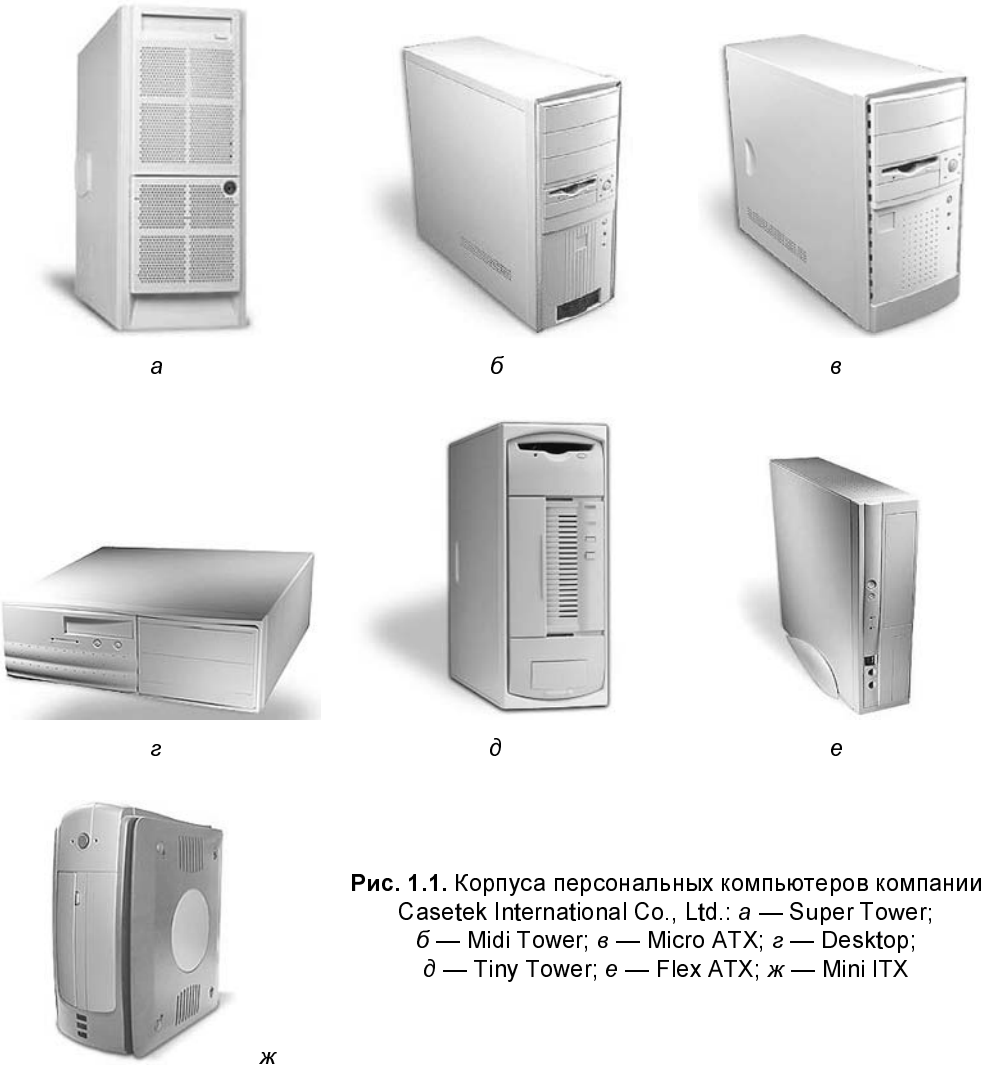


Рис. 1.1. Корпуса персональных компьютеров компании Casetek International Co., Ltd.: *а* — Super Tower; *б* — Midi Tower; *в* — Micro ATX; *г* — Desktop; *д* — Tiny Tower; *е* — Flex ATX; *ж* — Mini ITX

Отсутствие жесткой стандартизации для компьютеров PC позволяет производителям корпусов выпускать продукцию, которая даже для конкретной модели значительно отличается друг от друга по габаритам или способам сборки/разборки. Кроме того, ряд фирм оснащают свои корпуса различными дополнительными устройствами, например, замочками и защелками на

крышках, дополнительными панелями для интерфейсов. Поэтому привести здесь фотографии всех корпусов, их технические характеристики и дать даже краткое описание особенностей, многие из которых чисто субъективны, невозможно.

Для примера на рис. 1.1 изображен внешний вид корпусов для персональных компьютеров, производимых тайваньской компанией Casetek International Co., Ltd., которые используются многими российскими фирмами-сборщиками компьютеров.

Из особенностей малогабаритных корпусов следует отметить, что корпус Tiny Tower допускает как вертикальное, так и горизонтальное размещение, а в корпусе Flex ATX возможна установка плат PCI длиною не более 150 мм.

Низкопрофильные корпуса типа Slim — это малогабаритная разновидность корпусов Desktop (рис. 1.2), в которые можно устанавливать только низкопрофильные платы периферийных устройств. Для таких корпусов иногда используются различные аббревиатуры, например NLX или ITX.

Переодически становятся модными корпуса типа Booksize, являющиеся разновидностью корпуса Slim. Малогабаритные корпуса типа Slim и Booksize чаще всего могут устанавливаться и горизонтально, и вертикально. В ряде случаев, чтобы установить корпус вертикально, используется специальная подставка.

Рис. 1.2. Корпус Slim-Desktop компании Chenbro Micom

Последний дизайнерский изыск в корпусостроении — это окна в стенках корпуса (рис. 1.3), а то и прозрачные корпуса (рис. 1.4). Увы, хоть это вначале и радует глаз, но постоянное наблюдение за внутренностями компьютера не вызывает положительных эмоций. Подобные конструкции больше подходят для тех, кто экспериментирует с разгоном процессоров, т. к. для них очень важно постоянно видеть — а крутятся ли вентиляторы и прочее. В частности, можно вспомнить прозрачные корпуса iMAC корпорации Apple, которые, конечно, привлекают внимание, но все время смотреть на "потроха" компьютера особого желания ни у кого нет.

Рис. 1.3. Корпус с окнами в боковой стенке Gaming System компании Chenbro Micom

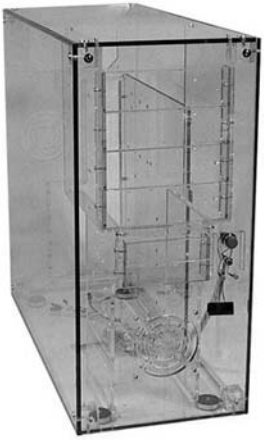


Рис. 1.4. Прозрачный корпус AC-MS01 Clear компании Cool Case Mods

Моноблочные конструкции, в которых системный блок, монитор и колонки совмещены в единую конструкцию, выпускаются рядом компаний, но в России такие компьютеры встречаются крайне редко. Исключение составляют компьютеры корпорации Apple, которые не совместимы с компьютерами линейки IBM PC.

Корпуса компьютеров, в большинстве случаев, изготавливаются из листовой стали (в информационных материалах такая сталь маркируется как SECC) толщиной 0,8 мм, а для серверов — толщиной 1 мм. Иногда для снижения цены и веса используется сталь толщиной около 0,5 мм, а корпуса из нее носят презрительное название "бумажных", т. к. в такой конструкции трудно обеспечить механическую жесткость, необходимую для крепления тяжеловесных систем охлаждения. Правда, при грамотном проектировании можно создать корпус, в котором будут удачно сочетаться небольшой вес корпуса и надежность механической конструкции.

В последнее время начали появляться корпуса, изготовленные из алюминиевого листа. Такие корпуса отличаются интересным дизайном и выглядят очень нарядными. К сожалению, вместо сварки при изготовлении корпуса приходится использовать заклепки, что значительно повышает цену изделия.

Для промышленного применения выпускаются корпуса (рис. 1.5), предназначенные для установки в 19-дюймовые стойки, в пылевлагозащищенном и виброударопрочном исполнении. Такие корпуса на боковых крышках имеют салазки, позволяющие устанавливать их в специальные шкафы. Эти шкафы

имеют свою собственную систему вентиляции. То есть, если нужно использовать компьютер в цеховых условиях, то применение офисного варианта не желательно.

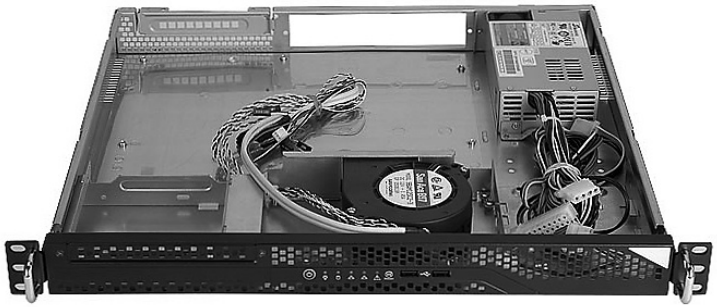


Рис. 1.5. Корпус для сервера, монтируемый в 19-дюймовую стойку, производства компании In Win

Корпус типа Desktop

Корпус Desktop (*Desktop* — письменный стол) был наиболее распространен до середины 90-х годов (рис. 1.6).

Рис. 1.6. Корпус типа Desktop

Самый существенный недостаток этих корпусов — они занимают много места на письменном столе. Но поскольку в старые времена мониторы были маленькими, то корпус использовался как подставка, позволяющая поднять экран до уровня глаз пользователя.

Корпуса типа Desktop, как правило, имели следующие размеры: ширина и длина около 45 см, высота около 20 см. Изначально корпус Desktop был предназначен для размещения в нем блока питания мощностью 150—250 Вт (такой мощности хватало для питания всех элементов PC тех лет) и всех компонентов, которые обычно требуются пользователю.

Корпус типа Tower

Корпус типа Desktop занимал на рабочем столе много места. Поэтому был разработан корпус типа Tower, который можно размещать под столом или в специальном отсеке мебели (рис. 1.7).

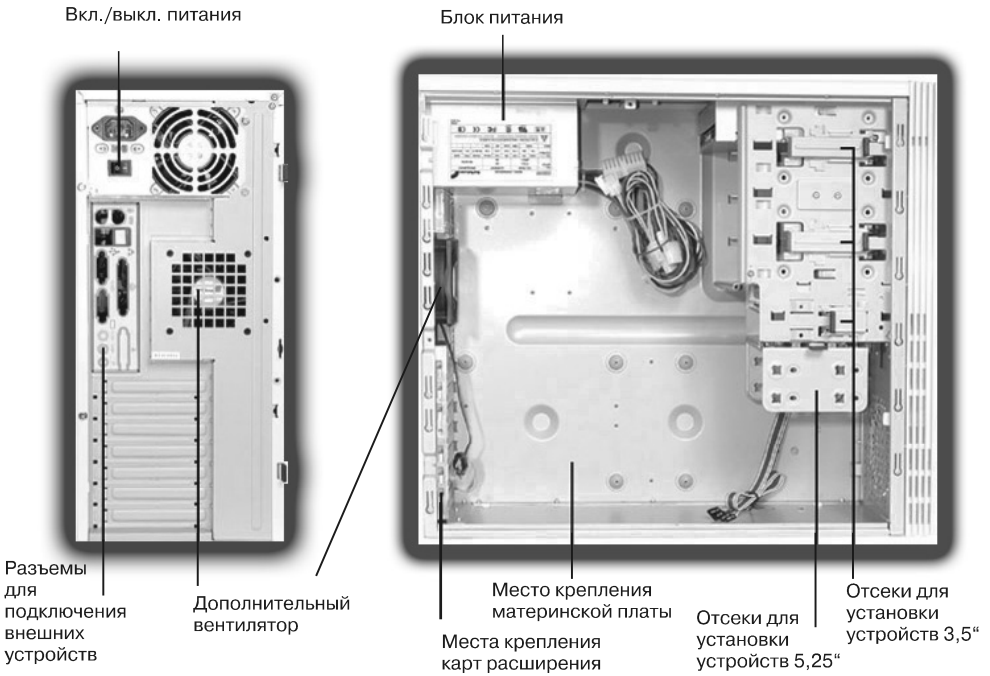


Рис. 1.7. Основные компоненты современного корпуса типа Tower

В настоящее время это наиболее популярный вариант корпуса, который выпускается в самых разнообразных вариантах.

Корпус типа Tower можно легко открыть. Этот корпус состоит из двух изогнутых в форме буквы U стальных листов, вставленных друг в друга. Встречаются два варианта, указанные ниже.

- В дешевых корпусах часть кожуха находится под фронтальной обшивкой. На обратной стороне по периметру (справа и слева) расположены три или четыре винта, которые фиксируют крышку на тыльной стороне корпуса. После удаления винтов крышку слегка приподнимают. Крышка выходит из нижней части корпуса. После этого легким рывком ее извлекают из фронтальной части корпуса.
- Альтернативу вышеописанной конструкции представляют корпуса, в которых боковая стенка может откидываться подобно крышке шкафа; однако для этого необходимо удалить два винта, обычно находящихся непосредственно на фронтальной обшивке или на тыльной части корпуса PC.

Корпуса типа Tower различаются по количеству отсеков для установки 5,25"-съемных устройств (приводов CD-ROM, DVD и др.) и отсеков для установки 3,5"-устройств (дисководов, HDD, Zip, Jaz и др.).

Корпус Mini-Tower можно сравнить с корпусом типа Desktop, установленным на бок. Габариты корпуса Mini-Tower (рис. 1.8) идентичны габаритам Desktop. В большинстве случаев Mini-Tower имеет два отсека для 5,25"-устройств, два отсека для 3,5"-устройств и блок для винчестера.

Рис. 1.8. Корпуса типа Desktop и Mini-Tower

Корпус типа Midi-Tower несколько больше Mini-Tower, его высота равняется примерно 50 см. В корпусе Midi-Tower вместо двух отсеков для привода 5,25" имеется три таких отсека, а в остальном конструктивные возможности сходны с возможностями корпуса Mini-Tower.

Корпус типа Slimline

Корпус типа Slimline относится к компактным корпусам (см. рис. 1.2). Такие корпуса незаменимы там, где дорог каждый сантиметр рабочего стола и где требуется PC, имеющий элементарный набор компонентов вычислительной системы. Это необходимо, например, в том случае, если персональный компьютер используется как рабочая станция локальной сети.

В корпус Slimline можно установить материнскую плату только определенного размера. При покупке Slimline необходимо убедиться, что материнская плата, которую вы намереваетесь использовать в PC, подходит по размеру к данному корпусу. Другим недостатком Slimline является то, что в нем использовано фактически все внутреннее пространство. Хотя при такой конструкции системного блока экономится место, если нужно заменить плату или другой компонент PC, приходится разбирать практически весь системный блок.

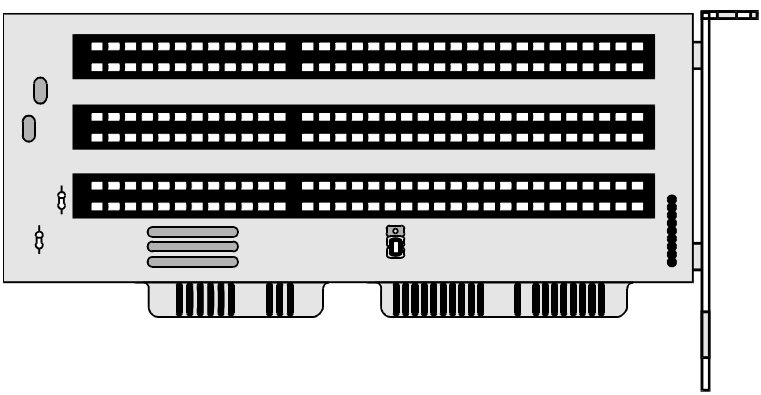


Рис. 1.9. Плата адаптера для корпуса типа Slimline

Почти все материнские платы, предназначенные для установки в корпус типа Slimline, не имеют слотов расширения. Для подключения дополнительных карт (видеоадаптера, контроллеров, звуковой карты и т. п.) используется спе-

циальная карта расширения системной шины — так называемая *карта адаптера* (рис. 1.9). Использование этой карты обусловлено необходимостью горизонтального размещения дополнительных компонентов PC из-за ограниченной высоты корпуса данного типа. С помощью платы адаптера можно установить от трех до пяти дополнительных карт расширения.

Форм-фактор корпуса

Для обеспечения совместимости продукции различных производителей, которые стали выпускать для компьютеров IBM PC самые разнообразные узлы, корпорация IMB выпустила в 1983 г. спецификацию для компьютеров IBM PC XT (eXtended Technology). В 1984 г. вышла доработанная спецификация, которая получила название AT (Advanced Technology). В спецификациях были подробно описаны габаритные размеры, способы крепления и расположения основных узлов в компьютерах типа IBM PC XT/AT. В дальнейшем спецификация AT или, как чаще сегодня говорят, форм-фактор AT дорабатывался, но сохранил основные положения, что позволяет установить в старый корпус современную материнскую плату и наоборот (только форм-фактора AT).

В июле 1995 г. корпорацией Intel была предложена новая спецификация ATX (Advanced Technology eXtended). В настоящее время эта спецификация принята всеми ведущими производителями PC. В спецификации ATX были учтены все технологические новинки в области процессоростроения. Особое внимание было уделено охлаждению процессоров, которые стали требовать активного способа отвода тепла от кристалла, но это же повлекло за собой изменение в расположении слотов для установки плат дополнительных устройств. Соответственно, хотя основные габаритные размеры корпусов и материнских плат существенно не изменились, но обратная совместимость узлов форм-факторов AT и ATX была потеряна, т. е. старые узлы форм-фактора AT можно установить в компьютер форм-фактора ATX, но обратная операция не всегда возможна.

Корпорация Intel в 2004 г. предложила новый вариант компоновки корпусов, который был назван *форм-фактором BTX* (Balanced Technology Extended). Внедрение этого стандарта до сих пор идет весьма туго, поэтому производители корпусов и системных плат предлагают единичные (пробные) варианты данной продукции.

Форм-фактор ATX

Форм-фактор (спецификация, стандарт) *ATX* (AT Extended Specification) был разработан с учетом тех нововведений, которые позволяют повысить потребительское качество компьютера. Спецификация ATX регулярно дорабатывается с учетом требований новых процессоров и других комплектующих узлов.

Основные достоинства форм-фактора ATX — это возможность включения и выключения компьютера по командам операционной системы или запросам из локальной сети, использование силовой цепи 3,3 В для питания процессора (процессор, как правило, питается от цепи +12 В через преобразователь напряжения) и периферийных устройств, что снижает потери электрического тока на нагревание воздуха стабилизаторами системной платы, которые обязаны обеспечить процессор и модули напряжением 1—2—3,3 В.

Кроме того, интегрированные на системную плату порты IDE, LPT, COM позволили отказаться от лишних интерфейсных плат, сократить количество и длину информационных линий, что дало производителям возможность уменьшить стоимость готовых компьютеров.

Одним из достоинств стандарта ATX в начальный период его разработки считалось перенесение сокета процессора из области слотов для плат расширения, что было традиционным для стандарта AT. К сожалению, стремительное увеличение мощности процессоров потребовало громоздких систем охлаждения, которым в наиболее популярных типах корпусов стало не хватать места под блоками питания. В итоге появилась проблема — как разместить блок питания и радиатор с вентилятором, учитывая, что все три эти компонента для современных компьютеров имеют весьма внушительные размеры.

Еще одним из нововведений стандарта ATX явилось то, что охлаждающий воздух (через блок питания) вдувался внутрь корпуса компьютера, как это требовалось по канонам радиотехники. Увы, воздух, нагретый в блоке питания, дополнительно нагревал процессор. Из-за такой проблемы вновь пришлось вернуться к традиционному для компьютеров PC методу охлаждения — вентилятор блока питания выдувает нагретый воздух из корпуса. Для решения проблемы очень мощных (по рассеиваемому теплу) процессоров, винчестеров и видеокарт, как правило, на лицевой стороне корпуса устанавливается дополнительный вентилятор, который нагнетает воздух внутрь.

Для крепления системных плат стандарт ATX оговаривает расположение отверстий в корпусе под установку монтажных стоек, как это показано на

рис. 1.10. В табл. 1.1 приведены различия для форм-факторов ATX, MicroATX и FlexATX (существуют и другие модифицированные варианты форм-фактора ATX). Заметим, что допускается не крепить системную плату за все монтажные отверстия, если отверстий в корпусе для них нет, но точки крепления в области интерфейсных разъемов и процессора в обязательном порядке должны быть использованы для надежной фиксации платы.

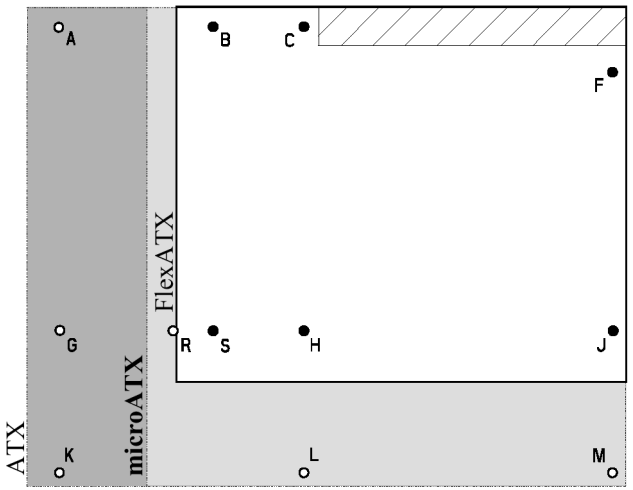


Рис. 1.10. Расположение отверстий в корпусе для системных плат

Таблица 1.1. *Различия в расположении отверстий в корпусе для системных плат*

Форм-фактор	Отверстия
ATX	A, C, F, G, H, J, K, L, M
MicroATX	B, C, F, H, J, L, M, R, S
FlexATX	B, C, F, H, J, S

Примечание

В документах "ATX Specification" версий 2.1 (2002 г.) и 2.2 (2003—2004 г.), опубликованных корпорацией Intel, описываются только форм-факторы ATX и MicroATX.

Глава 2

Блок питания

Прежде чем перейти к описанию особенностей блока питания персонального компьютера, отметим одно важное обстоятельство, которое следует учесть. В конструкции блока питания нет ни деталей, ни элементов, которые требовали бы обслуживания за исключением вентилятора. При поломке блока питания не пытайтесь самостоятельно его отремонтировать.

> ***Внимание!***
>
> Неквалифицированное вмешательство в работу блока питания может привести к выходу из строя всех компонентов PC.

Основная задача блока питания (рис. 2.1) — это преобразование напряжения сети 220—240 В в напряжение питания конструктивных элементов компьютера ±12, ±5, ±3,3 В (табл. 2.1). Кроме того, следует отметить, что вентилятор блока питания и вентиляционные отверстия в корпусе блока питания играют немаловажную роль в формировании воздушного потока, охлаждающего элементы компьютера. Вид традиционного блока питания со снятой крышкой показан на рис. 2.2.

Таблица 2.1. *Выходные напряжения блока питания ATX*

Номинальное, В	Допуск, %	Минимальное, В	Максимальное, В
+12	±5	+11,40	+12,60
+5	±5	+4,75	+5,25
+3,3	±5	+3,14	+3,47
–12	±10	–10,80	–13,20
+5 (+5VSB)	±5	+4,75	+5,25

При покупке корпуса следует помнить, что производители всегда комплектуют свои корпуса блоками питания. Обычно при этом используется продукция специализированных фирм, которые изготавливают стандартные блоки питания для компьютеров. Но ряд корпусов, в частности нетрадиционного дизайна, могут комплектоваться специально разработанным для данного корпуса блоком питания. Соответственно, следует обязательно покупать корпус в комплекте с фирменным блоком питания.

Рис. 2.1. Современные блоки питания

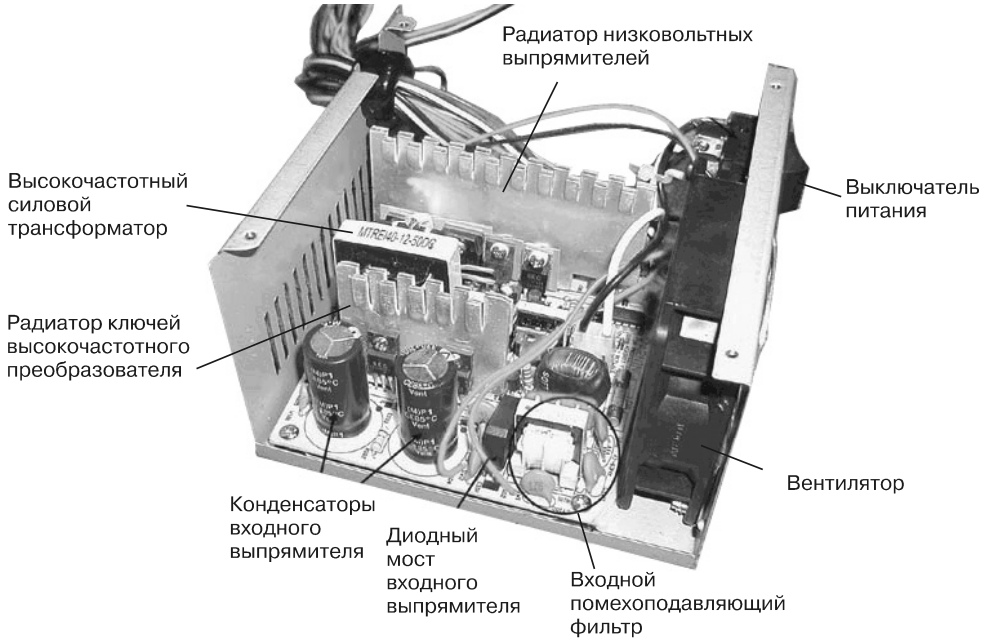


Рис. 2.2. Блок питания со снятой защитной крышкой корпуса

Для обеспечения необходимого температурного режима в блоке питания размещен вентилятор. Из-за пыли, со временем накапливающейся в блоке питания, вентиляция становится менее эффективной. Одно из правил электроники гласит: "чем выше температура, тем короче срок службы элемента". Нередко при эксплуатации в сильно запыленном помещении блок питания полностью приходит в негодность вследствие перегрева его элементов. Если все-таки компьютер нужен для работы именно в таких неблагоприятных условиях, следует использовать более дорогой корпус, на передней панели которого имеются вентиляционные отверстия со специальными фильтрами. Эти фильтры необходимо регулярно менять.

Размеры и форма блока питания определяются конструкцией корпуса. Существует множество модификаций блоков питания каждого типа. Все они также различаются выходными мощностями.

Мощность источника питания компьютера должна полностью, и даже с некоторым запасом, обеспечивать энергопотребление всех подключенных к нему устройств. Чем больше устройств может быть установлено в системный блок, тем бóльшую мощность должен иметь блок питания. Для справки скажем, что, в зависимости от типа корпуса и его назначения мощность блока питания составляет 150, 200, 300, 350, 400, 500 Вт (возможны и другие варианты, а в последнее время появились "монстры" мощностью более 1 кВт). Если еще пару лет назад от блока питания для большинства случаев требовалось 250 Вт или максимум 300 Вт, то сегодня для среднего по характеристикам компьютера нужен блок питания не менее 350 Вт, а лучше 400 Вт. В том случае, если пользователь хочет установить мощную видеокарту и много дополнительного оборудования, то даже 500 Вт будет мало. Для компьютеров с двумя видеоадаптерами форм-фактора PCI-E уже потребуется специальный блок питания мощностью в 620—1200 Вт.

Подключение блока питания к сети

Перед включением блока питания обязательно проверьте его переключатель напряжения (с обратной стороны корпуса). Он должен быть переведен в положение, соответствующее напряжению сети, принятому в данной стране. Этот переключатель обеспечивает работу блока питания при напряжении 210—240 В или 110—130 В. Если переключатель напряжения установлен неправильно (для нашей страны — это положение 110—130 В), при включении компьютера есть вероятность навсегда распрощаться с блоком питания.

Примечание

При подключении блока питания, привезенного из США, следует уточнить, как производитель допускает подключать блок питания к разным сетям, возможно, на монтажной плате блока питания имеется перемычка, которую следует установить в то или иное положение.

Блок питания ATX

В начальном стандарте ATX все необходимые для работы напряжения питания подаются через один 20-контактный двухрядный разъем ATXPWR1, который имеет ключ, и поэтому его нельзя состыковать неправильно с розеткой на системной плате (рис. 2.3). (Разводка разъемов питания в соответствии с форм-фактором ATX версии 2.1 включает версии ATX12V, SFX12V и TFX12V.)

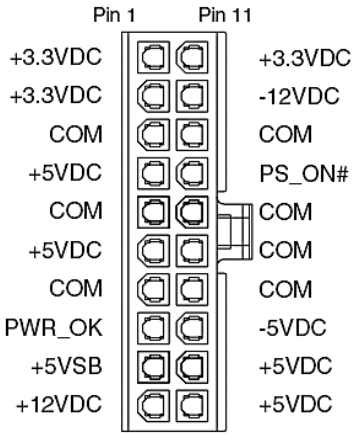


Рис. 2.3. 20-контактный разъем питания

Для питания современных компьютерных систем 20-контактный разъем питания был модифицирован до 24 контактов EATXPWR (рис. 2.4), но в 24-контактный разъем на системной плате можно вставить 20-контактный разъем от блока питания (разумеется, что лучше этого не делать, т. к. процессор может не запуститься!). Производители, чтобы сократить свои расходы, сегодня выполняют 24-контактный разъем питания из двух половинок —

20-контакная и 4-контактная, что позволяет подключать блок питания как к старым платам с 20-контакным гнездом питания, так и к новым.

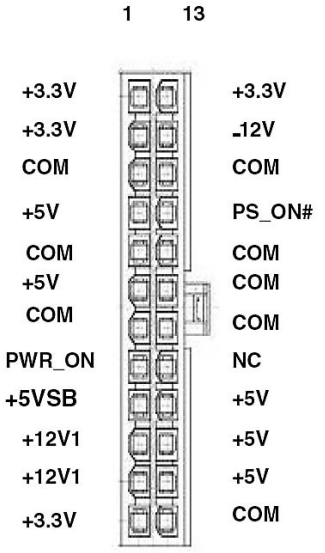


Рис. 2.4. 24-контактный разъем питания

Для питания современных мощных процессоров по спецификации ATX12V в блоке питания предусмотрена 4-контактная вилка ATX12V1, через которую подается напряжение +12 В на розетку (рис. 2.5, *а*), установленную на системной плате рядом с импульсным преобразователем. Правда, в последнее время и этот разъем подвергся модернизации, теперь для наиболее потребляющих систем количество контактов в разъеме на системной плате увеличилось до 8 — 2□4 — контактов EATX12V (рис. 2.5, *б*).

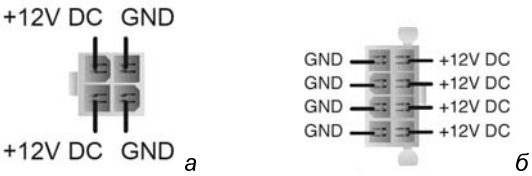


Рис. 2.5. Дополнительный разъем питания для цепи +12 В:
а — 4-контактный; *б* — 8-контактный

Охлаждение блока питания

Совсем недавно, еще в эпоху процессоров 486, единственный вентилятор (cooler) в персональном компьютере находился в блоке питания. Причем за его исправностью практически можно было не следить — лишь бы как-то крутился. Теперь количество самых разнообразных радиаторов и вентиляторов в персональном компьютере достигает десятка штук! А стоимость радиатора с вентилятором для мощного процессора, рассеивающего 130 Вт тепловой мощности, сравнима со стоимостью пишущего дисковода DVD.

В блоках питания могут применяться два типа вентиляторов: с двигателями переменного тока, работающими от сети 220 В, и постоянного тока, питающимися от цепи +12 В.

На рис. 2.6 показан общий вид вентилятора для блоков питания, он точно такой же, какие устанавливают для дополнительного охлаждения корпуса. Основное назначение вентилятора в блоке питания — это принудительно охлаждать радиаторы транзисторов импульсного преобразователя и выпрямительных диодов.

Двигатель вентилятора расположен в ступице крыльчатки. Корпус и крыльчатка выполнены из пластмассы, а стальная ось вращается в подшипнике скольжения (шарикоподшипники стараются не применять из-за повышенного уровня шума, но иногда производитель использует специальные малошумящие типы).

При замене вентилятора в блоке питания следует выбирать наименее шумящий тип, т. к. его электромотор с крыльчаткой — один из основных источников шума в персональном компьютере. Наименее шумящие вентиляторы имеют гнутые серповидные, а не прямые, лопасти. Обратите внимание также на диаметр лопастей, поскольку используется самые разнообразные по габаритам модели.

Рис. 2.6. Дополнительные вентиляторы

Для уменьшения шума следует использовать вентиляторы, которые имеют скорость вращения крыльчатки примерно 2000 об./мин. Конечно, можно уменьшить скорость вращения, если вместо 12 В на мотор подавать напряжение 5 или 7 В (включив вентилятор между цепями +5 и +12 В), но при этом следует понимать, что надежность системы в данном случае падает, т. к. по мере изнашивания подшипников и оседания пыли электромотор может в какой-то момент не сдвинуть крыльчатку с места из-за нехватки мощности.

На рис. 2.7 показана примерная схема теплового режима узлов компьютера внутри корпуса. На рис. 2.8 отмечены места установки дополнительных вентиляторов в корпусах компьютеров, предназначенных для офисного и домашнего использования; для экстремальных конфигураций компьютера, например для игровых систем, используются более сложные схемы охлаждения.

Ремонт

Некоторые умельцы приобретают дефектные блоки питания. Наш совет: никогда не делайте этого. Даже специалисты ремонтируют блоки питания в редких случаях, поскольку из-за одной неисправности обычно повреждаются многие конструктивные элементы блока питания.

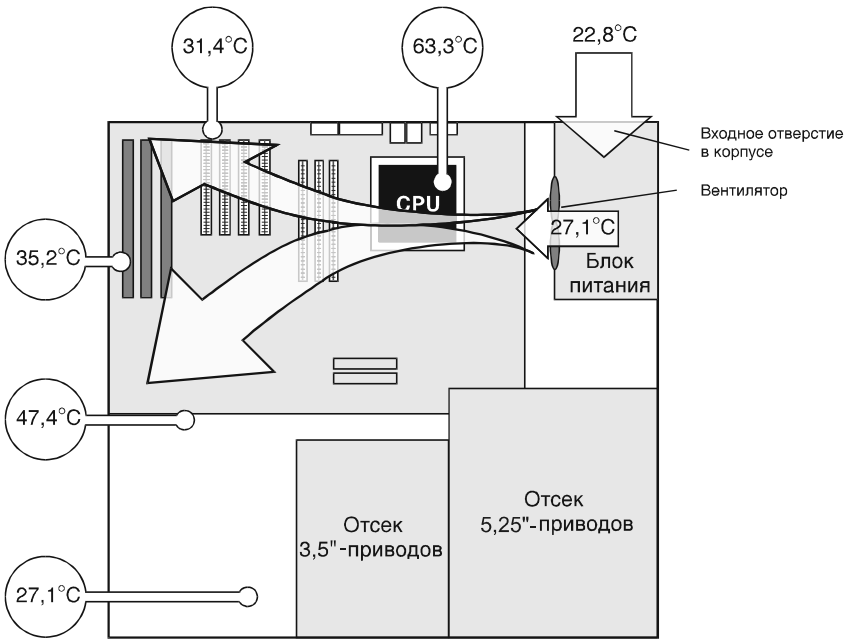


Рис. 2.7. Температурный режим внутри корпуса ATX

Рис. 2.8. Места установки дополнительного вентилятора: для охлаждения процессора (1) и материнской платы с картами расширения (2)

UPS

Бесперебойная работа любого электротехнического оборудования зависит от стабильности параметров промышленной сети. Стабильность параметров сети выражается в сетевых помехах, основными из которых являются высоковольтные импульсные броски напряжения (до 3 кВ), периодические броски напряжения меньшей амплитуды, долговременное падение уровня напряжения до 150—170 В, периодические спады напряжения при подключении мощного оборудования, нестабильность частоты, кратковременные перебои подачи напряжения и т. п. Все эти помехи влияют на работоспособность PC и могут привести к потере данных, к перегреву, зависанию, вплоть до полного выхода из строя. Единственной защитой компьютера и иного оборудования от сетевых помех являются источники бесперебойного питания (рис. 2.9) (*Uninterruptible Power Supply, UPS*).

В зависимости от принципа действия различают следующие три типа UPS.

- UPS архитектуры *off-line*. В сетевом режиме UPS off-line питает PC через ветвь, содержащую только входной фильтр (рис. 2.10). Одновременно зарядное устройство UPS подзаряжает аккумуляторные батареи. Если подача электроэнергии прекратилась или напряжение в сети стало ниже некоторой допустимой величины, то UPS включает питание от батарей. Поскольку питание PC и периферийного оборудования обеспечивается напряжением промышленной сети переменного тока, постоянное напря-

жение аккумуляторной батареи должно быть преобразовано в переменное со значением, соответствующим номинальному значению напряжения сети. Для этого в UPS используется специальное устройство — инвертор. Среди достоинств UPS off-line стóит отметить простоту схемного решения, дешевизну, минимальные габариты и вес. Эти источники целесообразно использовать для защиты персональных компьютеров, периферийного оборудования, бытовой оргтехники.

Рис. 2.9. Внешний вид UPS

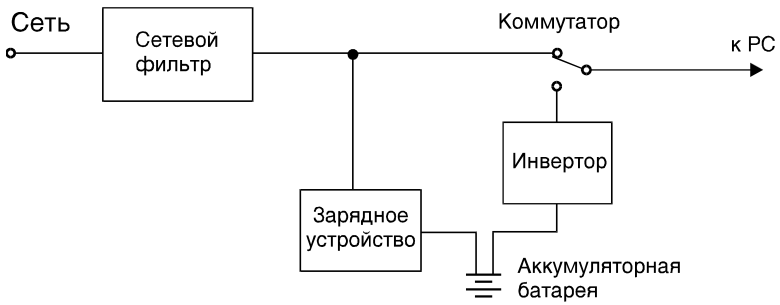


Рис. 2.10. Структурная схема UPS типа off-line

- UPS архитектуры *on-line*. UPS этого типа еще называют источниками с двойным преобразованием. В них входное переменное напряжение с помощью выпрямителя преобразуется в постоянное и поступает на высокочастотный (ВЧ) преобразователь (рис. 2.11). С выхода ВЧ-преобразователя напряжение высокой частоты поступает на инвертор и с него на выход устройства. Необходимость применения ВЧ-преобразователя обусловлена тем, что значительные изменения напряжения сети преобразуются в относи-

тельно небольшие изменения частоты ВЧ-сигнала на его выходе. Дело в том, что электроника PC более критична к изменению уровня питающего сетевого напряжения, чем к его частоте. Зарядное устройство и аккумулятор подключены непосредственно к выходу UPS. Этим достигается малое время переключения и стабильность параметров выходного переменного напряжения UPS. Кроме того, конструкция UPS типа on-line обеспечивает гальваническую развязку между промышленной сетью и блоком питания PC. Источники бесперебойного питания архитектуры on-line имеют более высокую стоимость и применяются, когда необходима надежная и качественная защита жизненно важного оборудования, часто работающего круглосуточно (например, серверы сетей, медицинское оборудование, персональные компьютеры, выполняющие особо важные функции).

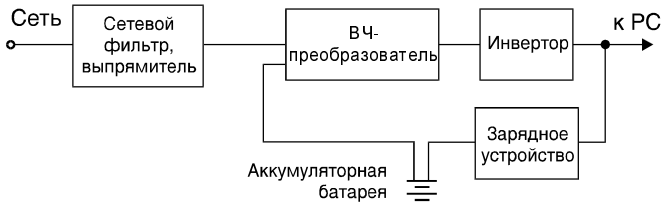


Рис. 2.11. Структурная схема UPS типа on-line

- UPS гибридной архитектуры *(line interactive UPS)* являются усовершенствованием UPS типа off-line. Их отличительная особенность в том, что инвертор непрерывно подключен к выходу (рис. 2.12).

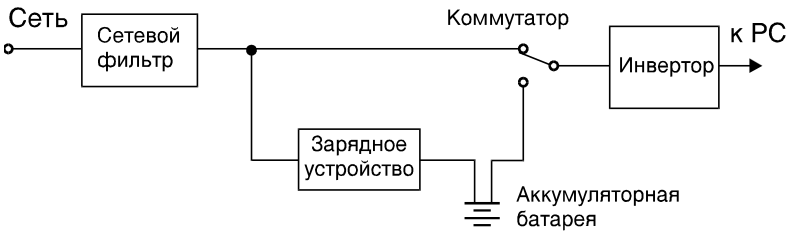


Рис. 2.12. Структурная схема UPS типа line interactive

Примечание

Не рекомендуется экономить на установке источников бесперебойного питания при развертывании больших вычислительных систем.

Глава 3

Индикаторы, переключатели и разъемы

На корпусе персонально компьютера установлено всего несколько кнопок и индикаторов, которые предназначены для системных целей, т. е. для включения и выключения компьютера, контроля за его состоянием и выполнения аварийных работ. В последнее время к стандартному набору элементов управления, на лицевую панель корпуса устанавливают дополнительные разъемы для мультимедийных целей. Пример расположения индикаторов, кнопок и разъемов на фальшпанели современного корпуса PC приведен на рис. 3.1.

Рис. 3.1. Пример расположения индикаторов, кнопок и разъемов на фальшпанели корпуса PC

На лицевой стороне системного блока расположена большая кнопка Питание (Power), которая служит для включения и выключения питания. Для корпусов форм-фактора AT эта кнопка коммутирует цепь питания 220 В, как это делается традиционно во всех бытовых электроприборах. А вот для корпусов форм-фактора ATX, в отличие от привычного нам действия, эта кнопка не разрывает цепь 220 вольт, а вырабатывает сигнал управления для внутреннего блока питания. По этому сигналу блок питания изменяет режим своей работы: переход из дежурного режима в рабочий и из рабочего режима в дежурный.

При включении компьютера на системном блоке зажигается зеленый светодиодный индикатор Питание (Power). Дополнительно на лицевой панели системного блока расположено несколько небольших кнопок и светодиодных индикаторов, из которых только индикатор HDD и кнопка Reset имеют полезное назначение. В частности, в новых корпусах имеются только эти две кнопки и два индикатора, а остальные являются признаком морально устаревшего компьютера.

У совсем устаревших компьютеров рядом с кнопкой Reset располагается кнопка Turbo, которая последние 10 лет не выполняла никаких полезных функций и устанавливалась только в силу традиции и совместимости с первыми компьютерами IBM PC XT/AT. Рядом с этой кнопкой всегда был расположен одноименный светодиодный индикатор.

Для подключения внешних устройств (монитора, принтера, клавиатуры, мыши, звуковых колонок и др.) на корпусе компьютера имеются специальные разъемы, которые располагаются на задней стороне корпуса (в некоторых корпусах отдельные разъемы выведены на лицевую панель).

В соответствии со спецификацией PC99 все разъемы на материнской плате и картах расширения должны иметь цветовую маркировку (табл. 3.1).

Таблица 3.1. *Цветовая маркировка разъемов PC*

Разъем	**Цвет**
Аналоговый монитор VGA	Синий
Аудиовход	Светло-синий
Аудиовыход	Зеленого лимона
Видеовыход	Желтый
Клавиатура PS/2	Фиолетовый

Таблица 3.1 (окончание)

Разъем	Цвет
Колонки/сабвуфер	Оранжевый
Микрофон	Розовый
Мышь PS/2	Зеленый
Параллельный порт	Красно-коричневый
Последовательный порт	Сине-зеленый или бирюзовый
Цифровой монитор	Белый
IEEE 1394	Серый
MIDI/Gameport	Золотой
USB	Черный
SCSI, сеть, модем и др.	Нет

Подключение индикаторов и органов управления к материнской плате

Для подключения индикаторов и органов управления к системной плате она имеет контактное поле со штырьковыми выводами (рис. 3.2), к которым присоединяются все разъемы (рис. 3.3), идущие от электронных элементов лицевой панели корпуса, в т. ч. и от динамика (рис. 3.4, *а*).

Традиционно контактное поле расположено в углу системной платы, хотя могут быть и варианты. Кроме того, возможно использование 3- или 4-рядного контактного поля. Для наиболее современных решений системных плат расположение, количество и назначение разъемов могут меняться, хотя принцип компоновки, в какой-то степени, остается прежним.

Примечание

На ряде системных плат динамик установлен прямо на их поверхности. Обычно он выполнен в виде небольшого пластмассового цилиндра с отверстием на торце (рис. 3.4, *б*). Громкость такого динамика невелика!

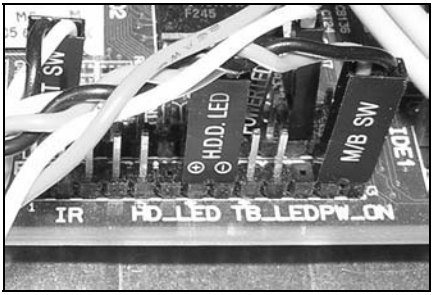


Рис. 3.2. Разъемы для подключения выключателей и индикаторов лицевой панели

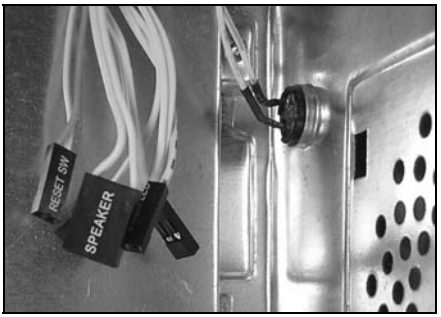
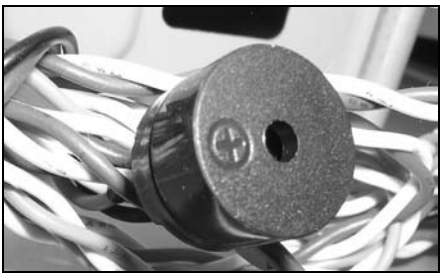


Рис. 3.3. Разъемы органов управления корпуса компьютера

а



б

Рис. 3.4. Корпус компьютера: *а* — динамик; *б* — малогабаритный динамик

Индикатор работы винчестера

Светодиодный индикатор (*Light Emiting Diode, LED*) работы винчестера (может быть зеленого, желтого или красного свечения) обычно размещен на передней панели корпуса и служит для контроля работы винчестера. Каждое обращение к винчестеру сопровождается загоранием индикатора, обычно

обозначаемого на панели управления системного блока как HDD. Пусть вас не пугает, что индикатор винчестера горит не постоянно, а периодически вспыхивает. Дело здесь не в плохом контакте, а в визуальном отображении быстрого обращения к винчестеру.

Индикатор включения PC

Индикатор включения PC должен всегда загораться при включении компьютера. Кабель этого индикатора маркируется в большинстве случаев зеленым цветом. Речь идет о двухжильном проводе, который заканчивается трехштырьковым штекером, причем средний штырь не задействован. Цвет кабеля соответствует цвету индикатора — зелено-черный или зелено-белый кабель.

Обычно кабель индикации включения питания PC объединяют с кабелем KeyLock (кабель блокирования клавиатуры PC). В этом случае кабель снабжается пятиштырьковым разъемом. Изготовители материнских плат, как правило, подписывают все места подключения разъемов к материнской плате, поэтому соответствующую клемму можно найти без проблем. Место подключения разъема KeyLock можно легко определить даже без маркировки. Поищите на материнской плате однорядную планку с пятью штырьками, причем один из пяти штырьков отсутствует. Этот отсутствующий штырь является своеобразным ключом для правильного подключения разъема.

Так как этот штекер не имеет направляющих, велика вероятность подключить его неправильно. Результатом этой ошибки будет отсутствие индикации работы. В этом случае надо развернуть штекер на 180□.

Сетевой переключатель

Обычно сетевой переключатель уже соединен с блоком питания. Если это не так, следует воспользоваться инструкцией по эксплуатации и подключить его.

> ***Внимание!***
>
> При покупке обращайте внимание на то, чтобы переключатель был соединен с блоком питания. Если инструкции нет, то подключение сетевого переключателя доверьте специалисту. Из-за широкого разнообразия блоков питания не существует единой цветовой маркировки клемм сетевого переключателя. Будьте предельно осторожны при его подключении! Речь идет о напряжении сети 220—240 В.

Путем включения компьютера с помощью сетевого переключателя осуществляется *холодный старт* PC, т. е. запуск системы из состояния покоя (холодного состояния). При холодном старте перед повторным включением компьютера следует подождать не менее полминуты, т. к. механика приводов требует определенного времени для полной остановки.

> ***Внимание!***
>
> Частое включение и выключение компьютера без пауз посредством сетевого переключателя может привести к серьезным повреждениям приводов дисководов и винчестера.

После включения PC в течение примерно 0,3—0,5 с выполняется самотестирование блока питания. В случае если все уровни напряжений питания находятся в допустимых пределах, на материнскую плату поступает сигнал Power_Good. Этот сигнал подается на материнскую плату, где микросхемой тактового генератора формируется сигнал начальной установки процессора.

При отсутствии сигнала Power_Good микросхема тактового генератора будет постоянно подавать на CPU сигнал начальной установки, не позволяя PC работать при "нештатном" или нестабильном напряжении питания. При поступлении сигнала Power_Good на генератор сигнал начальной установки процессора выключится и начнется выполнение программы тестирования PC (*Power On Self Test, POST*), записанной в ROM BIOS. После удачного завершения тестирования произойдет загрузка системы.

В некоторых дешевых блоках питания схемы формирования сигнала Power_Good нет вообще, и эта цепь просто подключена к источнику напряжения питания +5 В.

Одни материнские 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 после замены материнской платы PC 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, т. к. часто оказывается, что "виноват" блок питания: либо он не обеспечивает достаточную мощность для питания новой материнской платы, либо не подведен или неправильно формируется сигнал Power_Good. В такой ситуации лучше всего попробовать подключить материнскую плату к другому блоку питания.

Переключатель Reset

Переключатель Reset (Сброс) служит для перезапуска PC. Это так называемый *горячий старт*, который очень похож на холодный старт, но (в отличие от холодного старта) при нажатии кнопки Reset компоненты PC остаются под напряжением.

С помощью Reset осуществляется прерывание сигнала Power_Good. При этом формируется сигнал сброса и повторяется последовательность событий, происходящих при холодном старте PC.

Результат нажатия кнопки Reset внешне похож, но не аналогичен нажатию комбинации клавиш <Ctrl>+<Alt>+<Del>. После нажатия этой комбинации клавиш не выполняется процедура POST, а просто происходит перезагрузка операционной системы. При серьезном зависании системы горячий старт выполняется не всегда после нажатия клавиш <Ctrl>+<Alt>+<Del>.

В некоторых корпусах имеется сдвоенный переключатель Reset. Двухжильный кабель подключения, как правило, маркируется красно-белым цветом. Место подключения разъема на материнской плате отмечено символами RES или RESET. Полярность подключения здесь не важна.

Переключатель KeyLock

Некоторые корпуса оборудованы специальным переключателем (замком) для включения (отключения) клавиатуры. В этом случае в комплекте с корпусом поставляется небольшой ключ. *Переключатель KeyLock* очень просто подключается к материнской плате с помощью двух неиспользованных штырей на планке для подключения индикатора питания PC, причем так же, как и для кнопки Reset, полярность не играет никакой роли.

С помощью ключа KeyLock вы можете закрыть доступ в систему путем отключения клавиатуры. Теоретически — неплохо, практически же эта защитная функция для грамотного взломщика не создаст абсолютно никакого препятствия по двум причинам. Во-первых, вскрыв корпус PC, легко получить доступ к самому переключателю, "закоротив" выводы которого, можно отключить блокировку клавиатуры; во-вторых, ключи в стандартном исполнении бывают, максимум, трех или четырех видов. Ключ вашего замка PC подойдет, вероятно, еще к сотням тысяч других компьютеров.

Глава 4

Материнская плата — основной компонент PC

Материнская плата (*Motherboard*) является основным компонентом каждого PC. Ее также называют *главной* (*Mainboard*) или *системной* платой. Это не только "сердце компьютера", но и самостоятельный элемент, который управляет внутренними связями и с помощью системы прерываний взаимодействует с внешними устройствами. В этом отношении материнская плата является элементом внутри PC, влияющим на производительность компьютера в целом. Супербыстрый винчестер или высокопроизводительная графическая карта нисколько не смогут повысить его производительность, если тормозится поток данных к материнской плате и от нее.

Материнская плата является главной платой PC, на которой размещаются все его основные элементы, линии соединения и разъемы для подключения внешних устройств.

Тип установленной материнской платы определяет общую производительность системы, а также возможности по модернизации PC и подключению дополнительных устройств.

Существует огромное количество фирм — производителей материнских плат. Наиболее известными в России, в настоящее время, являются Intel, ASUSTek, MSI, а также ряд других китайских компаний.

Для примера на рис. 4.1 представлена материнская плата, разработанная под процессор Intel Core i7, с элементами, которые в том или ином виде находятся на материнской плате вашего PC.

- Сокет для процессора (обозначен как LGA1366), установленный в специальный разъем. Как правило, на процессор устанавливается радиатор с вентилятором, которые на рисунке не показаны.

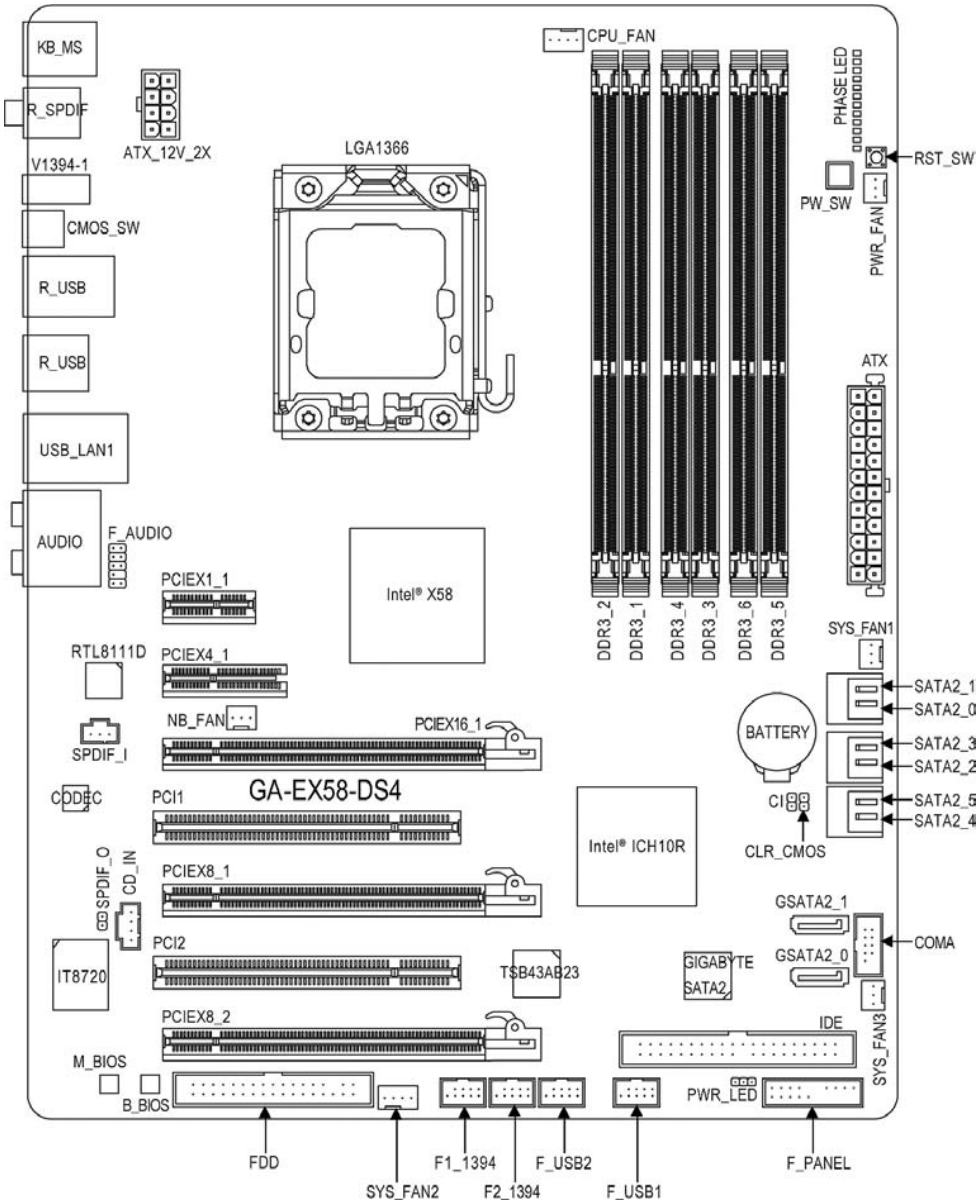


Рис. 4.1. Системная плата GA-EX58-DS4 производства компании Gigabyte для процессоров Intel Core i7 с сокетом LGA1366

- Разъемы (слоты) для установки модулей оперативной памяти. В настоящее время используются разъемы со 184 или 240 контактами — для мо-

дулей DIMM DDR. Количество и тип разъемов зависит от типа материнской платы.

- Разъемы (слоты) для установки карт расширения. До недавнего времени на материнских платах имелись разъемы для карт стандарта ISA, PCI и AGP. Однако в соответствии со спецификацией PC 2001 на современных материнских платах разъем ISA как правило отсутствует, а AGP уступил место PCI Express. Наличие разъемов и возможность установки в них любых карт расширения (видеоадаптера, звуковой карты, модема, карты АЦП и др.) определяют открытую архитектуру PC.
- Микросхема перепрограммируемой памяти (EEPROM), в которой хранятся программы BIOS, POST, программа загрузки операционной системы, драйверы устройств, начальные установки (CMOS Setup) и т. п. На рисунке микросхема обозначена как "M_BIOS".
- Разъемы для подключения накопителей HDD, FDD, CD-ROM, последовательные порты для подключения периферийных устройств (мышь, модем и др.).
- Набор микросхем (Chipset) высокой степени интеграции для управления обменом данными между всеми компонентами PC (обозначен как Intel X58 и Intel ICH10R).
- Аккумуляторная батарея для питания микросхемы памяти CMOS, в которой хранятся текущие настройки BIOS (CMOS Setup) и электронного таймера (системных часов).

Все компоненты материнской платы связаны друг с другом системой проводников (линий), по которым происходит обмен информацией. Эту совокупность линий называют *информационной шиной* или просто *шиной* (*Bus*) (*см. главу 5*).

Взаимодействие между компонентами и устройствами PC, подключенными к разным шинам, осуществляется с помощью так называемых *мостов*, реализованных на одной из микросхем чипсета.

Типоразмеры материнской платы

Размеры материнской платы нормированы. Также стандартизованы и отверстия внутри платы, которые соединяют ее с дном корпуса. Поэтому говорят не о размерах, а о *типоразмерах* материнских плат. Размеры плат представ-

лены в табл. 4.1. В таблице для примера даны размеры родоначальников современных материнских плат FullSize и Baby-AT.

Таблица 4.1. *Характерные размеры материнских плат*

Обозначение	Размер, см	Замечание
FullSize	35,6□30,5	Устаревший
Baby-AT	33,0□22,5	Устаревший
HalfSize (2/3 Baby-AT)	24,4□21,8	Мини-плата для PC с CPU 386 и 486; пригодна для корпуса Slimline
LPX	33,0□22,9	Для корпусов уменьшенной высоты и Slimline
Mini-LPX	26,4□20,1	Для корпусов уменьшенной высоты и Slimline
ATX	30,5□24,4	Для корпусов ATX
Mini-ATX	28,4□20,8	Для корпусов ATX уменьшенной высоты
MicroATX	24,4□24,4	Для корпусов ATX уменьшенной высоты
Flex-ATX	22,9□19,1	Миниатюрные корпуса
NLX	34,5□22,9	Для корпусов уменьшенной высоты и Slimline
Mini-NLX	25,4□20,3	Для корпусов уменьшенной высоты и Slimline

FullSize

Полноразмерная плата (*FullSize*) по своим габаритам соответствует материнской плате PC IBM AT. Расположение разъемов клавиатуры и слотов расширения такой платы строго определено, чтобы совпадать с отверстиями в корпусе. Плата помещается только в полноразмерный корпус типа Desktop и Tower. В настоящее время не выпускаются.

Baby-AT

Стандарт материнских плат типоразмера Baby-AT (*BabySize*) появился в 1982 г. На этих платах расположение разъемов клавиатуры и слотов соответствует отверстиям в корпусе. Для подключения клавиатуры используется

стандартный 5-контактный DIN-разъем. Материнские платы размера Baby-AT могут быть установлены практически в любой корпус, за исключением корпусов уменьшенной высоты и Slimline.

ATX (Mini-ATX)

В 1995 г. корпорация Intel анонсировала новую спецификацию ATX для форм-фактора материнской платы и корпуса PC. Стандарт ATX сочетает в себе лучшие черты стандартов Baby-AT и LPX и дополнительные усовершенствования.

Первые материнские платы ATX были представлены корпорацией Intel весной 1996 г. Эти платы имели названия Thor и Aurora для систем с CPU Pentium и Pentium Pro соответственно.

На рис. 4.2 приведено расположение главных элементов персонального компьютера согласно спецификации ATX, включая версию 2.2. В частности, одно из основных отличий данной версии спецификации ATX заключается в том, что блок питания выведен за контур системной платы, что оказалось необходимым из-за огромных размеров охлаждающей системы современного процессора. Обратите внимание, что в предыдущих версиях спецификации допускалась установка блока питания над процессором, но это приводило к огромным проблемам с охлаждением процессора.

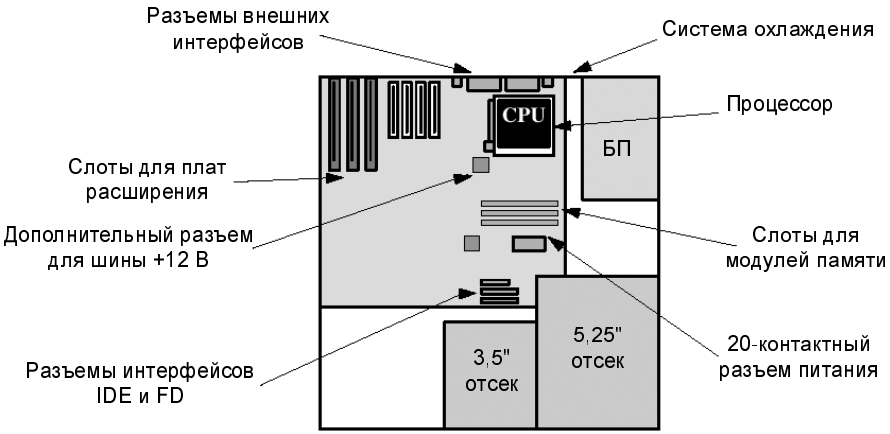


Рис. 4.2. Расположение основных элементов на системной плате и в корпусе компьютера форм-фактора ATX

Несколько сложнее обстоит дело с малогабаритными и фирменными компьютерами, в которых используются системные платы, габариты которых отличаются от стандартных (используются другие форм-факторы, которые разработаны на основе форм-фактора ATX). Для уменьшения размеров используются различные приемы, например, уменьшение числа слотов для периферийных устройств, применение различных переходников, чтобы иметь возможность расположить периферийные платы не вертикально, а горизонтально, параллельно плоскости системной платы. Для таких системных плат и корпусов всегда существует проблема модернизации, часто приводящая к тому, что проще купить новый компьютер, нежели заниматься поисками подходящих элементов к старому.

MicroATX

В декабре 1997 г. была представлена модификация материнской платы ATX — MicroATX. От материнской платы ATX (Mini-ATX) платы данного форм-фактора отличаются не только габаритами (см. табл. 4.1), но и количеством слотов для подключения карт расширения. Материнские платы MicroATX рассчитаны на 4 слота PCI, в то время как ATX — на 7.

Блок питания для материнских плат MicroATX имеет меньшие размеры, чем для плат ATX.

> ***Примечание***
>
> В настоящее время регулярно разрабатываются и другие малогабаритные разновидности форм-фактора ATX. В частности, корпорация Via предлагает несколько вариантов под названием ITX, правда, компоновка элементов уже не соответствует спецификации ATX.

FlexATX

Форм-фактор FlexATX является модификацией форм-фактора MicroATX. Площадь такой платы меньше на 30%, чем площадь карты MicroATX. Для установки CPU на плате имеется разъем Socket 370 (рис. 4.2). Слоты расширения отсутствуют, т. е. подобные материнские платы ориентированы на чипсете с интегрированными видео- и аудиоадаптерами (типа i810, SiS 630).

NLX

В начале 1997 г. корпорацией Intel был предложен стандарт NLX, регламентирующий:

- новые физические и функциональные параметры блока питания;
- требования к режимам охлаждения и условиям соединения отдельных компонентов PC между собой;
- систему крепления материнской платы;
- разбиение платы на зоны, в пределах которых располагаются электронные компоненты, имеющие определенную высоту и служащие для реализации тех или иных функций.

Стандарт NLX явился дальнейшим развитием стандарта ATX. Согласно стандарту NLX, в PC устанавливается так называемая *ризер-карта* (*Riser card*), напоминающая плату адаптера, вставляемую в материнскую плату в корпусе типа Slimline. Как и плата адаптера Slimline, ризер-карта имеет стандартные слоты PCI и ISA, в которые устанавливаются все необходимые карты расширения. Основное отличие ризер-карты NLX от адаптера Slimline состоит в том, что материнская плата также устанавливается в специальный слот, называемый *NLX Riser Connector*. Этот разъем содержит не только информационную шину, но и шину питания. Таким образом, после установки материнская плата автоматически оказывается подключенной к шине питания.

Кроме того, на ризер-карте располагаются различные разъемы, которые ранее располагались на материнской плате: IDE, FDD, USB, блока питания и др. (рис. 4.3).

В соответствии с новым стандартом ризер-карта является фактически *кросс-платой*, через которую происходит коммутация всех модулей системного блока, а также подача питания на них. На материнской плате NLX располагаются гнезда CPU, слоты для модулей памяти, Chipset, микросхемы BIOS и кэш-памяти.

Особо надо отметить принципиально новую конструкцию крепления материнской платы. Согласно стандарту NLX, предлагается прикрепить к материнской плате специальные направляющие, которые и обеспечивают простоту установки платы в корпусе системного блока. Окончательно плата закрепляется в блоке с помощью специального зажима с эксцентриком. Такая конструкция позволяет просто и с минимальным усилием вставить плату в разъем на ризер-карте и зафиксировать ее в этом положении.

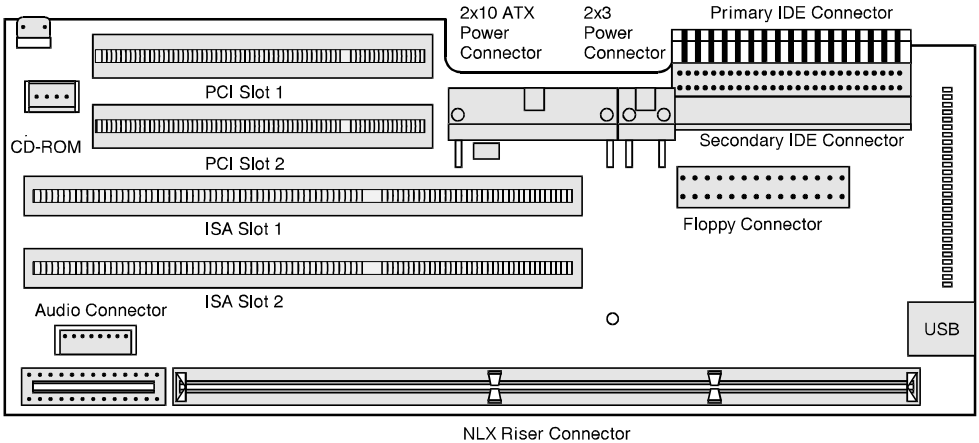


Рис. 4.3. Ризер-карта NLX

PC, соответствующий стандарту NLX, практически превращается в устройство, состоящее всего из двух элементов: материнской платы и корпуса со стандартными разъемами для подключения внешних устройств.

Форм-фактор ATX

Форм-фактор (спецификация, стандарт) ATX (AT Extended Specification) был разработан на основе форм-фактора AT с учетом максимальной совместимости с ранее выпущенным оборудованием (плат дополнительных устройств, материнских плат, винчестеров и т. д.). В связи с тем, что компоненты компьютера (процессоры, память и прочее) постоянно обновляются, увеличивая вычислительную мощность, спецификация ATX регулярно дорабатывается с учетом требований новых процессоров и других комплектующих узлов. Правда, все доработки не носят принципиального характера, поэтому, если вы не собираете экстремальный вариант компьютера, на версию форм-фактора, как правило, при покупке корпуса и прочего можно не обращать внимания. Исключение составляет блок питания (БП), который желательно должен соответствовать нужной спецификации, под которую выполнена системная плата (возможно, и видеокарты).

Основные достоинства форм-фактора ATX — это возможность включения и выключения компьютера по командам операционной системы или запросам

из локальной сети, использование силовой цепи 3,3 В для питания процессора (процессор, как правило, питается от цепи +12 В через преобразователь напряжения) и периферийных устройств, что снижает потери электрического тока на нагревание воздуха стабилизаторами системной платы, которые обязаны обеспечить процессор и модули напряжением 1—2—3,3 В.

Кроме того, интегрированные на системную плату порты IDE, LPT, COM позволили отказаться от лишних интерфейсных плат, сократить количество и длину информационных линий, что дало производителям возможность уменьшить стоимость готовых компьютеров. Соответственно, спецификация ATX оговаривает форму и расположение отверстий в корпусе под разъемы интерфейсов, клавиатуры и мыши, которые могут быть расположены на системной плате, как показано на рис. 4.4, *а*.

Для современных решений системных плат расположение, количество и назначение разъемов может меняться, хотя принцип компоновки, в какой-то степени, остается прежним, это как раз иллюстрирует не жесткую обязательность спецификаций для компьютеров PC. Например, на рис. 4.4, *б* приведен вариант расположения интерфейсных разъемов для системной платы P5K Premium производства компании ASUS. У нее, кроме разъема PS/2 для клавиатуры, остальной набор разъемов совершенно другой, хотя принцип компоновки и установочные места остаются в соответствии со спецификацией ATX.

> ***Примечание***
>
> У большинства современных корпусов на передней панели (или сбоку) почти обязательно монтируются два разъема для подключения интерфейса USB и входа/выхода для гарнитуры звуковой карты. При покупке корпуса на это следует обратить внимание, т. к. это очень удобно для практически всех категорий пользователей.

Одним из достоинств стандарта ATX в начальный период его разработки считалось перенесение сокета процессора из области слотов для плат расширения, что было традиционным для стандарта AT. К сожалению, стремительное увеличение мощности процессоров потребовало громоздких систем охлаждения, которым в наиболее популярных типах корпусов стало не хватать места под блоками питания. В итоге появилась проблема — как разместить блок питания и радиатор с вентилятором, учитывая, что все три эти компонента для современных компьютеров имеют весьма внушительные размеры.

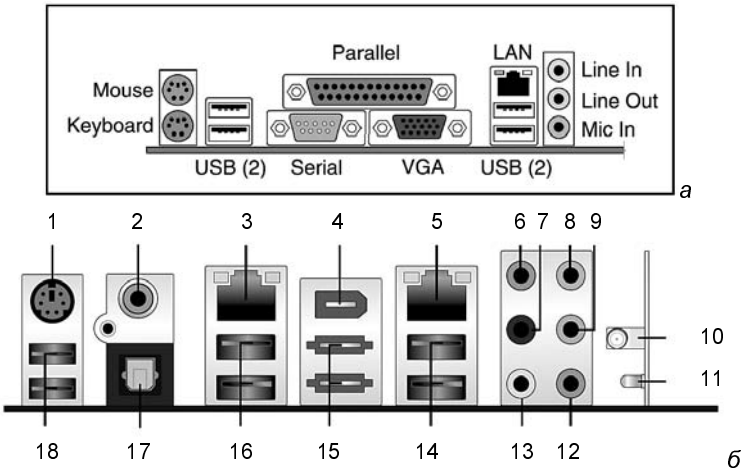


Рис. 4.4. Пример расположения интерфейсных разъемов: *а* — по спецификации ATX; *б* — для системной платы производства 2008 г.

Примечание к рис. 4.4, б

На рисунке показаны следующие интерфейсные разъемы:

1 — PS/2 для клавиатуры

2 — S/PDIF коаксиального звукового кабеля

3 — LAN1 для локальной сети

4 — IEEE1394a

5 — LAN2 для локальной сети

6 — сабвуфера

7 — для передачи звука формата 4, 6 или 8 каналов

8 — линейного входа

9 — линейного выхода

10 — антенны беспроводной сети

11 — индикатора беспроводной сети

12 — микрофона

13 — наушников или выхода 2, 4, 6 или 8 каналов

14 — USB 2.0

15 — External SATA

16 — USB 2.0

17 — S/PDIF оптического звукового кабеля

18 — USB 2.0

Еще одним из нововведений стандарта ATX явилось то, что охлаждающий воздух (через блок питания) вдувался внутрь корпуса компьютера, как это требовалось по канонам радиотехники. Увы, воздух, нагретый в блоке питания, дополнительно нагревал процессор. Из-за такой проблемы вновь пришлось вернуться к традиционному для компьютеров PC методу охлаждения — вентилятор блока питания выдувает нагретый воздух из корпуса. Для решения проблемы очень мощных (по рассеиваемому теплу) процессоров, винче-

стеров и видеокарт, как правило, на лицевой стороне корпуса устанавливается дополнительный вентилятор, который нагнетает воздух внутрь.

Форм-фактор BTX

Корпорация Intel опубликовала в 2004 г. спецификацию *BTX* (Balanced Technology Extended), которая является развитием стандарта ATX для новых высокопроизводительных процессоров.

Основное назначение спецификации — это улучшение охлаждения и увеличение механической прочности системной платы; на рис. 4.5 показан эскиз системной платы, как это определяет спецификация BTX. Кроме того, спецификация стандартизирует способы подключения к системной плате интерфейсов ввода/вывода, конструкцию корпуса.

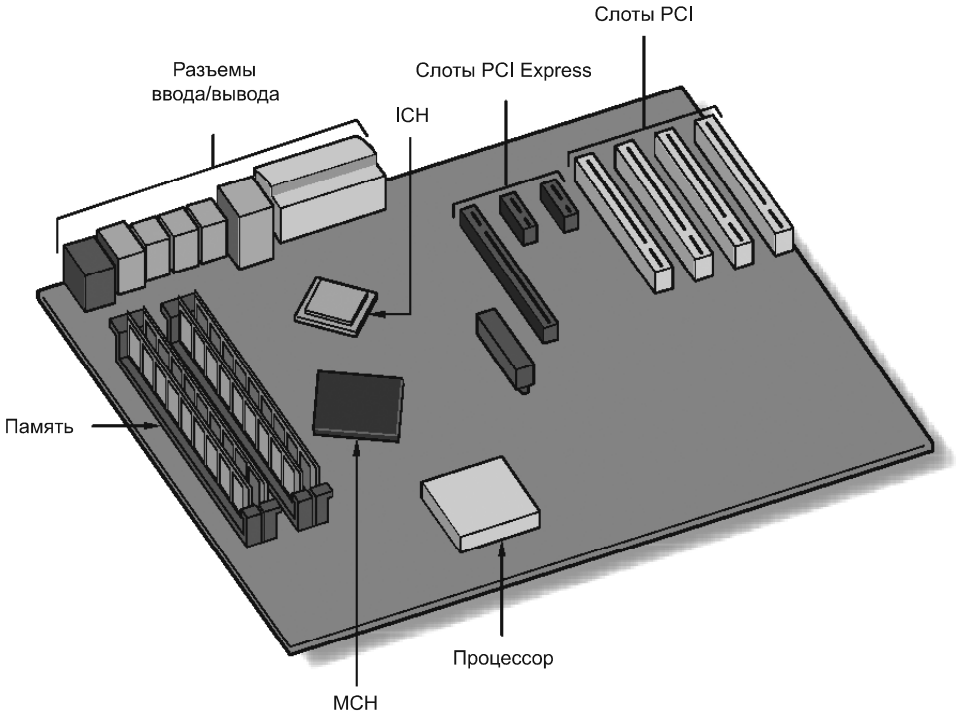


Рис. 4.5. Расположение элементов на системной плате в соответствии со спецификацией BTX

Примечание

На рис. 4.4 *ICH* (I/O Controller Hub) — контроллер-концентратор ввода/вывода, а *MCH* (Memory Controller Hub) — контроллер-концентратор памяти.

Так как появление компьютеров, выполненных по спецификации BTX, подразумевает разработку и выпуск новых системных плат, то и спустя три года до сколь-нибудь существенного промышленного выпуска дело пока не дошло. Тут можно отметить, что переделка системной платы — это большой труд разработчиков и инженеров, плюс огромный объем по тестированию изделия, исправлению ошибок и проблем. Правда, сегодня, когда разработчики процессоров наконец-то озаботились проблемой уменьшения тепловыделения, внедрение форм-фактора BTX оказалось не столь актуально, как это было необходимо для последних версий процессоров Intel Pentium 4 Prescott и для ряда четырехъядерных процессоров Intel и AMD.

Глава 5

Шины

Совокупность линий (проводников на материнской плате), по которым обмениваются информацией компоненты и устройства PC (рис. 5.1), называется *шиной* (*Bus*, от англ. computer bus, bidirectional universal switch). В архитектуре компьютера это двунаправленный универсальный коммутатор, по которому передаются данные между блоками компьютера, например, между процессором и памятью, между памятью и внешними запоминающими устройствами и т. д.

> ***Примечание***
>
> Шина, связывающая только два устройства, называется *портом*.

Компьютерные шины являются очень важным элементом любых вычислительных систем, поэтому инженеры-разработчики регулярно предлагают новые, более производительные, надежные и удобные варианты. Вначале компьютерная шина была всего лишь группой проводников, подключающей компьютерную память и периферийное оборудование к процессору, причем использовались разные типы шин, которые различались способом доступа и протоколами. Первое поколение компьютерных шин по конструкции было очень простым, и разрабатывались они под конкретные процессоры и оборудование, что не позволяло использовать их как универсальные.

Второе поколение, в котором для управления потоком информации между узлами компьютера стал использоваться специальный контроллер шин (bus controller), оказалось более универсальным и использовалось на протяжении нескольких десятилетий. Один из вариантов блок-схемы компьютера и схематичным указанием шин показан на рис. 5.1.

Обычно шина имеет возможность подключения внешних устройств, которые в результате сами становятся частью шины и могут обмениваться информацией со всеми другими подключенными к ней устройствами.

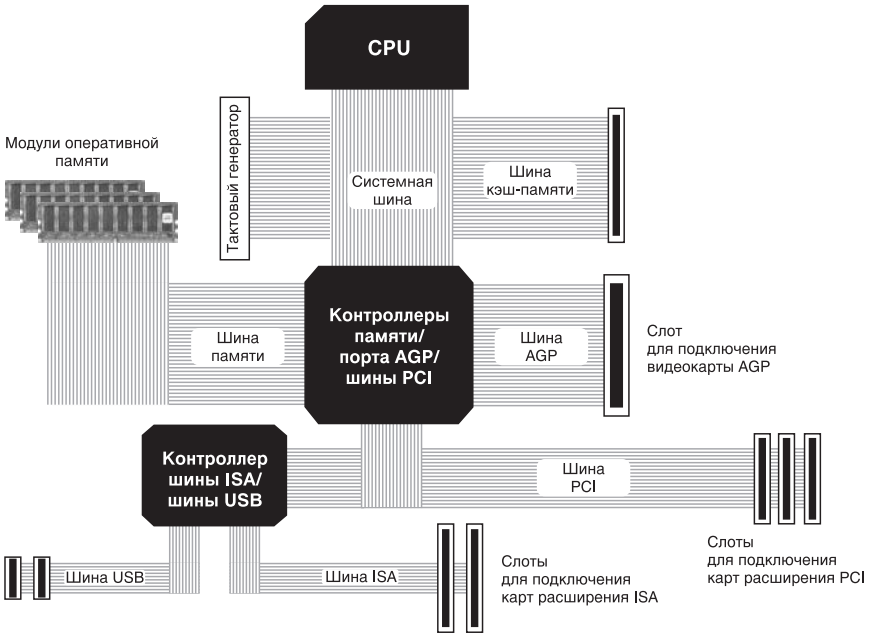


Рис. 5.1. Схематическое представление шины

Линии шины делятся на три группы в зависимости от типа передаваемых данных.

1. Линии данных (шина данных).
2. Линии адреса (шина адреса).
3. Линии управления (шина управления).

Наличие трех групп линий является отличительным признаком шины от других систем соединения.

Шины в PC различаются по своему функциональному назначению.

- Системная шина (или шина CPU) используется микросхемами Chipset для пересылки информации к и от CPU.
- Шина кэш-памяти предназначена для обмена информацией между CPU и кэш-памятью.
- Шина памяти используется для обмена информацией между оперативной памятью и CPU.
- Шины ввода/вывода, которые подразделяются на стандартные и локальные.

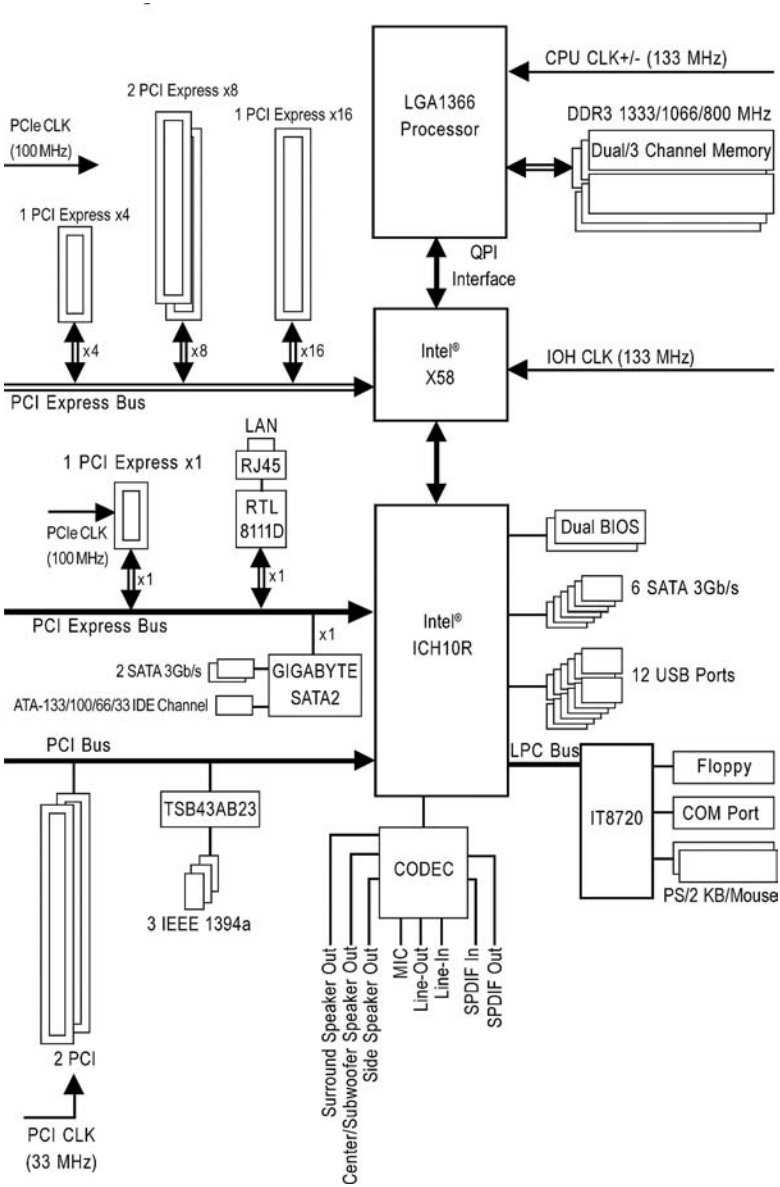


Рис. 5.2. Блок-схема компьютера на чипсете Intel X58

Разработка новых высокопроизводительных многоядерных процессоров вызвала необходимость появления нового поколения компьютерных шин. В третьем поколении используются не только параллельные шины, но и по-

следовательные, например HyperTransport разработки корпорации AMD и QPI — корпорации Intel. Основное достоинство современных параллельных и последовательных шин — это большие скорости, необходимые для работы современной оперативной памяти и видеокарт, возможность использовать их для межпроцессорного взаимодействия во многоядерных процессорах; но в то же время они используются при работе с медленными устройствами, например, со старыми приводами дисков. Еще одно отличие шин третьего поколения — это большая гибкость в возможности подключения самых разнообразных устройств, например, они позволяют использовать себя не только для внутренних соединений, но и для подключения внешних устройств, скажем, для объединения компьютеров или подключения винчестеров. На рис. 5.2 показана блок-схема компьютера на чипсете X58 производства корпорации Intel. Из всех новинок, внедренных корпорацией Intel, отметим только то, что модули памяти теперь непосредственно управляются процессором, минуя посредника в виде северного моста. Вместо шины FSB теперь используется интерфейс QPI, похожий на технологию HyperTransport у процессоров AMD. Для видеокарт теперь предлагается высокопроизводительная шина PCI-Express x16 и x8, а для дополнительных устройств традиционная шина PCI и более простые варианты PCI-Express x1 и x4.

В зависимости от своего функционального назначения современные PC могут быть оборудованы такими шинами, как USB, SCSI, FireWire, которые устанавливаются в слоты расширения или интегрируются в материнскую плату. Их работу обеспечивает соответствующий контроллер.

Основные характеристики параллельной шины

Компьютерные шины характеризуются рядом технических характеристик, которые относятся как ко всему данному классу, так и к конкретной реализации. Ниже рассмотрены основные характеристики параллельных шин.

Разрядность шины

Важнейшей характеристикой шины является ее *разрядность* (иногда говорят *ширина шины*), которая определяется количеством данных, параллельно "проходящих" через нее. Здесь и в самом деле напрашивается прямое сравне-

ние с автобусом (bus — автобус, шина). Чем больше в автобусе посадочных мест, тем больше людей можно в нем перевезти.

> ***Примечание***
>
> Здесь и далее в книге под разрядностью шины понимается разрядность шины данных.

Первая шина ISA для IBM PC была 8-разрядной, т. е. по ней можно было одновременно передавать лишь 8 бит. Шина ISA — 16-разрядная, а шины ввода/вывода VLB и PCI — 32-разрядные. Системные шины современных PC на базе процессоров, начиная с пятого и шестого поколения, — 64-разрядные. В современных видеоадаптерах, которые представляют собой специализированный компьютер, разрядность шины данных может достигать 512 и 1024 бит.

Пропускная способность шины

Второй характеристикой шины является *пропускная способность*, которая определяется количеством бит информации, передаваемых по шине за секунду.

Для определения пропускной способности шины необходимо умножить тактовую частоту шины на ее разрядность. Например, для 16-разрядной шины ISA пропускная способность определяется так:

(16 бит □ 8,33 МГц) : 8 = (133,28 Мбит/с) : 8 = 16,66 Мбайт/с.

Отметим, что при расчете пропускной способности, например шины AGP, следует учитывать режим ее работы: благодаря увеличению в 2 раза тактовой частоты видеопроцессора и изменению протокола передачи данных удалось повысить пропускную способность шины в 2 (режим 2□) или в 4 (режим 4□) раза, что эквивалентно увеличению тактовой частоты шины в соответствующее количество раз (до 133 и 266 МГц соответственно).

В табл. 5.1 представлены характеристики некоторых шин ввода/вывода.

Таблица 5.1. *Характеристики параллельных шин ввода/вывода*

Шина	Разрядность, бит	Тактовая частота, МГц	Пропускная способность, Мбайт/с
ISA 8-разрядная	8	4,7/8,33	2,39/4,17
ISA 16-разрядная	16	8,33	8,33

Таблица 5.1 *(окончание)*

Шина	Разрядность, бит	Тактовая частота, МГц	Пропускная способность, Мбайт/с
PCI	32	33/66	133/266
PCI 2.1 64-разрядная	64	33/66	266/533
AGP (1□)	32	66	266
AGP (2□)	32	66□2	533
AGP (4□)	32	66□4	1066
AGP (8□)	32	66□8	2133

Интерфейс

Внешние устройства подключаются к шинам посредством *интерфейса*. Под интерфейсом (Interface — сопряжение) понимают совокупность различных характеристик какого-либо периферийного устройства PC, определяющих организацию обмена информацией между ним и центральным процессором. Это электрические и временные параметры, набор управляющих сигналов, протокол обмена данными и конструктивные особенности подключения. При этом обмен данными между компонентами PC возможен только в случае совместимости их интерфейсов.

Принцип IBM-совместимости подразумевает стандартизацию интерфейсов отдельных компонентов PC, что, в свою очередь, определяет гибкость системы в целом, т. е. возможность по мере необходимости изменять конфигурацию системы и подключать различные периферийные устройства. В случае несовместимости интерфейсов (например, интерфейс системной шины и интерфейс винчестера) используются контроллеры. Кроме того, гибкость и унификация системы достигается за счет введения промежуточных стандартных интерфейсов, таких как интерфейсы последовательной и параллельной передачи данных, являющиеся необходимыми для работы наиболее важных периферийных устройств ввода и вывода.

Системные шины

Системная шина FSB (Front Side Bus) предназначена для обмена информацией между CPU, памятью и другими устройствами, входящими в систему. В компьютерах PC процессор подключается через FSB к системному контроллеру, который в настоящее время называется "северным мостом" (англ. North Bridge) и входит в состав чипсета материнской платы. Традиционная системная шина FSB работает только в качестве магистрального канала между процессором и чипсетом и не работает непосредственно с внешними устройствами. В составе чипсета интегрированы контроллеры, которые организуют передачу информации между FSB и другими внутренними и внешними устройствами компьютера.

Для процессоров шестого поколения корпорацией Intel была разработана системная шина GTL+, которую потом сменила AGTL+. Процессоры седьмого поколения получили системную шину QPB. В новых процессорах Intel Core i7 используется системная шина QPI.

Для процессоров Athlon корпорации AMD используется шина EV6, разработанная компанией DEC (Digital Equipment Corporation). Для процессоров AMD64 используется системная шина типа "точка-точка" под маркой HyperTransport.

Для связи между северным и южным мостами в чипсетах используется отдельная системная шина, но здесь, как правило, используются фирменные системные шины, разработанные производителями чипсетов. Например, корпорация Via использует для этих целей системную шину с названием V-Link, а корпорация Intel — DMI.

Шины ввода/вывода

Шины расширения — это наиболее консервативная часть системной платы. Например, устаревшая шина ISA очень длительное время не сдавалась из-за наличия у пользователей огромного числа различных карт, предназначенных для установки в слот ISA, поэтому выпускались системные платы даже в то время, когда начала устаревать шина PCI. Ниже рассмотрены наиболее популярные шины PC, которые нашли массовое применение в настольных компьютерах. Но, кроме них, предлагались и другие варианты шин, правда, они не получили признания пользователей и производителей.

Шина ISA

Шина ISA (Industry Standart Architecture — Промышленная стандартная архитектура) долгие годы являлась стандартом в области PC и считается самой "старой" в семействе шин, она использовалась во всех компьютерах PC вплоть до седьмого поколения процессоров, когда она была объявлена "вне закона". Согласно спецификациям PC 98 и PC 99, разработанным корпорациями Intel и Microsoft, шина ISA должна была "умереть" еще в 1998 или 1999 г. Но только в 2001 г. стратегия Intel и Microsoft дала свои плоды и на рынке практически не осталось материнских плат с разъемами ISA.

Родоначальником в семействе шин ISA была 8-разрядная шина XT, которая использовалась в компьютерах класса XT. Как известно, пропускная способность шины определяет производительность всей системы. Очевидно, что при этой разрядности и тактовой частоте 4,77 МГц пропускная способность шины очень низкая. Для форм-фактора AT была увеличена разрядность шины до 16 и удвоена тактовая частота.

Шина VLB

Локальная шина VESA, или VLB (VESA Local Bus), разработана Ассоциацией стандартов видеоэлектроники (Video Electronics Standart Assotiation, VESA), основанной в начале 1980-х гг. Необходимость создания VLB была вызвана тем, что передача видеоданных по шине ISA осуществлялась слишком медленно. Однако в настоящее время шина VLB не используется.

Локальная шина VLB представляет собой не новое устройство на материнской плате, а, скорее, расширение шины ISA для обмена видеоданными. Обмен информацией с CPU осуществляется под управлением контроллеров, расположенных на картах, устанавливаемых в слот VLB, напрямую в обход стандартной шины ввода/вывода. Шина VLB является 32-разрядной и работает на тактовой частоте процессора. Кроме того, передача данных по этой шине невозможна без использования линий шины ISA, по которым передаются уже известные сигналы адресов и управления.

Согласно спецификации VESA, тактовая частота локальной шины не должна превышать 40 МГц. Для большинства материнских плат, имеющих процессор с тактовой частотой 50 МГц, особых проблем обычно не возникает, причем, как правило, эти материнские платы оборудованы двумя слотами VLB.

Шина PCI

Едва карта VLB успела закрепиться на рынке, как появилась уже новая шина PCI (Peripheral Component Interconnect). Она была разработана фирмой Intel для своего нового высокопроизводительного процессора Pentium. Шина PCI, в отличие от EISA и VLB, представляет собой не дальнейшее развитие шины ISA, а совершенно новую шину.

В современных материнских платах тактовая частота шины PCI задается как половина тактовой частоты системной шины, т. е. при тактовой частоте системной шины 66 МГц шина PCI будет работать на частоте 33 МГц, при частоте системной шины 100 МГц — 50 МГц.

Основополагающим принципом, положенным в основу шины PCI, является применение так называемых *мостов* (Bridges), которые осуществляют связь между шиной PCI и другими шинами (например, PCI to ISA Bridge).

Важной особенностью шины PCI является то, что в ней реализован принцип *Bus Mastering*, который подразумевает способность внешнего устройства при пересылке данных управлять шиной (без участия CPU). Во время передачи информации устройство, поддерживающее Bus Mastering, захватывает шину и становится главным. При таком подходе центральный процессор освобождается для выполнения других задач, пока происходит передача данных.

Применительно к устройствам IDE (например, винчестер, CD-ROM) Bus Mastering IDE означает наличие определенных схем на материнской плате, позволяющих осуществлять передачу данных с жесткого диска в обход CPU. Это особенно важно при использовании многозадачных операционных систем типа Windows.

В настоящее время шина PCI стала стандартом де-факто среди шин ввода/вывода. Поэтому рассмотрим ее архитектуру (рис. 5.3) несколько подробнее.

В чем же секрет победного шествия шины PCI в мире PC? Ответить можно так.

- В шине PCI используется совершенно отличный от шины ISA способ передачи данных. Этот способ, называемый "способом рукопожатия", заключается в том, что в системе определяются два устройства: инициатор (Iniciator) и исполнитель (Target). Когда инициирующее устройство готово к передаче, оно выставляет данные на линии данных и сопровождает их соответствующим сигналом (Indicator Ready), при этом исполняющее (подчиненное) устройство записывает данные в свои регистры и подает сигнал Target Ready, подтверждая запись данных и готовность к приему следующих. Установка всех сигналов, а также чтение/запись данных

производятся строго в соответствии с тактовыми импульсами шины, частота которых равна 33 МГц (сигналу CLK).

- Основное преимущество PCI-технологии заключается в относительной независимости отдельных компонентов системы. В соответствии с концепцией PCI, передачей пакета данных управляет не CPU, а включенный между ним и шиной PCI мост (Host Bridge Cashe/DRAM Controller). Процессор может продолжать работу и тогда, когда происходит запись данных в RAM (или их считывание) либо при обмене данными между двумя любыми компонентами системы.
- В соответствии со спецификацией PCI 1.0 шина PCI — 32-разрядная, а PCI 2.0 64-разрядная. Таким образом, полоса пропускания шины составляет, соответственно, 33 МГц □ (32 бит : 8) = 132 Мбайт/с и 33 МГц □ □ (64 бит : 8) = 64 Мбайт/с.
- Шина PCI универсальна. Поскольку системная шина и шина PCI соединены с помощью главного моста (Host-Bridge), то последняя является самостоятельным устройством и может использоваться независимо от типа CPU.

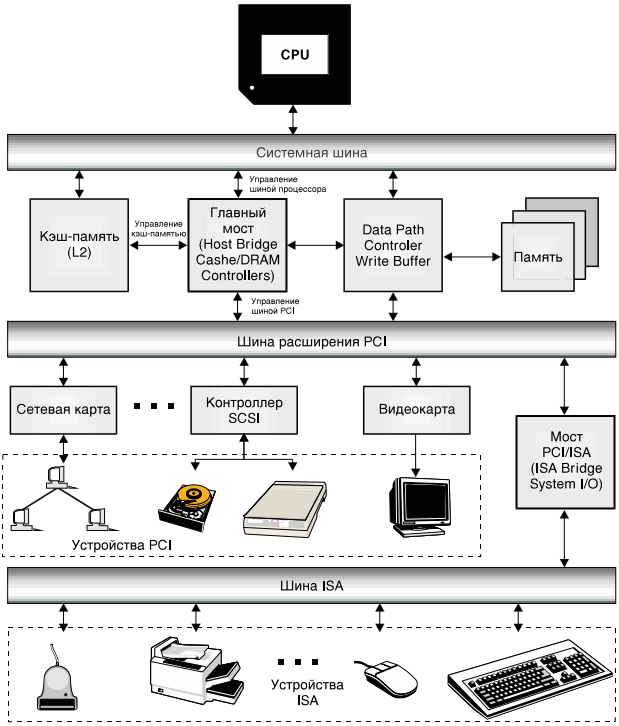


Рис. 5.3. Архитектура шины PCI

- В соответствии со спецификацией PCI 5.0, ширина шины увеличена до 64 разрядов, слоты PCI имеют дополнительные контакты, на которые подается напряжение 3,3 В. Большинство современных микросхем PC работает при таком напряжении.
- Система PCI использует принцип временного мультиплексирования, т. е. когда для передачи данных и адресов применяются одни и те же линии.
- Важным свойством шины PCI является ее интеллектуальность, т. е. она в состоянии распознавать аппаратные средства и анализировать конфигурации системы в соответствии с технологией Plug&Play, разработанной корпорацией Intel.

Шина AGP

Чтобы, не меняя уже сложившийся стандарт на шину PCI, ускорить ввод/вывод данных на видеоадаптер и, кроме того, увеличить производительность PC при обработке трехмерных изображений без установки специализированных дорогостоящих двухпроцессорных видеоадаптеров, в 1997 г. фирмой Intel был разработан стандарт на шину AGP (Accelerated Graphics Port). AGP является каналом передачи данных между видеоадаптерами и памятью RAM, а также системной шиной процессора, при этом не пересекаясь с шиной PCI.

> ***Примечание***
>
> Из-за проблем с совместимостью видеокарт с различными спецификациями AGP, что в тяжелых случаях вызывало выгорание материнской платы и видеоадаптера, шина AGP в новых разработках не используется.

Шина AGP — это высокоскоростная локальная шина ввода/вывода, предназначенная исключительно для нужд видеосистемы. Она связывает видеоадаптер (3D-акселератор) с системной памятью PC, поэтому на материнской плате имеется только один разъем (слот) AGP. Поскольку шину AGP использует только одно устройство, не возникает характерной для шины PCI проблемы арбитража (когда несколько устройств одновременно требуют доступа к шине), что повышает скорость обмена данными между видеоадаптером и системной памятью.

Шина AGP была разработана на основе архитектуры шины PCI, поэтому она также является 32-разрядной.

Вместе с тем, у нее имеется ряд важных отличий от шины PCI, позволяющих в несколько раз увеличить пропускную способность.

- Использование более высоких тактовых частот.
- Демультиплексирование (режим SBA).
- Пакетная передача данных.
- Режим прямого исполнения в системной памяти (DiME).

Режимы работы

Если шина PCI в стандартном варианте (32-разрядная) имеет тактовую частоту 33 МГц, что обеспечивает теоретически пропускную способность шины PCI

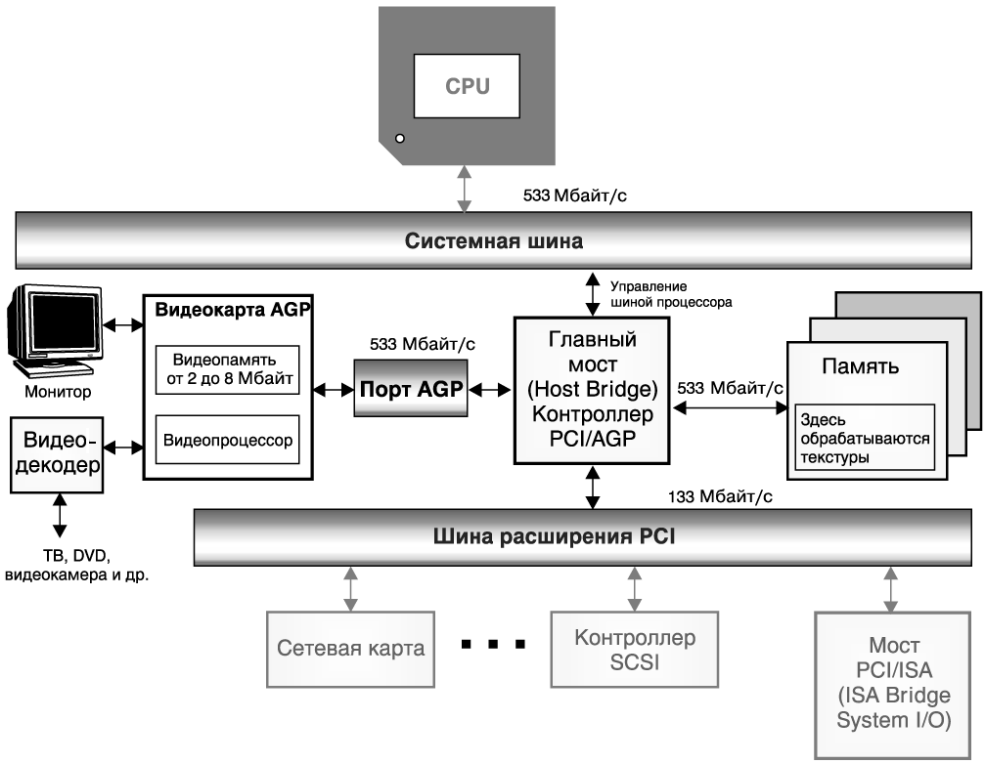


Рис. 5.4. Структурная схема видеосистемы на основе шины AGP

33 □ 32 = 1056 бит/с = 132 Мбайт/с, то шина AGP тактируется сигналом с частотой 66 МГц, поэтому ее пропускная способность составляет 66 □ 32 = 264 Мбайт/с (это соответствует так называемому режиму 1□). Помимо режима 1□, стандартом AGP Revision 1.0 предусмотрен режим 2□, при котором передача данных производится не только по переднему, но и по заднему фронту тактового импульса. В режиме 2□ эквивалентная тактовая частота составит 132 МГц, а пропускная способность — 528 Мбайт/с.

В последних версиях шины AGP, использующих пониженное напряжение питания, за один такт синхронизации удается выполнить уже не две, а четыре или восемь передач (режимы 4□ и 8□).

В самом общем виде структурная схема видеосистемы на основе AGP может быть представлена так, как показано на рис. 5.4.

Конструктивно разъем AGP напоминает слот PCI, однако он несколько выше, поскольку контакты в разъеме AGP расположены в два этажа. В зависимости от поддерживаемого напряжения питания различают несколько типов слотов AGP. Поддерживающие режимы карты обычно имеют универсальный разъем с двумя прорезями (рис. 5.5).

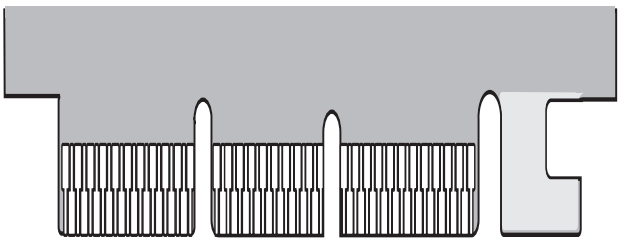


Рис. 5.5. Универсальный разъем шины AGP у видеоадаптера

Шина PCI Express

Новую универсальную шину PCI Express или PCI-E разработчики корпорации Intel предложили в 2002 г., когда стало ясно, что нужно срочно внедрять новую шину для видеоинтерфейса. К этому времени обострились проблемы с физической совместимостью видеокарт с различными версиями шины AGP и появилась необходимость резко поднять производительность видеоподси-

стемы для работы с видеоконтекстом и 3D-графикой. Для продвижения шины PCI Express была создана рабочая группа PCI Special Interest Group (**http://www.pcisig.com**). Стабильная версия 1.0 новой разработки появилась уже в 2003 г.

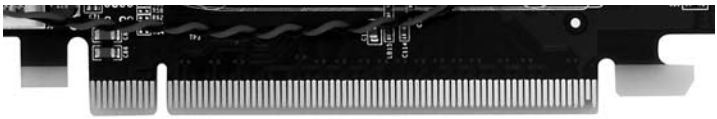


Рис. 5.6. Разъем шины PCI Express видеоадаптера

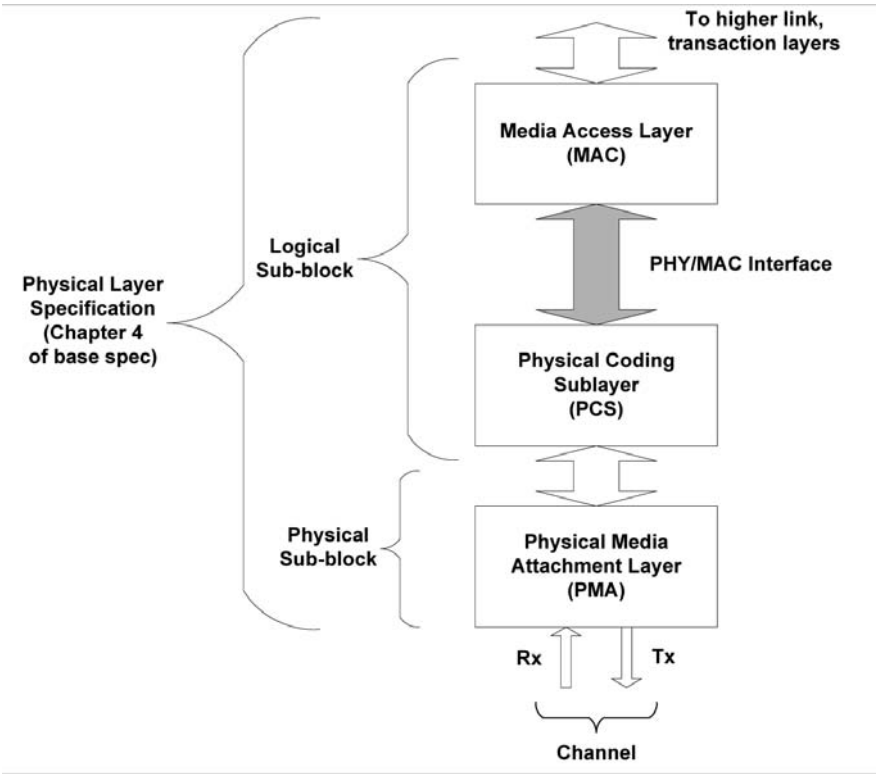


Рис. 5.7. Модель работы шины PCI Express

В дальнейшем, в 2007 г. вышла спецификация 2.0, а в 2009 г. готовится уже третья редакция. В табл. 5.2 приведены характеристики трех версий шины PCI Express.

Для шины PCI Express (ранее, 3GIO for 3rd Generation I/O) были использованы идеи, которые широко применяются в сетевых соединениях локальных сетей. Для работы PCI Express был внедрен высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных, и соединения типа точка-точка с коммутатором. Для работы PCI Express используются пакетные передачи данных в сети с топологией типа "звезда", а для взаимодействия между устройствами PCI Express — коммутаторы. Для взаимодействия с операционной системой применяются протоколы шины PCI, но в отличие от нее, для передачи не задействуется общая шина. На рис. 5.7 показана модель функционирования шины PCI Express.

На физическом уровне (слое) основной канал PCI Express образован из двух дифференциальных пар сигналов с начальной частотой 2,5 ГГц на один контакт. Для увеличения пропускной способности PCI Express канала могут быть дополнительные сигнальные пары, например, □1, □2, □4, □8, □12, □16 и □32 сигнальных пар в одном канале. Любой вариант может быть использован для работы видеоадаптера, но на практике используются только □8 и □16. Для подключения различных дополнительных котроллеров, скажем интерфейса SATA или IDE, чаще используется вариант □1. На материнских платах сегодня, как правило, устанавливаются разъемы PCI Express □1 и □16, хотя встречаются варианты и с □4, и □8.

Таблица 5.2. *Допустимые нормы PCLK и ширины шины для трех поколений PCI Express*

Спецификация	Частота PCLK, МГц	Разрядность шины, бит
2,5 GT/s PCI Express	250	8
	125	16
	62.5	32
5,0 GT/s PCI Express	500	8
	250	16
	125	32
8,0 GT/s PCI Express 3.0	250	32
	500	16
	1000	8

Шина USB

Спецификация периферийной шины USB (Universal Serial Bus) была разработана фирмами — лидерами компьютерной и телекоммуникационной промышленности — Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC и Northern Telecom — для подключения периферийных устройств вне корпуса PC. Шина USB поддерживает технологию Plug&Play.

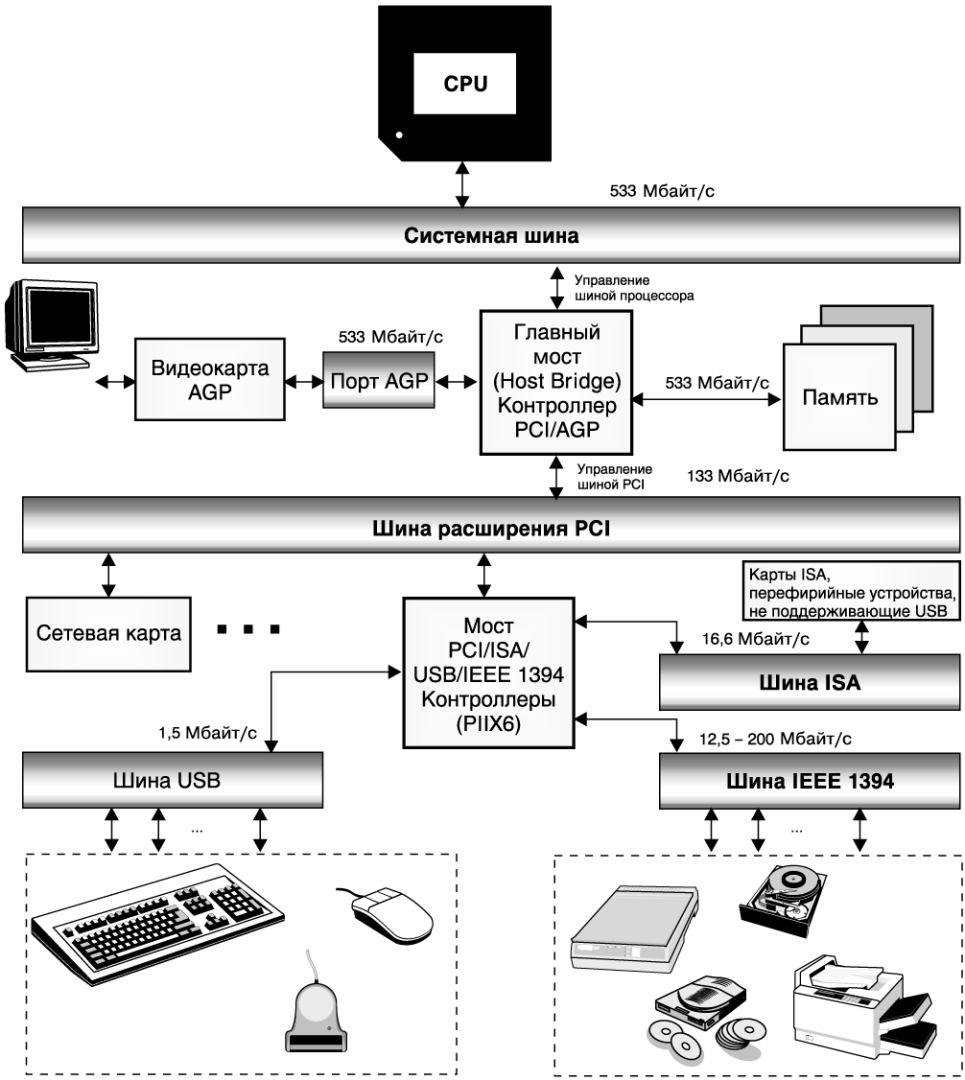


Рис. 5.8. Архитектура шины USB

К компьютерам, оборудованным шиной USB, можно подсоединять периферийные устройства (клавиатуру, мышь, джойстик, принтер и др.), не выключая питание. Как только устройство будет подключено, автоматически осуществляется его конфигурирование. Все периферийные устройства должны быть оборудованы разъемами USB и подключаться к PC через отдельный выносной блок, именуемый USB-хабом или концентратором, с помощью которого к PC можно подключить до 127 периферийных устройств.

Архитектура шины USB представлена на рис. 5.8. Разводка контактов в разъеме типа A приведена в табл. 5.3. Размеры разъемов USB: тип A — 4□12 мм, USB Тип B — 7□8 мм, USB mini — 2□7 мм, которые могут комбинировать произвольным образом на кабеле.

Первая спецификация USB 0.7 была выпущена в 1994, а официальная спецификация 1.0 — в 1995 г. На материнских платах интерфейс USB в обязательном порядке стал устанавливаться со времени появления процессоров Pentium, но особым успехом не пользовался. Массовое использование интерфейса USB началось после выхода спецификации 1.1 в 1998 г. (были исправлены проблемы и ошибки), причем данный вариант USB до сих пор широко встречается в самых разнообразных устройствах. Спецификация 2.0 появилась в 2000 г. В настоящее время широко используются две спецификации USB: 1.1 и 2.0, но в ближайшее время начнет внедряться версия 3.0.

Спецификация USB 2.0 отличается от 1.1 появлением нескольких режимов работы:

- Low-speed — 10—1500 Кбит/с, предназначенного для различных устройств типа клавиатуры и мыши;
- Full-speed — 0,5—12 Мбит/с, в основном, для аудиоустройств;
- Hi-speed — 25—480 Мбит/с, широко используемого для видеоустройства и работы с винчестерами и флэш-картами.

Разъемы для спецификаций USB 1.1 и 2.0 одинаковы (рис. 5.9), а для варианта 3.0 используются разъемы с дополнительными контактами, правда, останется механическая и программная совместимость с предыдущими версиями.

Рис. 5.9. Разъемы USB на кабеле: *а* — тип A; *б* — тип B; *в* — mini

Таблица 5.3. Назначение контактов разъема USB

Вывод	Сигнал	Цвет провода	Назначение
1	VCC	Красный	+ 5 В
2	D –	Белый	Данные
3	D +	Зеленый	Данные
4	Земля	Черный	Земля

Шины SCSI и SAS

Шина SCSI (Small Computer System Interface) была стандартизована в 1986 г., и за прошедшие десятилетия многократно модернизировалась. Ее основное назначение — это использование в рабочих станциях и высокопроизводительных серверах. Периодически шина SCSI использовалась и на обычных персональных компьютерах, когда стоимость или характеристики SCSI-устройств, как правило это были сканеры и винчестеры, были конкурентоспособны или доступны широким кругам пользователей. Характеристики параллельных версий протокола SCSI приведены в табл. 5.4.

В отличие от рассмотренных выше шин, шина SCSI реализована в виде кабельного шлейфа. С шиной PC (ISA или PCI) шина SCSI связывается через хост-адаптер (Host Adapter), как показано на рис. 5.10. Каждое устройство, подключенное к шине, имеет свой идентификационный номер (ID). Обычно хост-адаптеру, который должен иметь высший приоритет, назначается ID7.

Таблица 5.4. Характеристики параллельных протоколов SCSI

Наименование	Разрядность шины, бит	Частота шины, МГц	Пропускная способность, Мбайт/с	Максимальная длина кабеля, м	Макс. количество подключаемых устройств
SCSI	8	5	5	6	8
Fast SCSI	8	10	10	1,5—3	8
Wide SCSI	16	10	20	1,5—3	16
Ultra SCSI	8	20	20	1,5—3	5—8
Ultra Wide SCSI	16	20	40	1,5—3	5—8

Таблица 5.4 *(окончание)*

Наименование	Разрядность шины, бит	Частота шины, МГц	Пропускная способность, Мбайт/с	Максимальная длина кабеля, м	Макс. количество подключаемых устройств
Ultra2 SCSI	8	40	40	12	8
Ultra2 Wide SCSI	16	40	80	12	16
Ultra3 SCSI	16	40	160	12	16
Ultra-320 SCSI	16	80	320	12	16

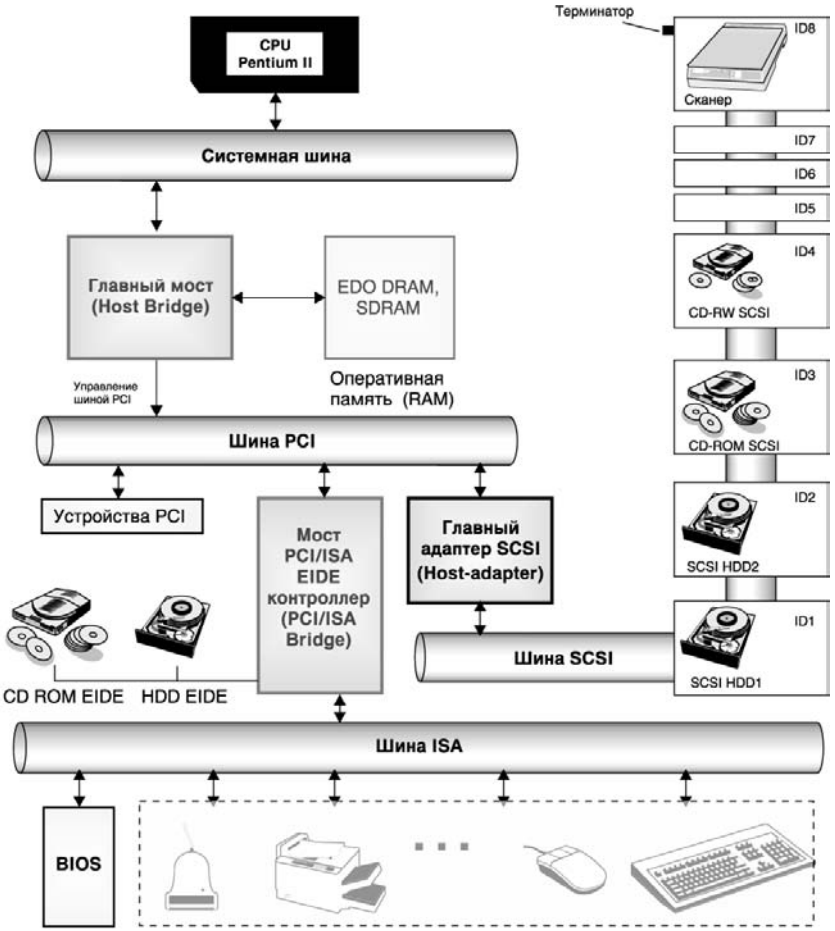


Рис. 5.10. Шина SCSI с подключенными устройствами

В настоящее время широко внедряется вариант интерфейса SCSI под названием SAS, который является уже последовательным интерфейсом и является близким аналогом интерфейса SATA. В интерфейсе SAS используются протоколы SCSI. Сегодня основное назначение интерфейса SAS — это подключение высокопроизводительных дисковых накопителей. Скорость передачи данных в интерфейсе SAS достигает 3 Гбит/с, но ожидается увеличение до 10 Гбит/с для будущих модернизаций.

Шина IEEE 1394

IEEE 1394 (FireWare, i-Link) — это стандарт на высокоскоростную локальную последовательную шину, который был разработан на основе технологии FireWire фирмами Apple и Texas Instruments. Шина IEEE 1394 предназначена для обмена цифровой информацией между PC и другими электронными устройствами. Изменяемая архитектура и одноранговая топология делают FireWare идеальным вариантом для подключения жестких дисков и устройств обработки аудио- и видеоинформации. Эта шина также идеально подходит для работы мультимедийных приложений в реальном времени, особенно связанных с нелинейным монтажом видеофрагментов.

Локальная последовательная шина IEEE 1394 способна передавать данные со скоростью 100, 200, 400, 800, 1600 и 3200 Мбит/с. Такая высокая скорость достигается за счет передачи информации в пакетном режиме. Кроме того, шина IEEE 1394 обеспечивает одновременную работу нескольких устройств, передающих данные с разными скоростями.

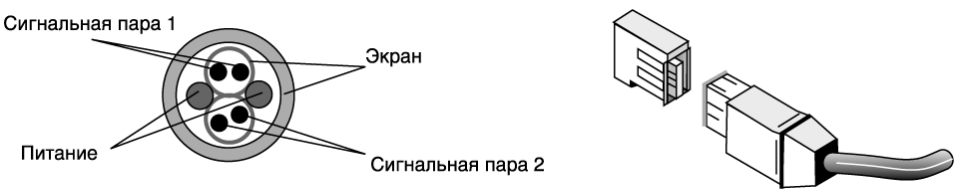


Рис. 5.11. Кабель и разъем IEEE 1394

Шина использует простой 6-проводный кабель (рис. 5.11), состоящий из двух различных пар линий, предназначенных для передачи тактовых импульсов и информации, а также двух линий питания. Как и USB, шина IEEE 1394 полностью поддерживает технологию Plug&Play, включая возможность "горячего подключения" (установка и извлечение компонентов без отключения пи-

тания PC). Структура шины IEEE 1394 не так сложна, как структура параллельной шины SCSI. Устройства, подключаемые к ней, могут потреблять ток до 1,5 А при напряжении от 8 до 40 В.

Шина IEEE 1394 построена по разветвляющейся топологии и позволяет использовать до 63 узлов в цепочке. К каждому узлу можно подсоединить до 16 устройств. Если этого недостаточно, то можно дополнительно подключить до 1023 шинных перемычек, которые могут соединять более 64 000 узлов. Для передачи сигналов без искажений длина стандартного кабеля, соединяющего два узла, не должна превышать 4,5 м.

Последовательный COM и параллельный LPT порты

Для связи с внешними периферийными устройствами еще в первых PC были предусмотрены последовательные и параллельные порты, которые сохранились и до нашего времени. Правда в последнее время они практически оказались "вне закона", т. к. производителей и пользователей не устраивают габаритные размеры интерфейсных разъемов и малая скорость обмена информацией.

Параллельная передача данных для порта LPT

Параллельная и последовательная передачи данных хотя и служат одной цели, обмену данными и связи между периферией (устройствами ввода/вывода) и модулем обработки данных (материнской платой), но используют различные методы и принципы обмена информацией.

Принцип действия

Параллельная связь означает, что биты пересылаются и передаются не один за другим, а все 8 бит (или иначе байт) одновременно (параллельно) или, точнее, друг возле друга. Такие параллельные связи имеют место не только при одноименных интерфейсах, но и внутри общей системы PC, например, в шине. При этом здесь принципиальным становится понятие разрядности шины.

Принцип параллельной передачи данных становится очевидным, если посмотреть на кабель, который подсоединен к разъему параллельного интерфейса,

например, на кабель принтера. Если сравнить этот кабель с кабелем мыши (последовательным), то заметно, что он толще. Дело в том, что кабель для параллельной передачи данных должен, как минимум, содержать восемь проводов, каждый из которых предназначен для транспортирования одного бита.

Параллельные интерфейсы разрабатывает фирма Centronics, специализирующаяся на производстве матричных принтеров. Поэтому параллельный интерфейс часто называют интерфейсом принтера или Centronics (рис. 5.12).

Рис. 5.12. Разъем Centronics (нижний)
и 25-контактный Sub-D кабеля принтера (верхний)

Примечание

Обозначение Centronics вообще-то не совсем корректно, поскольку 25-контактный разъем (вилка) типа Sub-D кабеля принтера, которым тот подключается к разъемам параллельного интерфейса, называют Amphenolstacker. Amphenol — название крупнейшей американской фирмы, производящей разъемы (не путайте с AMP). А собственно разъем Centronics находится на другом конце кабеля принтера и представляет собой 36-контактный разъем (вилка) типа PAD.

В отличие от последовательной передачи данных, параллельная передача, как правило, однонаправленная, т. е. данные передаются только в одном направлении. Современные принтеры могут конфигурироваться и управляться с помощью программного обеспечения. Для связи им требуется двунаправленный кабель принтера. Для обмена данными между двумя PC через параллельный интерфейс с помощью такой программы, как Laplink, необходим специальный кабель.

Применение параллельных интерфейсов

Параллельный интерфейс в приложениях обычно коротко обозначают LPT или PRN. Последнее сокращение для принтеров эквивалентно LPT1.

LPT — это сокращение от Line Printer. Первый подключенный принтер обозначается как LPT1, а второй — как LPT2.

Стандарт IBM определяет три параллельных порта ввода/вывода, которые предусмотрены в BIOS PC и во всех версиях DOS. В адресном пространстве компьютера резервируются базовые адреса этих портов: 3BCh, 378h и 278h.

В IBM-совместимых компьютерах за параллельными портами закреплены специальные логические имена, поддерживаемые системой: LPT1, LPT2, LPT3. Эти логические имена не обязательно должны совпадать с указанными выше адресами портов ввода/вывода. При загрузке система анализирует наличие параллельных портов по каждому из трех базовых адресов. Поиск всегда выполняется в следующем порядке: 03BCh, 0378h и затем 0278h. Первому найденному параллельному порту присваивается имя LPT1, второму — LPT2, третьему — LPT3. В результате реализации такой схемы назначения имен можно быть уверенным в том, что в системе всегда будет порт LPT1 (PRN), независимо от присвоенного ему адреса порта ввода/вывода, при условии, что компьютер оборудован хотя бы одним адаптером параллельного порта. Существует несколько типов параллельных портов, но, в большинстве случаев, под этим термином понимают: стандартный, EPP и ECP, а также стандарт IEEE1284; и для большинства применений их можно использовать как синонимы, т. к. эти порты используются для подключения принтеров.

Стандартный параллельный порт

Стандартный параллельный порт предназначен только для односторонней передачи информации от PC к принтеру, что является результатом электрической конструкции порта. Он обеспечивает максимальную скорость передачи данных от 120 до 200 Кбайт/с.

Порт EPP

Фирмы Intel, Xircon, Zenith и ряд других, заинтересованных в улучшении характеристик параллельного порта, совместно разработали спецификацию улучшенного параллельного порта EPP (Enhanced Parallel Port).

Порт EPP является двунаправленным, т. е. обеспечивает параллельную передачу 8 бит данных в обоих направлениях. Это избавляет центральный процессор PC от необходимости выполнения медленных инструкций типа IN и OUT, позволяя программе заниматься непосредственно пересылкой данных. Порт EPP передает и принимает данные почти в шесть раз быстрее стандарт-

ного параллельного порта, чему способствует еще и то, что порт EPP имеет буфер, сохраняющий передаваемые и принимаемые символы до того момента, когда принтер будет готов их принять.

Специальный режим позволяет порту EPP передавать блоки данных непосредственно из RAM PC в принтер и обратно, минуя процессор. Такое преимущество реализуется за счет использования такого ценного ресурса компьютера, как канал прямого доступа к памяти (DMA).

Порт EPP полностью совместим со стандартным портом. Для использования его специфических функций требуется только специальное программное обеспечение. При использовании надлежащего программного обеспечения порт EPP может передавать и принимать данные со скоростью до 2 Мбайт/с.

Подобно интерфейсу SCSI порт EPP позволяет подключать в цепочку до 64 периферийных устройств.

Порт ECP

Дальнейшим развитием порта EPP явился порт с расширенными функциями ECP (Extended Capability Port). Порт ECP обеспечивает еще бóльшую скорость передачи по сравнению с портом EPP. Как и в EPP, в ECP сохранен тот же режим обмена данными через канал прямого доступа к памяти. Также реализован режим работы, позволяющий снизить загрузку центрального процессора при передаче данных через порт. Порт ECP позволяет подключать до 128 периферийных устройств.

Одной из наиболее важных функций, впервые реализованной в ECP, является сжатие данных. Это позволяет резко повысить реальную скорость передачи. Данная функция не является обязательной, поэтому порты, периферийные устройства и программы могут ее и не поддерживать. Однако выигрыш от сжатия данных можно получить только тогда, когда режим компрессии поддерживается как портом ECP, так и принтером. Только в этом случае может быть реализована функция сжатия данных. Если обоюдной поддержки не будет, компьютер будет обмениваться данными с принтером без сжатия.

Стандарт IEEE 1284

В настоящее время стандарты портов EPP и ECP были включены в стандарт Американского института инженеров по электротехнике и электронике IEEE 1284. Многие современные лазерные принтеры используют этот стандарт.

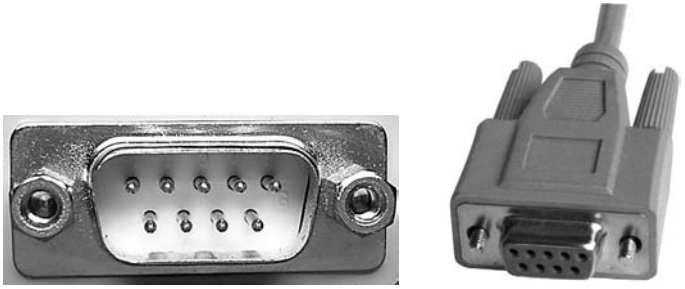
Стандарт IEEE 1284 определяет четыре режима работы: полубайтовый, байтовый, EPP и ECP. Это достигается за счет выполнения требований совместимости с ранее разработанными и уже широко распространенными спецификациями. Заметим, что все они поддерживают двунаправленную передачу данных.

Дополнительно к функциям уже рассмотренных портов стандарт IEEE 1284 позволяет принтеру послать сигнал при аварии. Всякий раз при возникновении ошибки параллельный порт посылает сигнал прерывания IRQ.

В большинстве случаев к параллельному интерфейсу подключается принтер. Однако имеются еще и другие периферийные устройства, управление которыми осуществляется через этот интерфейс. Иногда это внешние дисководы (типа Zip, Jaz), но чаще внешние стримеры. При этом возможна передача данных с максимальной скоростью 1 Мбайт/с. Также параллельные интерфейсы используются для обмена информацией между двумя PC.

Последовательная передача данных для порта COM

Для последовательных интерфейсов выбор подключаемых устройств значительно шире, поэтому большинство PC одновременно оборудовано двумя интерфейсными разъемами для последовательной передачи данных (рис. 5.13). Разъемы последовательного интерфейса на PC представляют собой 9-контактный (вилка) Sub-D; кроме того, в очень старых моделях PC использовался 25-контактный (вилка) Sub-D, назначение контактов которых приведено в табл. 5.5. В наиболее современных моделях PC на корпусе устанавливается только один разъем COM-порта или он имеется только на материнской плате.



а *б*

Рис. 5.13. 9-контактный разъем COM-порта: *а* — на корпусе PC; *б* — на кабеле

Таблица 5.5. *Назначение контактов разъемов последовательного интерфейса*

Контакт разъема DB9	Контакт разъема DB25	Обозначение сигнала	Вход/ выход	Наименование
1	8	DCD (Data Carrier Detect)	Вход	Обнаружение несущей
2	3	RXD (Recive Data)	Вход	Принимаемые данные
3	2	TXD (Transmit Data)	Выход	Передаваемые данные
4	20	DTR (Data Terminal Ready)	Выход	Готовность оконечного устройства
5	7	GND (Ground)	Корпус	Сигнальная земля
6	6	DSR (Data Set Ready)	Вход	Готовность модема
7	4	RTS (Request To Send)	Выход	Запрос передачи
8	5	CTS (Clear To Send)	Вход	Сброс
9	22	RI (Ring Indicator)	Вход	Индикатор звонка

В качестве стандартного обозначения для последовательного интерфейса чаще всего используют RS-232C.

Главный элемент последовательного интерфейса — микросхема 8250 для старых и 16 450 UART (Universal Asynchron Receiver Transmitter) для новых плат контроллеров. Контроллер на базе чипа 8250 обеспечивает максимальную скорость передачи данных 9600 бод, а чип 16 450 — 115 200 бод.

Принцип действия

В отличие от параллельной передачи данных, последовательная связь осуществляется побитно. Отдельные биты пересылаются (или принимаются) последовательно друг за другом, при этом возможен обмен данными в двух направлениях. Уровень напряжения последовательного интерфейса изменяется в пределах от –12 В до +12 В. Благодаря этому относительно высокому на-

пряжению повышается помехоустойчивость, и данные могут передаваться без потерь по кабелю длиной 50 м и более.

В асинхронном режиме, который используют PC (передаваемая команда состоит из стартового бита, 8 бит данных и одного стоп-бита), прием и передача данных осуществляются с одинаковой тактовой частотой.

Для связи через последовательный интерфейс в принципе было бы достаточно трех проводов: провод приема, передачи и корпус. Однако на практике использование всего лишь трех линий приводит к существенному уменьшению производительности.

Конфигурация

Последовательный интерфейс связывает два устройства. Для того чтобы "собеседники" при обмене данными не перебивали друг друга, они должны иметь единый протокол приема/передачи, которым определяется последовательность обмена данными.

Скорость передачи данных

Номинальная скорость передачи — это скорость передачи данных, определяемая количеством элементов двоичной информации, передаваемых за 1 с.

Эффективная (реальная) скорость — это скорость передачи с учетом необходимости передачи служебной информации (что уменьшает эффективную скорость по сравнению с номинальной) и сжатия данных (что увеличивает эффективную скорость).

> ***Примечание***
>
> Скорость передачи измеряется в бодах, названных в честь французского ученого Жана Мориса Эмиля Бодо. Иногда вместо бод употребляют обозначение bps (bit per second), или бит/с. Однако это немного разные вещи. Величина в бодах указывает количество передаваемых битов с учетом служебных битов (стартовые биты, стоп-биты и биты контроля четности). А величина, указанная в bps, подразумевает эффективную скорость передачи самих данных. Типичные значения скорости передачи данных через последовательный интерфейс для PC и периферийных устройств, таких как модемы, составляют 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 бод и выше.

Обратите внимание на то, что при передаче данных, например между двумя модемами, один из которых является высокоскоростным модемом со скоро-

стью 19 200 бод, а другой в состоянии обеспечить обмен данными лишь со скоростью 2400 бод, компьютеры все равно будут общаться со скоростью 2400 бод.

Стартовый бит, стоп-бит, биты данных

Данные при последовательной передаче разделяются служебными посылками, такими как стартовый бит (Start bit) и стоп-бит (Stop bit). Эти биты указывают на начало и конец передачи последовательности бит данных (Data bits). Данный метод передачи позволяет осуществить синхронизацию между приемной и передающей сторонами, а также выровнять скорость обмена данными.

Бит контроля четности

Для идентификации и распознавания ошибок при последовательной передаче в состав посылки дополнительно включают бит контроля четности (Parity bit). Существует несколько различных вариантов использования бита контроля четности:

- бит контроля четности не посылается (No Parity);
- бит контроля четности четный (Even Parity);
- бит контроля четности нечетный (Odd Parity).

Значение бита контроля четности определяется бинарной суммой всех передаваемых битов данных. Пример определения бита контроля четности наглядно иллюстрируется в табл. 5.6.

Таблица 5.6. *Пример определения бита контроля четности*

Данные (текстовый символ)	Бинарный код (ASCII)	Контрольная сумма	Состояние бита контроля четности (режим Even)	Состояние бита контроля четности (режим Odd)
q	01110001	4	0	1
Q	01010001	3	1	0

Для установления связи между двумя последовательными интерфейсами предварительно необходимо сконфигурировать их соответствующим образом, т. е. указать, как будет осуществляться обмен данными: скорость обмена, формат данных, контроль четности и т. п.

Распределение сигналов

Назначение контактов разъема последовательного интерфейса было приведено в табл. 5.5. Рассмотрим подробнее назначение сигналов последовательного интерфейса. Приведенный здесь технический материал поможет разобраться с назначением индикаторов состояния на модеме и правильно настроить коммуникационные программы.

- Сигнал DCD используется в модемах для сообщения компьютеру и коммуникационной программе об установлении связи "модем-модем". Когда локальный модем связывается с удаленным модемом и получает в ответ хороший сигнал несущей, он формирует положительный сигнал DCD.
- Сигнал RXD представляет собой данные, переданные удаленным PC и полученные компьютером/модемом.
- Сигнал TXD представляет собой данные, передаваемые компьютером/модемом. Отметим наличие двух линий данных, одна из которых предназначена для передачи, а другая для приема. Следовательно, при наличии соответствующей коммуникационной программы два последовательных устройства могут передавать данные одновременно.
- Сигнал DTR (положительный) сообщает удаленному PC о готовности компьютера/модема к приему данных. Дополнительным для этого сигнала является сигнал DSR. Чтобы два устройства могли взаимодействовать, оба эти сигнала должны быть высокого уровня, сообщая о наличии устройств и их готовности к обмену данными.
- Линия GND является сигнальной землей, т. е. второй линией, необходимой для передачи и приема сигналов.
- Сигнал DSR наряду с сигналом DTR сообщает PC о включении (режим on-line) и готовности к обмену данными с удаленным компьютером/модемом (сигнал положительный).
- Сигнал RTS является одним из двух сигналов (второй — CTS), благодаря которым осуществляется обмен данными между двумя соединенными компьютерами/модемами. Это сигналы готовности к приему данных. Сигнал RTS формирует локальный, а сигнал CTS — удаленный модем.
- Сигнал CTS дополняет пару сигналов RTS/CTS. В случае отсутствия на соответствующих линиях сигналов RTS и CTS положительной полярности практически во всех системах связи передача данных по последовательному каналу невозможна. Однако имеются исключения. Чаще всего

встречается подключение последовательного оконечного устройства к удаленному компьютеру. При таком способе подключения линии RTS/CTS можно как использовать, так и не использовать. Обычно для того чтобы сэкономить количество проводников в соединительном кабеле, эти линии коммутируют соответствующим образом непосредственно на локальном разъеме интерфейса. Например, можно соединить контакты 4 и 7, а также 8 и 6 внутри на 9-контактном разъеме DB9 последовательного порта PC. После этого остается только соединить контакт 3 (передаваемые данные) на разъеме PC с контактом 3 (принимаемые данные) на принтере или другом устройстве, оборудованном разъемом DB25; соединить контакт 5 на PC с контактом 7 на удаленном устройстве, а также соединить контакт 6 (квитирующий проводник) на PC с контактом 19 разъема принтера или другого устройства. В результате получается однонаправленный кабель PC-принтера, состоящий всего из трех проводников.

- Сигналом RI локальный модем сообщает компьютеру (коммуникационной программе), к которому он подключен, о поступлении телефонного вызова, т. е. о предстоящем сеансе связи.

Монтаж кабельной проводки оконечного устройства, в нашем случае — PC, для передачи данных не всегда прост. Следует использовать кабель, прилагаемый к периферийному устройству.

Если вы хотите связать через последовательный интерфейс два PC, то должны использовать так называемый кабель Null-Modem, потому что в процессе связи не принимает участие специальное оборудование передачи данных, например модем. В этом случае вам нужно самостоятельно изготовить такой кабель. Возможные схемы соединения двух PC через разъемы DB9 приведены на рис. 5.14.

Прерывания и адреса

COM-порты могут быть сконфигурированы различным образом. BIOS PC поддерживает до 4 последовательных интерфейсов. С конфигурацией двух, как правило, проблем не бывает, тем более что стандартные установки на плате интерфейса обычно соответствуют оптимальным. Проблемы могут возникнуть при конфигурировании портов COM3 и COM4, поскольку для них необходимо указать непересекающиеся с другими устройствами адреса и номера линий прерывания.

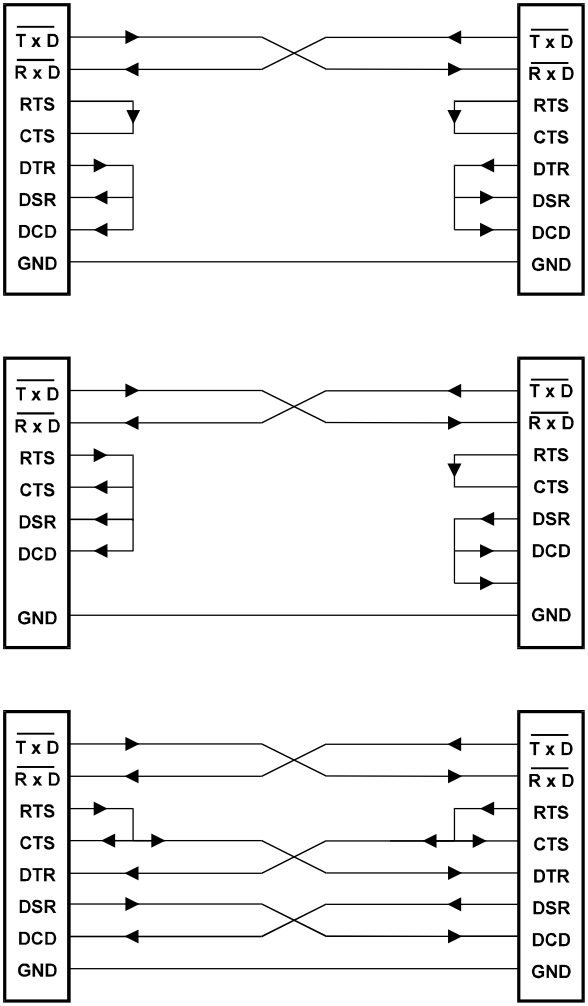


Рис. 5.14. Соединение двух PC через кабель Null-Modem

Стандартные значения адресов и IRQ для COM-портов приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7. *Стандартные значения адресов и IRQ для COM-портов*

Порт	Базовый адрес	Линия прерывания
COM1	3F8h	IRQ 4
COM2	2F8h	IRQ 3

Таблица 5.7 *(окончание)*

Порт	Базовый адрес	Линия прерывания
COM3	3E8h	IRQ 4
COM4	2E8h	IRQ 3

Системные ресурсы

Для нормального функционирования системного блока и периферийных устройств, подключенных к PC, необходимо корректно разделять имеющиеся общие системные ресурсы, основными из которых являются:

- линии запросов на прерывание (IRQ);
- каналы прямого доступа к памяти (DMA);
- базовые адреса портов ввода/вывода.

Некорректное использование одновременно этих ресурсов ведет к конфликтам, в результате которых устройства либо не будут работать вообще, либо будут вести себя непредсказуемо. Эти конфликты могут быть успешно устранены только путем грамотной настройки программно-аппаратных средств. Эту процедуру обычно называют конфигурированием.

Поэтому, на наш взгляд, уместно более подробно рассмотреть специфику имеющихся ресурсов системы и особенности их совместного использования различными устройствами.

Система прерываний

Чтобы устройства, входящие в состав компьютера, могли взаимодействовать с центральным процессором, в IBM-совместимых компьютерах предусмотрена система *прерываний* (Interrupts).

Система прерываний позволяет компьютеру приостановить текущие действия и переключиться на другие в ответ на поступивший запрос, например, на нажатие клавиши на клавиатуре.

Без прерываний было бы очень трудно обеспечить эффективную работу компьютера. С одной стороны, желательно, чтобы компьютер был занят возложенной на него работой; с другой стороны, необходима его мгновенная реак-

ция на любой требующий внимания запрос. Прерывания обеспечивают немедленную реакцию системы.

Каждому компоненту компьютера, которому может потребоваться запросить внимание процессора, выделяется особый номер прерывания. Например, клавиатура имеет свой номер прерывания, поэтому при нажатии клавиши процессор "узнает" об этом. Номера прерываний имеют также дисковые накопители и принтеры. Накопители на дисках с помощью прерываний сообщают об окончании запрошенной программной операции, а принтеры сигнализируют об отсутствии бумаги или о готовности печатать следующий символ.

В IBM PC-совместимых компьютерах имеется два вида прерываний: аппаратные (Hardware interrupts) и программные (Software interrupts). К аппаратным относятся, в первую очередь, прерывания, встроенные в процессор — прерывания при делении на ноль, прерывания при аварии питания и т. п. К аппаратным также относятся прерывания, с помощью которых процессору сообщается об аппаратных событиях, например, уже упомянутых отсутствии бумаги в принтере или окончании дисковой операции.

С помощью прерываний прикладные программы могут выполнять операции, запрограммированные в операционной системе, ROM BIOS или в других сервисных программах. Отметим, что аппаратное прерывание может получить управление и при выполнении программного прерывания. Программные прерывания действуют практически так же, как и аппаратные, и отличаются только источником прерывания.

Аппаратные прерывания работают следующим образом. Когда какому-либо устройству требуется участие процессора (например, когда на клавиатуре нажата клавиша), оно посылает особый сигнал — запрос на прерывание. Получив такой запрос, процессор прекращает выполнять текущую последовательность команд, а вместо нее начинает выполнять другую последовательность, соответствующую данному прерыванию (в нашем примере — передает код нажатой клавиши работающей программе).

Для простой и эффективной локализации процедуры обслуживания прерываний служит таблица векторов прерываний, содержащаяся в первых ячейках памяти компьютера. Вектор — это полный адрес памяти (4 байта) той процедуры, которая вызывается при появлении запроса на прерывание. Таким образом, в таблице векторов прерываний в ячейках памяти с 0 по 3 находится адрес программы обработки прерывания с номером 0, в ячейках памяти с 4 по 7 — адрес программы обработки с номером 1 и т. д.

В IBM PC-совместимых компьютерах управление аппаратными прерываниями осуществляется специальными микросхемами — контроллерами прерываний. Как уже отмечалось, на современных материнских платах контроллеры прерываний интегрированы в микросхему контроллера периферии Chipset.

В PC XT с восьмиразрядной шиной ISA имелось только 8 внешних аппаратных прерываний. В PC AT с процессором 80286 количество линий прерываний было увеличено вдвое благодаря использованию уже двух контроллеров прерываний.

Каждый из контроллеров имеет по 8 входных линий для приема запросов на прерывание. Линии запроса на прерывание называются IRQ (Interrupt-Requests). Прерывания, используемые вторым контроллером, подаются на неиспользованный вход IRQ 2 первого (рис. 5.15).

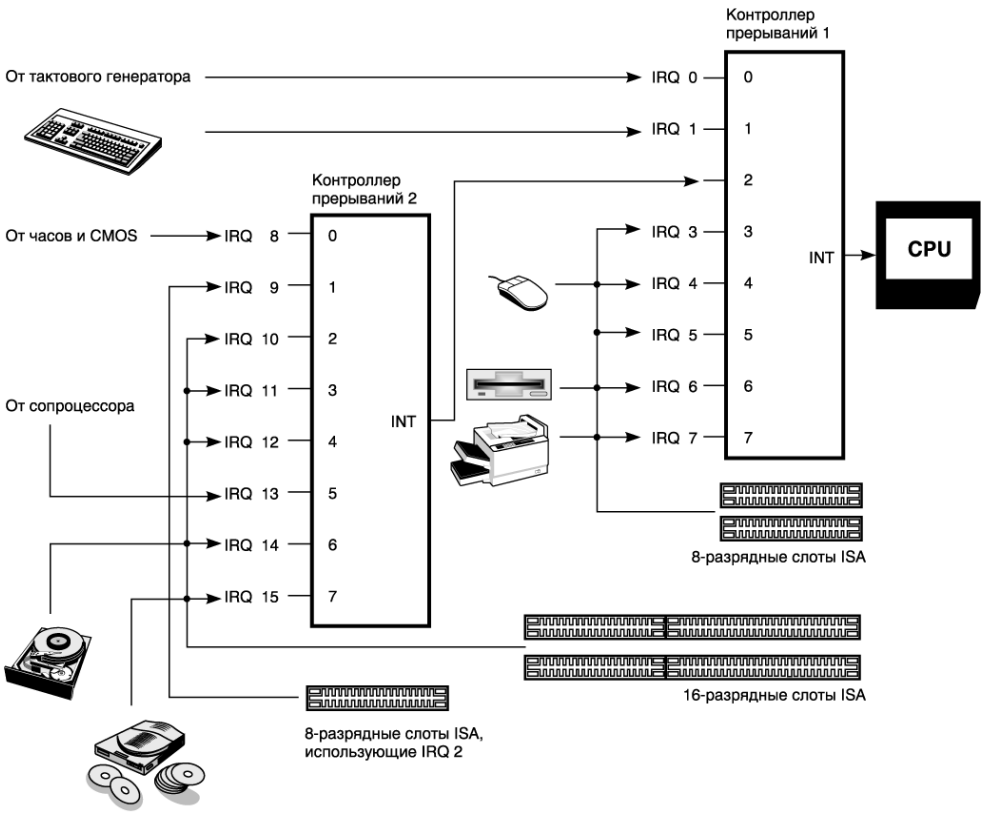


Рис. 5.15. Назначение аппаратных прерываний

Каждая линия имеет свой приоритет. Наивысший приоритет соответствует линии IRQ 0. Отметим, что контроллеры прерываний включены таким образом, что линии IRQ 8—IRQ 15 имеют приоритет ниже приоритета линии IRQ 2, но выше IRQ 3. Каждой линии IRQ соответствует вектор прерываний, указывающий местонахождение процедуры обслуживания запроса на прерывание в ROM BIOS. Линиям IRQ 1—IRQ 7 соответствуют векторы прерываний от 8H до 0FH, а линиям IRQ 8—IRQ 15 — векторы от 70H до 77H.

Часть линий прерываний резервируется системой, а часть может быть предоставлена для использования дополнительным оборудованием, необходимым пользователю. Так, например, IRQ 13 отводится для математического сопроцессора и оно не может быть использовано другим устройством, даже если математический сопроцессор не установлен. Обычно для IBM PC-совместимых компьютеров свободны IRQ 3, IRQ 5, IRQ 7, IRQ 10, IRQ 11 и IRQ 12. Стандартное распределение аппаратных прерываний приведено в табл. 5.8.

Таблица 5.8. *Стандартное распределение аппаратных прерываний*

IRQ	Назначение	Тип адаптера
00	Прерывание от таймера	—
01	Прерывание от клавиатуры	—
02	Связь со вторым контроллером прерывания (каскадное прерывание)	—
03	COM2, COM4	8- или 16-разрядный
04	COM1, COM3	8- или 16-разрядный
05	LPT2 или звуковая карта	8- или 16-разрядный
06	Контроллер дисковода	8- или 16-разрядный
07	LPT1	8- или 16-разрядный
08	Текущее время	—
09	Свободен или сетевая карта	8- или 16-разрядный
10	Свободен	16-разрядный
11	Свободен, SCSI адаптер или поддержка IRQ для управления PCI	16-разрядный

Таблица 5.8 *(окончание)*

IRQ	Назначение	Тип адаптера
12	Свободен и порт мыши Bus Mouse	16-разрядный
13	Сопроцессор	—
14	Первичный IDE (контроллер винчестера)	16-разрядный
15	Вторичный IDE (контроллер винчестера)	16-разрядный

Прямой доступ к памяти

Передача данных в режиме *прямого доступа к памяти* (Direct Memory Access, DMA) требуется при обмене данными между оперативной памятью и высокоскоростными устройствами. В режиме прямого доступа периферийное устройство связано с оперативной памятью непосредственно через каналы прямого доступа (каналы DMA), а не через внутренние регистры микропроцессора. Наиболее эффективным такой режим обмена данными бывает в ситуациях, когда требуется высокая скорость для передачи большого объема информации (например, при загрузке данных в память с компакт-диска).

Для инициализации процесса прямого доступа на системной шине используются соответствующие сигналы. Так, устройство, требующее прямой доступ к памяти, по одному из свободных каналов DMA обращается к контроллеру, сообщая ему путь (адрес), откуда или куда переслать данные, начальный адрес блока данных и объем данных (рис. 5.16). Инициализация обмена происходит с участием процессора, но собственно передача данных осуществляется уже под управлением контроллера DMA, а не процессора.

Для организации прямого доступа в память в компьютерах IBM PC/XT использовалась одна 4-канальная микросхема DMA i8237, канал 0 которой предназначен для регенерации динамической памяти. Каналы 2 и 3 служат для управления высокоскоростной передачей данных между дисководами гибких дисков, винчестером и оперативной памятью соответственно. Доступным является только канал DMA 1.

IBM PC/AT-совместимые компьютеры имеют уже 7 каналов прямого доступа к памяти. Как и для контроллеров прерываний, это достигается путем каскадного включения двух микросхем i8237, интегрированных в микросхему контроллера периферии; одна из линий (канал DMA 4) используется для подключения каналов DMA 0—DMA 3.

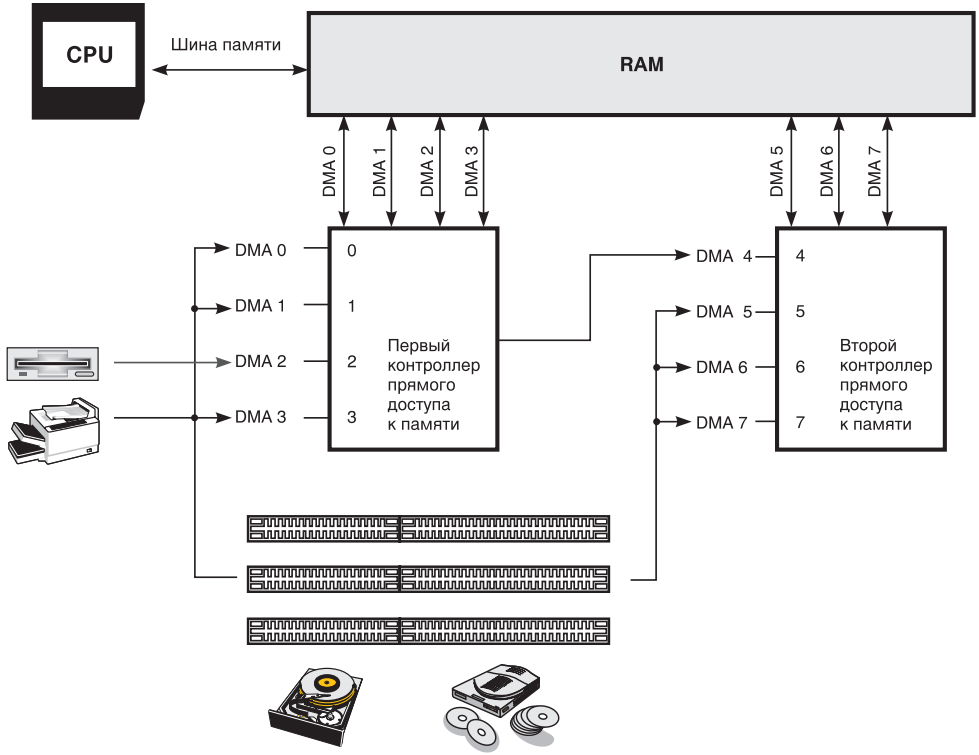


Рис. 5.16. Назначение каналов DMA

Из всех каналов DMA стандартно задействован только канал DMA 2 для обмена данными с дисководом гибких дисков. Каналы DMA 1 и DMA 2 обычно используются звуковыми картами.

Один канал DMA может использоваться различными устройствами, но не одновременно, например, канал DMA 1 — для звуковой карты и стримера. Однако в этом случае вы не сможете одновременно слушать музыку и записывать данные на ленту.

Порты ввода/вывода

В PC любое устройство (контроллеры, установленные на картах расширения или на материнской плате) за исключением оперативной памяти рассматривается центральным процессором как периферийное.

Обмен данными между CPU и периферийными устройствами осуществляется через так называемые *порты ввода/вывода*. Конструктивно порт ввода/вывода — это буферное устройство или регистр контроллера, процессора обработки сигналов и т. п., которые непосредственно подключены к шине ввода/вывода PC.

Для управления обменом данными между аппаратными компонентами компьютера каждому порту ввода/вывода присваивается свой уникальный шестнадцатеричный номер (адрес порта), например 2F8h, 370h. Можно провести аналогию с почтой: чтобы письмо попало по назначению, на конверте должен быть правильно указан адрес получателя. Напомним — символ "h" (hex) означает, что адрес указывается в шестнадцатеричной системе исчисления.

В IBM-совместимых PC можно адресовать (использовать) 65 536 (216) портов ввода/вывода (хотя большинство из них, как правило, не используется). Причем адресное пространство портов ввода/вывода не совпадает с адресным пространством памяти, что дает возможность иметь полный объем памяти и полный набор портов ввода/вывода. Стандартный диапазон адресов портов ввода/вывода для IBM PC-совместимых компьютеров составляет 0—3FFh включительно, хотя реально можно использовать адреса вплоть до FFFFh (например, порты процессора WT-синтеза звуковой карты (*см. главу 15*) имеют адреса в диапазоне 620h—E23h). Сюда входят порты контроллеров клавиатуры, жестких и гибких дисков, видеоадаптеров EGA/VGA, звуковых карт, последовательных и параллельных интерфейсов, игровых портов и любого другого периферийного оборудования.

Отметим, что периферийными устройствами могут использоваться несколько портов ввода/вывода. Иногда их количество может достигать нескольких десятков. Например, контроллер параллельного интерфейса, к которому обычно подключается принтер, имеет три регистра: регистр вывода данных, регистр состояния и регистр управления, адресуемые через свои порты ввода/вывода, а контроллер последовательного интерфейса — десять регистров, адресуемых через семь портов ввода/вывода.

Естественно, адресация портов осуществляется центральным процессором при выполнении той или иной программы. Для того чтобы исключить необходимость указания конкретного адреса каждого порта ввода/вывода при программировании, а также для оперативного их изменения в зависимости от конкретной конфигурации компьютера, существует понятие *базовый адрес порта ввода/вывода* (Base Address Input/Output).

Базовый адрес порта ввода/вывода присваивается каждому периферийному устройству и соответствует младшему адресу из группы портов (обычно адресу порта регистра данных). Адресация остальных портов периферийного устройства осуществляется путем задания смещения (целое число) относительно базового адреса. Например, для адресации порта регистра состояния контроллера параллельного интерфейса необходимо значение базового адреса порта LPT увеличить на единицу.

Следует помнить, что под базовым адресом ввода/вывода любого периферийного устройства понимается весь диапазон адресов портов ввода/вывода.

Например, под интерфейс LPT1 резервируется диапазон адресов 378h—37Eh, в пределах которого можно выбирать базовый адрес порта ввода/вывода. Тогда будет исключена возможность конфликтов при адресации портов на аппаратно-программном уровне. Поскольку для управления и контроля LPT1 используются три регистра, в пределах этого диапазона адресов имеется 5 возможных значений базового адреса — 378h—37Ch. Диапазон адресов 200h—207h зарезервирован под игровой порт для джойстика, хотя фактически из восьми адресов обычно используется только один — 200h или 201h. Подобная ситуация наблюдается и для других устройств.

К сожалению, на практике стандартные адреса портов и прерывания используются не всеми изготовителями аппаратного обеспечения так, как было описано. Тем не менее, вы можете самостоятельно сконфигурировать плату расширения, чтобы это не привело к конфликту между двумя прерываниями или даже адресами портов.

Глава 6

Процессоры

"Сердце" персонального компьютера — процессор, точнее, главный процессор (*Central Processing Unit, CPU*). Подобные процессоры находятся не только в PC. Процессором, вообще говоря, оборудована каждая современная стиральная машина или микроволновая печь. CPU регулирует, управляет и контролирует рабочий процесс. На материнской плате имеется, естественно, не только процессор. Он находится в постоянном взаимодействии с другими элементами материнской платы до тех пор, пока PC включен.

Немного истории

Корпорация Intel была основана в середине июня 1968 г. Робертом Нойсом (Robert Noyce) и Гордоном Муром (Gordon Moore). Тогда же к ним присоединился Эндрю Гроув (Andrew Grove), нынешний председатель Совета директоров Intel.

Первым серийным изделием Intel была "микросхема 3101" (64-разрядная статическая оперативная память). Однако широкую известность и одно из лидирующих мест на рынке компьютерной индустрии Intel получила благодаря разработке и изготовлению микропроцесоров. В настоящее время число сотрудников Intel превысило 64 тысячи человек. Intel является крупнейшим производителем микропроцессоров.

Роберт Нойс

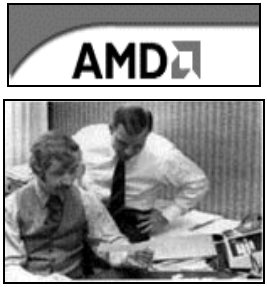
Эндрю Гроув

Конечно же, процессоры отличаются друг от друга. На рынке PC имеется признанный лидер — фирма Intel, которая является (и была) "домашним" и "придворным" поставщиком CPU для IBM-совместимых PC. Основным конкурентом Intel на рынке процессоров для компьютеров PC является корпорация AMD (Advanced Micro Devices). Выпускают CPU и другие фирмы. Например, корпорация IBM имеет довольно большой кусок в сегменте серверов и су-

перкомпьютеров, а также и в области игровых компьютеров-приставок. Корпорация VIA Technologies успешно конкурирует с Intel в области разработки и производства чипсетов и процессоров, в частности, она приобрела в 1998 г. компанию Cyrix (у корпорации National Semiconductor) и Centaur (у IDT).

Немного истории

В 1969 г. Джерри Сандерс (Jerry Sanders) совместно с семью коллегами создает компанию AMD (Advanced Micro Devices) — одного из ведущих мировых поставщиков CPU архитектуры x86 для PC. AMD также производит флэш-память, коммуникационные и сетевые продукты. Штаб-квартира фирмы находится в Sunnyvale (Калифорния, США), ее филиалы разбросаны по всему миру. Сейчас в AMD работает примерно 13 тысяч сотрудников.



Дж. Сандерс (слева)

Процессоры, как и все электрические схемы, подразделяются по типам. К примеру, у процессоров Intel для PC обозначение CPU начинается с 80, затем следуют две или три цифры, которые при необходимости дополняются буквами или цифрами, указывающими тактовую частоту процессора. Перед обозначением типа процессора чаще всего имеется сокращение, идентифицирующее изготовителя. Например, маркировка i80486DX-50 указывает процессор типа 80486, изготовленный фирмой Intel, работающий на тактовой частоте 50 МГц. Из маркетинговых соображений современным процессорам присваивают различные красивые имена, например Core Duo, к которым добавляют ряд цифровых индексов.

Микросхемы фирмы AMD маркируются префиксом AMD и названием семейства процессоров, например Athlon, к которому добавляется порядковый номер или рейтинг процессора относительно аналогичного процессора Intel.

Функционирование процессоров

В состав классического процессора, как правило, обязательно входят четыре основные блока:

- арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- блок управления;
- блок памяти;
- устройства ввода/вывода.

Данная логическая организация процессора — *архитектура* — была определена еще в 1946 г. американским ученым (венгром по национальности) Дж. фон Нейманом. Сегодня, больше половины столетия спустя, почти все процессоры имеют архитектуру "фон Неймана".

Немного истории

В 1946 г. опубликована важная для всего последующего развития вычислительной техники статья Дж. фон Неймана, Г. Голдстейна и А. Беркса "Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства", в которой выдвинута идея использования внешних запоминающих устройств для хранения программ и данных. В результате реализации идей Дж. фон Неймана была создана архитектура вычислительной машины, во многих чертах сохранившаяся до настоящего времени.

Джон фон Нейман

Принцип работы

Принцип работы любого процессора заключается в следующем. На вход CPU по системной шине поступают сигналы в виде логических 0 или 1 (т. е. двоичные сигналы), эти сигналы декодируются и на основании набора инструкций, интегрированных в CPU, управляют работой процессора, затем на выход процессора поступают "результаты работы CPU" в виде логических 0 и 1. Логические 0 или 1 определяются напряжением на линиях шины. Так, в 1,5-вольтовой системе напряжению 1,5 В соответствует 1, а 0 В — 0.

CPU "принимает решение" в результате функционирования так называемых логических вентилей, каждый из которых состоит по крайней мере из одного транзистора. Логические вентили процессора используют принципы, заложенные Лейбницем и Дж. Булем и развитые в работах Шеннона и Винера. Главными булевыми операторами являются И, ИЛИ, НЕ, и НЕ-И (не И), а также всевозможные комбинации этих операторов.

Логические вентили обеспечивают построение необходимого набора логических цепей для реализации инструкций процессора. Логические вентили управляются транзистором данного вентиля. Однако эти транзисторы не являются отдельным элементом. Современные микропроцессоры на одном кристалле содержат десятки и сотни миллионов микроскопических транзисторов. Используемые в комбинации с резисторами, конденсаторами и диодами, они составляют логические вентили, которые в свою очередь и составляют основные блоки процессора. В 1971 г. корпорации Intel впервые

удалось интегрировать логические вентили на одном кристалле и создать первый в мире процессор, получивший название Intel 4004.

Функционирование всех элементов процессора синхронизировано с помощью таймера. Первый микропроцессор работал с тактовой частотой 108 кГц, в то время как современные процессоры уже преодолели рубеж в 3 ГГц, т. е. могут выполнять 3 млрд тактов в секунду. Во время каждого такта происходит обращение к специальному модулю памяти CPU — *счетчику программ* (Programm Counter — PrC), который содержит адрес следующей выполняемой инструкции. Блок управления передает инструкцию из памяти в *регистры инструкций* (Instruction Registers — IR).

В то время как процессор выполняет инструкцию из IR, в счетчик программ поступает ссылка на следующую инструкцию. Некоторые инструкции обрабатываются непосредственно в блоке управления. Однако большинство инструкций поступает в *арифметико-логическое устройство* (Arithmetic and Logic Unit — ALU), в котором выполняются арифметические и логические операции над числами.

> ***Примечание***
>
> В современных процессорах типа Intel Core и AMD64 реализуется значительно более сложная схема обработки команд и данных, но главный принцип работы классической схемы Неймана остался.

Основные компоненты процессора

Главные функциональные компоненты процессора (рис. 6.1) описаны ниже на примере процессора семейства Intel Pentium.

- Ядро — основной компонент процессора, осуществляющий выполнение команд. Pentium имеет два параллельных целочисленных конвейера, дающих возможность читать, интерпретировать, выполнять и посылать две команды одновременно.
- Модуль предсказания перехода (Branch Predictor). Модуль определяет изменение последовательности выполнения команд после перехода, для того чтобы переслать эти команды заранее в декодер команд.
- Сопроцессор. Модуль для выполнения операций с нецелыми числами (числами с плавающей точкой).

Рис. 6.1. Основные компоненты процессора типа Pentium

- Кэш-память первого уровня (L1). CPU Pentium имеет два модуля кэш-памяти (L1) по 8 Кбайт каждый: один для команд, а другой для данных. Время доступа к данным модулям намного быстрее, чем к внешней кэш-памяти второго уровня (L2).
- Интерфейсный модуль системной шины. По системной шине в CPU поступают команды и данные, которые в данном модуле разделяются на два потока. В случае, когда данные и команды выходят от CPU, потоки объединяются.

Примечание

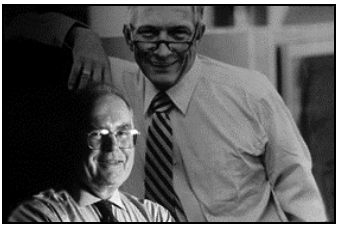
Переход — это изменение последовательности выполнения команд в соответствии с алгоритмом программного обеспечения. Согласно статистике, переходы встречаются в среднем через каждые шесть команд. Существуют безусловные переходы (типа GOTO), когда управление передается по новому указанному адресу, и условные (типа IF), когда изменяется ход выполнения программы в зависимости от результатов сравнения. Условные переходы снижают общую производительность CPU, т. к. в ожидании этого перехода конвейер работает вхолостую.

Немного истории

В 1965 г. сотрудник фирмы Fairchild Semiconductor Гордон Мур (Gordon Moore) — в последствии один из основателей корпорации Intel — обнаружил любопытную закономерность в развитии вычислительных устройств.

В процессе подготовки очередного доклада он, представив в виде графика рост производительности запоминающих микросхем, заметил, что новые модели микросхем разрабатывались спустя более-менее одинаковые периоды (1,5—2 года) после появления их предшественников, а емкость их при этом возрастала каждый раз примерно вдвое. Если такая тенденция продолжится, заключил Мур, то мощность вычислительных устройств экспоненциально возрастет на протяжении относительно короткого промежутка времени.

Впоследствии наблюдение Мура блестяще подтвердилось и было возведено "в ранг закона". На законе Мура основано большинство современных прогнозов роста производительности компьютерных систем.



Гордон Мур (слева)
Роберт Нойс (справа)

Увеличение быстродействия процессора

Согласно закону, сформулированному в 1965 г. Гордоном Муром, количество транзисторов в интегральной микросхеме увеличивалось вдвое каждые 18 месяцев. Мур предсказал, что эта тенденция будет сохраняться в течение следующих десяти лет. График на рис. 6.2 показывает, что закон выполняется и до настоящего времени.

Законы физики ограничивают разработчиков в безграничном увеличении тактовой частоты процессора. Поэтому инженеры постоянно ищут способы заставить процессор выполнять как можно больше операций за один такт. Один подход состоит в увеличении разрядности шины данных и регистров. Первый CPU был 4-разрядным, большинство современных CPU имеет 32- или 64-разрядную шину, разрабатываются и 128-разрядные процессоры. Кроме того, внедряются и другие технологические решения, основные из которых рассмотрены далее.

Сопроцессор

Помимо обмена информацией с другими микросхемами на плате, главное предназначение CPU — считать, считать и считать. Если вы вспомните свое школьное время, то констатируете факт, что счет счету рознь. Основные арифметические операции, такие как сложение и вычитание, умножение и

деление, приносят меньше забот, чем возведение в степень, вычисление тангенсов или операции с плавающей точкой.

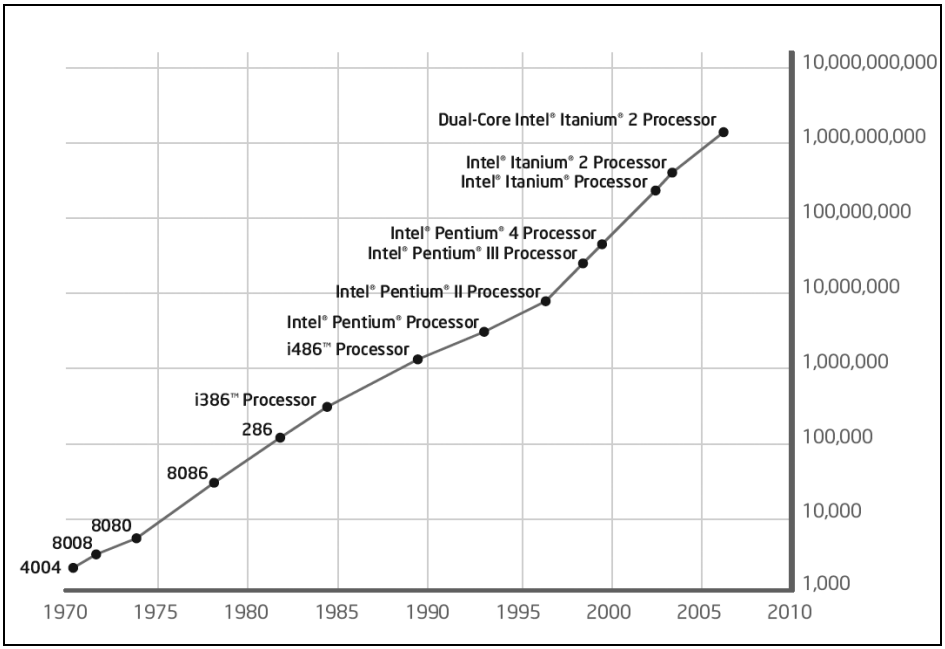


Рис. 6.2. Закон Мура

На заре своего существования процессоры могли эффективно работать только с целыми числами. Для того чтобы обрабатывать дробные числа, необходимо было писать специальные программы, используя простые команды.

Для выполнения арифметических операций с плавающей точкой был разработан специальный арифметический процессор, называемый *сопроцессором*. В отличие от CPU, он не управляет системой, а ждет команду CPU на выполнение арифметических вычислений и формирование результатов. Согласно заявлениям фирмы Intel, арифметический сопроцессор может сократить на 80% и более (по сравнению с CPU) время выполнения таких арифметических операций, как умножение и возведение в степень. Скорость выполнения сложения и вычитания, как правило, остается без изменения.

Сопроцессор — только обиходное название для этого чипа. Правильно он называется *математический сопроцессор* (*Numeric Processing Unit — NPU*, или *Floating Point Processing Unit, FPU*).

Сопроцессор стал впервые применяться с CPU третьего поколения. Тогда он располагался на материнской плате. Начиная с CPU 486DX, сопроцессор интегрирован прямо в CPU.

Конвеерная обработка

Сказать, что процессор с тактовой частотой 100 МГц выполняет 100 млн команд в секунду — не верно. Для выполнения одной команды требуется, как правило для процессоров линейки x86, пять тактов: один, чтобы загрузить команду; один, чтобы ее декодировать; один, чтобы загрузить данные, один — выполнить команду и один, чтобы записать результат. В этом случае очевидно, что процессор с тактовой частотой 100 МГц может выполнить лишь 20 миллионов команд в секунду.

Большинство процессоров теперь использует конвейерную обработку. Под конвейером в данном случае понимается такой метод внутренней обработки команд, когда исполнение команды разбивается на несколько *ступеней* (Stages) и каждой ступени соответствует свой модуль в структуре CPU. По очередному тактовому импульсу каждая команда в драйвере продвигается на следующую ступень, при этом выполненная команда покидает конвейер, а новая поступает в него.

Конвейерную обработку можно сравнить с работой грузчиков, стоящих в "цепочке" и передающих из рук в руки упаковки с продуктами. В этом случае процесс погрузки (разгрузки) существенно ускоряется по сравнению с тем, когда каждый грузчик бегает с отдельной упаковкой к месту их складирования.

Процессоры, имеющие несколько ступеней, называются *суперскалярными.*

Таким образом, если за один такт одна команда загружается, другая декодируется, для третьей команды загружаются данные, четвертая фактически выполняется, а результаты пятой команды записываются, то можно говорить, что одна команда выполняется за один такт.

Суперскалярная архитектура

Процессоры, имеющие несколько конвейеров, называются *суперконвейерными.* Таким образом, несколько команд могут выполняться параллельно. Так, например, CPU Pentium Pro, предок всех современных процессоров, способен выполнить до пяти команд за один такт.

Технология MMX

Технология MMX ориентирована на решение задач мультимедиа, требующих интенсивных операций с целыми числами. Подобные задачи решают игровые, коммуникационные, обучающие программы, которые используют графику, аудио, трехмерное изображение, мультипликацию и т. п.

Сущность технологии MMX состоит в появлении в CPU Pentium виртуального эквивалента 8 новых 64-разрядных регистров и 57 новых команд для решения задач мультимедиа. Восемь новых регистров можно назвать виртуальными потому, что физически эти регистры являются регистрами сопроцессора. Таким образом, сохраняется совместимость с предыдущими поколениями программ.

В сопроцессорах Pentium имеется восемь универсальных регистров для операций над числами с плавающей точкой по 80 бит каждый. При описании числа с плавающей точкой используются 64 бита для мантиссы и 16 бит для экспоненты. Команды MMX используют только 64-разрядную часть мантиссы каждого из регистров сопроцессора (рис. 6.3).

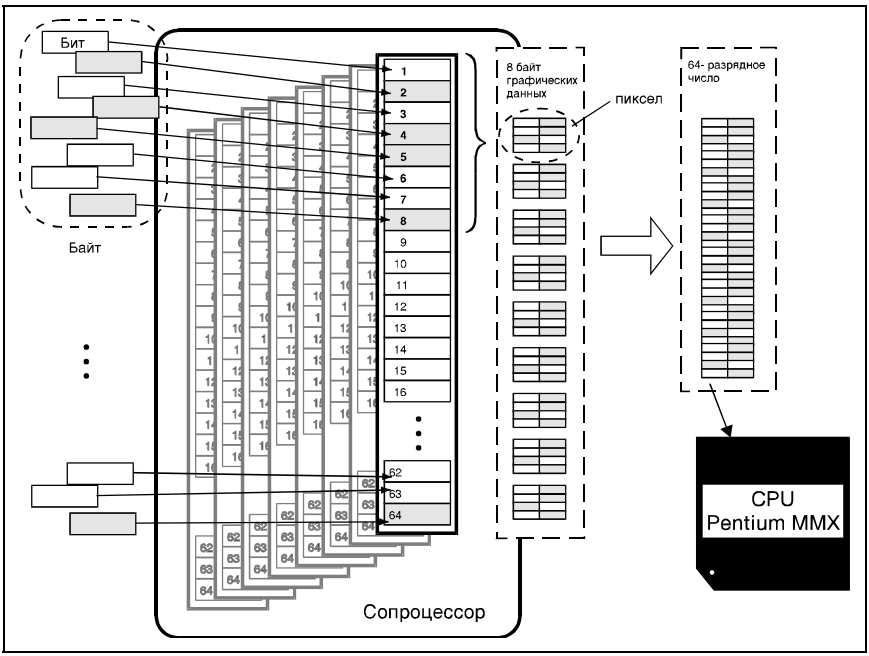


Рис. 6.3. Реализация регистров процессоров Pentium и Pentium MMX

Регистры сопроцессора могут содержать 8 упакованных байтов, 4 упакованных 16-разрядных слова, два упакованных 32-разрядных двойных слова или же одно 64-разрядное слово. Таким образом, данные мультимедиа, разрядность которых кратна восьми, упаковываются в одно 64-разрядное слово, и над ним производится некое общее действие.

Эта методика называется *одиночной командой с множественными данными* (Single Instruction Multiple Data, SIMD) и ориентирована на алгоритмы и типы данных, которые характерны для программного обеспечения мультимедиа. Предположим, что программа управляет графикой в 8-разрядном представлении цвета (т. е. цвет каждого пиксела кодируется 8 битами). MMX-команда может упаковать восемь пикселов в один операнд и обработать их все одновременно. Обычный CPU обрабатывает пикселы последовательно. Приложения, работающие со звуком, в основном используют 16-разрядные пакеты данных, таким образом, одна команда MMX может обработать сразу четыре таких пакета. Следует отметить, что для реализации этого алгоритма требуется специальное программное обеспечение, ориентированное на CPU класса MMX.

Технология SSE

В январе 1999 г. в технологию MMX было добавлено 70 новых команд (SIMD-инструкций) групповой обработки данных с плавающей точкой (50) и дополнительные команды групповой обработки целочисленных данных (20). Благодаря этому набору команд, называемому SSE (Streaming SIMD Extensiuon), KNI (Katmai New Instruction) или MMX2, были расширены возможности обработки изображений, потоков аудио- и видеоданных, а также распознавания речи.

Так как инструкции MMX оказались стандартом де-факто для всей линейки процессоров x86, то конкуренты в лице AMD для новых процессоров предложили дополнительный набор из 21 мультимедийной инструкции под названием 3DNow! (в дальнейшем этот набор был дополнен новыми командами), которые узаконили дополнительные регистры памяти в архитектуре процессоров x86. В ответ через год корпорация Intel в процессорах Pentium III ввела новый набор инструкций SSE. В процессорах Pentium 4 добавился набор инструкций SSE2. В дальнейшем были разработаны наборы инструкций SSE3 в вариантах для процессоров Intel и AMD. Последние веяния — это набор инструкций SSE4, который сначала предложила корпорация AMD, и ныне известный как SSE4A, а потом корпорация Intel свой набор под вариантами SSE4.1 и SSE4.2.

Несмотря на такую пестроту мультимедийных инструкций, все современные программы поддерживают все варианты как от Intel, так и от AMD. Интересна эволюция внедрения инструкций SSE, например, на сайте корпорации Intel представлены следующие данные:

- SSE, 1999 г. — 70 инструкций;
- SSE1, 2000 г. — 144 инструкции;
- SSE2, 2004 г. — 13 инструкций;
- SSE3, 2006 г. — 32 инструкции;
- SSE4.1, 2007 г. — 47 инструкций;
- SSE4.2, 2008 г. — 7 инструкций.

Технология 3DNow!

Для решения задач мультимедиа корпорация AMD разработала и установила на свои CPU новый модуль с конвейерной структурой для обработки 24 новых 3D-инструкций для ускорения обработки трехмерной графики, аудио- и видеоданных. Этот модуль получил название 3DNow!.

В отличие от технологии MMX, основанной на работе с целыми числами, в набор инструкций 3DNow! включены команды, работающие с вещественными числами, что важно при расчете трехмерных сцен. Теоретически 3DNow! должен заменить сопроцессор при расчете трехмерных объектов. Модуль может выполнять одновременно до четырех SIMD-инструкций, что заметно увеличивает производительность процессора.

Технология Hyper-Thereading

Фактически все современные операционные системы (начиная с Windows NT) и приложения (базы данных, мультимедиапрограммы, системы автоматизированного проектирования и др.) поддерживают так называемые *потоки* или *нити* (threads). Потоки — это наборы команд, для выполнения которых процессором выделяется время. Потоки позволяют в рамках одной программы решать несколько задач одновременно. К примеру, пакеты из состава MS Office задействуют по несколько потоков. MS Word может одновременно корректировать грамматику и печатать, при этом осуществляя ввод данных с клавиатуры и мыши.

В многопроцессорных системах разные потоки могут обрабатываться на разных процессорах (при использовании современных операционных систем и приложений), что увеличивает скорость обработки данных.

Технология Hyper-Thereading имитирует работу с потоками 2-процессорной системы, создавая на одном CPU два логических процессора.

Для реализации в системе технологии Hyper-Thereading необходимо:

- процессор Intel Pentium 4, поддерживающий данную технологию, или Intel Core i7;
- набор микросхем Intel с поддержкой технологии Hyper-Thereading;
- BIOS с поддержкой технологии Hyper-Thereading (соответствующая опция должна быть включена);
- операционная система, оптимизированная для работы с технологией Hyper-Thereading.

Производственный процесс

Основное отличие микропроцессоров от других электронных компонентов (транзисторов или интегральных схем) состоит в том, что он располагается на одном кристалле (чипе).

Основным материалом для изготовления чипов является кремний. На первом этапе кремниевый слиток выращивается. При этом он должен быть прозрачным и не иметь дефектов. Данный факт существенно ограничивал размеры кремниевого слитка. Первые слитки имели диаметр около 50 мм, современные — 300 мм и более.

На следующем этапе слиток нарезается на пластины, называемые подложками, которые полируются до зеркального блеска. На этих подложках и создаются чипы. На одной подложке формируется множество процессоров.

На следующем этапе подложку покрывают пленкой окислов (SiO_2), которая является изолятором и защитой поверхности пластины (рис. 6.4, *а*), и затем наносят светочувствительный слой.

Следующий этап, получивший название *фотолитографии*, по сути напоминает печать фотографий, только в качестве фотобумаги выступает пластина кремния, в качестве негатива — фотошаблон (квадратная пластина кварцевого стекла, покрытая пленкой), в качестве проявителя — специальные химикаты, удаляющие светочувствительный слой (могут также применяться рентгеновские лучи и другие методы), в качестве фиксажа — печь.

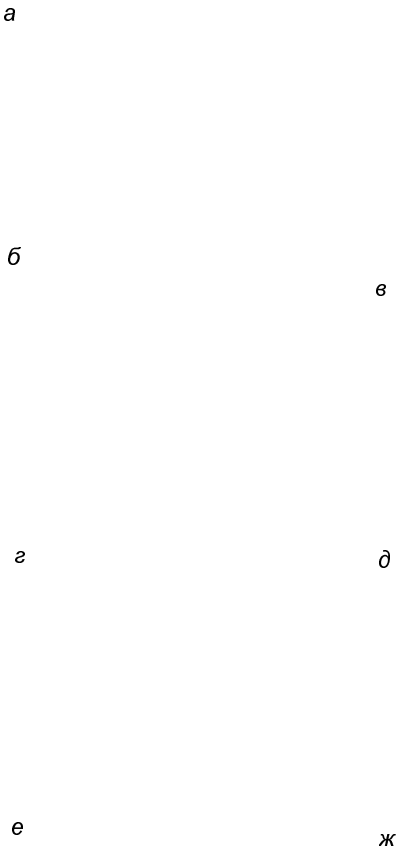


Рис. 6.4. Основные этапы производства ядра CPU

Фотошаблон формируется фотохимическим способом, правда засвечивание светочувствительного слоя происходит с помощью электронно-лучевой литографии. Следует отметить, что электронно-лучевая литография имеет в 10—15 раз более низкую производительность по сравнению с фотолитографическими процессами.

Пластину помещают в установку экспонирования, установка автоматически выравнивает пластину, настраивает фокус и засвечивает светочувствитель-

ный слой через фотошаблон и систему линз так, что на пластине получается изображение кристалла в масштабе 1:1 (рис. 6.4, *б*). Затем пластина сдвигается, экспонируется следующий кристалл и так далее, пока не обработаются все чипы на пластине. В результате засвечивания ультрафиолетовыми лучами химический состав тех участков светочувствительного слоя, которые попали под прозрачные области фотошаблона, меняется. Что дает возможность удалить их с помощью соответствующих химикатов или других методов, вроде плазмы или рентгеновских лучей (рис. 6.4, *в*).

После чего аналогичной процедуре (уже с использованием других веществ) подвергается и слой окислов на поверхности пластины. И снова, опять же, уже новыми химикатами, снимается светочувствительный слой (рис. 6.4, *г, д*).

Затем используется новый фотошаблон, чтобы создать следующий уровень, и весь процесс повторяется (число таких операций может составить более 20), пока не будет создана вся структура ядра. Данный этап производства чипа является критическим в плане ошибок: любая пылинка или микроскопический сдвиг в сторону при наложении очередного фотошаблона, и чип уже может отправиться на свалку. Это определяет серьезные требования к качеству материала и чистоте производственных помещений. Например, при использовании 0,25 мкм технологии (т. е. когда минимальный топологический размер — ширина токоведущей дорожки и расстояние между соседними дорожками — составляет 0,25 мкм) в помещении допускается 1 частица размером не более 0,05 мкм в кубическом футе (28,3169 $дм^3$) — т. н. уровень класса 1 (класс 10 допускает 10 частиц/фут, а класс 100 — 100 частиц/фут). Для сравнения: стоящий неподвижно человек каждую минуту выдыхает порядка 500 таких пылинок. Поэтому производственный процесс происходит в стерильных помещениях, люди работают в специальных костюмах (рис. 6.5).

После того как сформирована структура чипа, пришло время для изменения атомной структуры кремния в углубленных участках путем добавления различных примесей. Это требуется для того, чтобы получить области кремния с различными электрическими свойствами. Для формирования p-областей используют бор, галлий, алюминий, для создания n-областей — сурьму, мышьяк, фосфор. Поверхность пластины тщательно очищается, чтобы вместе с примесями в кремний не попали лишние вещества, после чего она попадает в камеру для высокотемпературной обработки и на нее, в том или ином агрегатном состоянии, с использованием ионизации или без, наносится небольшое количество требуемых примесей. После чего, при температуре порядка 700—1400°C, происходит процесс диффузии — проникновения требуемых элементов в кремний на его открытых в процессе литографии участках.

В результате на поверхности пластины получаются участки с нужными свойствами (рис. 6.4, *е*). И в конце этого этапа на их поверхность наносится все та же защитная пленка из окисла кремния, толщиной порядка 1 мкм.

а

б

Рис. 6.5. Увеличенное изображение крупинки соли на фоне микропроцессора (*а*); специальный костюм (*б*)

На последнем этапе на поверхности чипа прокладываются металлические соединения (рис. 6.4, *ж*). До недавнего времени для этой цели обычно использовался алюминий, однако в последнее время стали использовать медь. Медь является лучшим проводником, чем алюминий (удельное сопротивление 0,0175 против 0,028 Ом□мм^2/м), поэтому применение меди в качестве межкомпонентных соединений на кристалле позволяет уменьшить сечение соединений. Однако алюминий образует лучший контакт с кремнием, чем медь. Ученым многих крупнейших компаний потребовалось несколько десятилетий, чтобы найти принцип создания сверхтонкой разделительной области между кремниевой подложкой и медными проводниками, предотвращающей диффузию этих двух материалов. Практически реализовать использование меди в качестве проводников кристаллов удалось IBM в 1998 г. AMD начинает выпуск медных Athlon в начале 2000 г., Intel "перешла на медь" в 2002 г. одновременно с переходом на 0,13 мкм техпроцесс.

На рис. 6.6 представлен один из первых процессоров Intel — процессор 4004.

Но это еще не все. Полученные кристаллы выборочно тестируются (рис. 6.7). На заре производства кристаллов брак составлял около 50%. В настоящее время процент брака гораздо меньше, но все равно он не равен 0. Бракованные кристаллы удаляются из партии, а хорошие устанавливаются в корпус, который многие и считают процессором.

Мы описали довольно общую схему производства ядра CPU. Инженеры крупнейших компаний постоянно работают над разработкой технологий, по-

зволяющих увеличить количество элементов ядра, уменьшить размеры этих элементов и площадь кристалла и при этом увеличить тактовую частоту работы процессоров.

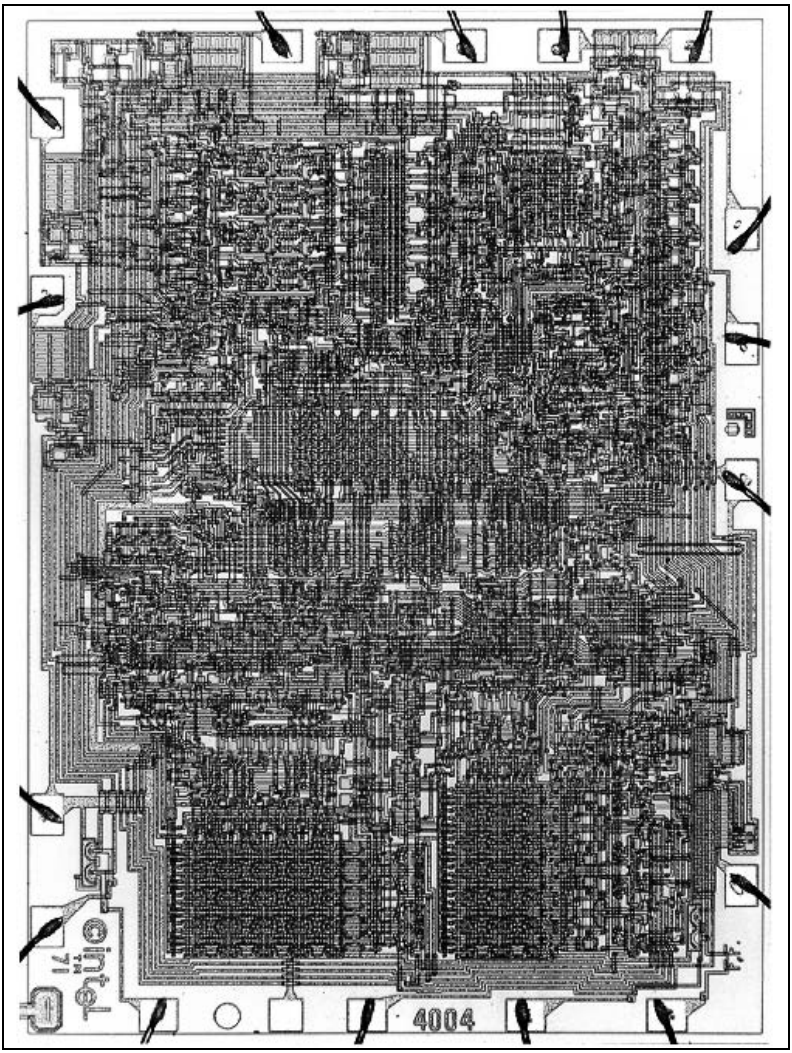


Рис. 6.6. Процессор i4004

В табл. 6.1 приводятся размеры элемента ядра процессоров Pentium различных поколений.

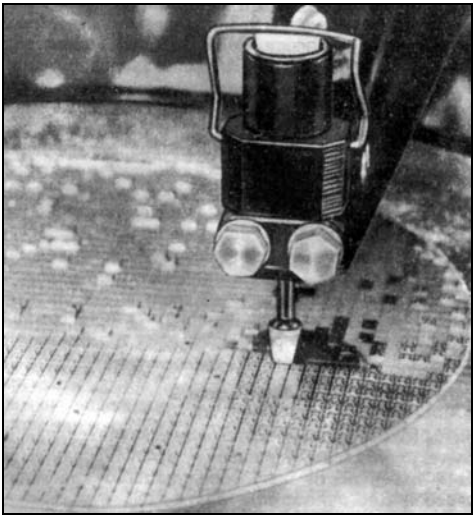


Рис. 6.7. Разбраковка изготовленных на пластине кристаллов (черными точками помечен брак)

Таблица 6.1. *Некоторые характеристики ядра CPU*

Тип процессора	Размер элемента ядра, мкм	Количество транзисторов, млн	Размер кристалла, мм^2
Pentium (1 поколение)	0,8	3,1	296
Pentium (2 поколение)	0,6; 0,35	3,1	148
Pentium (3 поколение)	0,35	3,3	90
Pentium MMX	0,35	4,5	141
Pentium Pro	0,35	5,5	195
Pentium II (Deschutes)	0,25	7,5	131
Pentium III (Coppermine)	0,18	28	
Pentium 4 (Willamate)	0,18	42	217
Pentium 4 (Northwood)	0,13	55	146
Core Duo	0,065	151	90
Core i7	0,045	731	263

Основные характеристики процессоров

Производительность CPU характеризуется следующими основными параметрами:

- степень интеграции;
- внутренняя и внешняя разрядность обрабатываемых данных;
- тактовая частота;
- количество инструкций, выполняемых за один такт;
- память, к которой может адресоваться CPU;
- объем встроенной кэш-памяти;
- количество уровней кэш-памяти.

Кроме того, CPU различаются по технологии производства, напряжению питания, форм-фактору и др.

Современные CPU, начиная с CPU Pentium, различаются наличием кэш-памяти второго (третьего) уровня и тактовой частотой ее функционирования, применением различных технологий, призванных повысить производительность CPU, поддержкой различной тактовой частоты системной шины и др.

Чтобы показать процесс развития полупроводниковых технологий в табл. 6.2 приведены основные характеристики CPU корпорации Intel, которые выпускались до начала эпохи процессоров Pentium. Для сравнения в таблице указаны характеристики 4- и 8-разрядных процессоров, которые были родоначальниками линейки процессоров x86.86

Таблица 6.2. *Основные характеристики процессоров корпорации Intel*

Процессоры Intel 486 и более ранние					
Наименование	**Тактовая частота, МГц**	**Дата выпуска**	**Технология**	**Количество транзисторов**	**Адресуемая память**
4004	0,108	ноябрь 1971 г.	10 мкм	2300	640 байт
8008	0,200	апрель 1972 г.	10 мкм	3500	16 Кбай
8080	2	апрель 1974 г.	6 мкм	4500	64 Кбайт
8085	5	март 1976 г.	3 мкм	6500	
8086	10/8/5	08.06.1978 г.	3 мкм	29 000	1 Мбайт

Таблица 6.2 (*окончание*)

Процессоры Intel 486 и более ранние					
Наименование	**Тактовая частота, МГц**	**Дата выпуска**	**Технология**	**Количество транзисторов**	**Адресуемая память**
8088	8/5	июнь 1979 г.	3 мкм	29 000	
80186	12/10	1982 г.			
80286	12/10/6	февраль 1982 г.	1,5 мкм	134 000	16 Мбайт
Intel 386 DX	16 20 25 33	17.10.1985 г 16.02.1987 г. 04.04.1988 г. 10.04.1989 г.	1,5 мкм 1 мкм	275 000	4 Гбайт
Intel 486 DX	25 33 50	10.04.1989 г 07.05.1990 г. 24.06.1991 г.	1 мкм 0,8 мкм 0,8 мкм	1,2 млн	4 Гбайт
Intel 486 DX2	50 66 (Кэш-память L2: 256 Кбайт)	03.03.1992 г. 10.08.1992 г.	0,8 мкм	1,2 млн	4 Гбайт
Intel DX4	100/75 (Кэш-память L2: 256 Кбайт)	07.03.1994 г.	0,6 мкм	1,6 млн	4 Гбайт

Степень интеграции

Степень интеграции микросхемы (чипа) показывает, сколько транзисторов может в ней уместиться. Для процессора Pentium (80586) Intel — это приблизительно 3 млн транзисторов, расположенных на площади 3,5 см^2, а для CPU Pentium 4 — уже 55 млн. Современный CPU Intel Core i7 содержит уже 731 млн транзисторов, причем площадь кристалла значительно меньше, чем у его предшественников.

Специалисты Intel считают, что если развитие микропроцессорной индустрии будет продолжаться прежними темпами, то вполне возможно, к 2011 г. микропроцессоры Intel будут работать на тактовой частоте 10 ГГц. При этом на каждом таком процессоре может находиться около 1 млрд транзисторов.

Этот прогноз был сделан давно, и он, учитывая состояние дел в 2009 г., близок к реальности и по количеству транзисторов на кристалле, и тактовой частоте (пользователи разгоняют отдельные экземпляры процессоров до частоты 6 ГГц).

Внутренняя разрядность данных

Одной из основных характеристик процессора является количество бит, которое он может обрабатывать одновременно: 16, 32 или 64 бита. Все современные процессоры Intel Pentium и Core и AMD64 32-разрядные, но с возможностью работы и в 64-разрядном режиме и с поддержкой старого 16-разрядного режима.

Первые процессоры линейки x86 для компьютеров PC были 16-разрядными. В 1985 г. в процессоре Intel 386 был реализован 32 режим работы. В 2002 г. в процессорах AMD 64 Opteron был внедрен 64-разрядный режим.

Но, говоря о разрядности, следует помнить, что выше были приведены данные, которые касаются процессоров для компьютеров PC. Для примера, можно отметить, что первый 64-разрядный процессор (на одном кристалле) появился в мае 2001 г. — это Intel Itanium, но он не может использоваться в архитектуре компьютеров PC.

Внешняя разрядность данных и тактовая частота шин

Процессор управляет системой, обмениваясь данными с кэш-памятью, RAM и другими устройствами по специальным магистралям, называемым шинами.

Как уже было отмечено в *главе 5*, важнейшими характеристиками шины являются ее разрядность и тактовая частота, потому что они определяют количество бит информации в секунду, которые теоретически можно передавать по шине, — пропускную способность шины.

Еще совсем недавно тактовая частота системной шины FSB составляла 66, 100 и 133 МГц, в настоящее время тактовая частота FSB увеличилась до 400, 533, 800 и 1066 МГц, а для наиболее продвинутых систем до 1333 и 1666 МГц. Правда, следует учесть, что реальная тактовая частота параллельной шины

составляет меньшую величину за счет передачи за один такт 2, 4 или 8 пакетов данных. Например,

166,6 □ 8 = 1332,8 МГц.

Для последовательных системных шин типа HiperTransport и QPI тактовая частота лежит в районе 1600 и 2000 МГц. Но при расчетах производительности последовательной шины следует учитывать, что каждый байт кодируется 10 битами, что обеспечивает контроль и исправление ошибок.

В табл. 6.3 и 6.4 представлена внешняя разрядность данных процессоров различных поколений, а также тактовая частота и пропускная способность системной шины. Для процессоров Intel Pentium III и 4 приведены данные только для младших моделей со 100-мегагерцевой шиной.

В современных процессорах для повышения производительности используют не повышение тактовой частоты, а увеличение разрядности, передачу за один такт нескольких пакетов данных, применение последовательной шины вместо параллельной.

Примечание

Разрядность процессора определяется внутренней, а не внешней разрядностью данных. Например, хотя 32-разрядный CPU может одновременно пересылать/получать 64 бита данных, он является 32-битным, т. к. внутренние регистры оперируют 32-битными операндами.

Таблица 6.3. *Внешняя разрядность данных CPU первого и второго поколения и пропускная способность системной шины*

Тип процессора	Внешняя разрядность	Пропускная способность системной шины, Мбайт/с						
		Тактовая частота системной шины, МГц						
	данных, бит	4,7	6	8	10	12	16	20
8088	8	4,77	—	8	—	—	—	—
8086	16	9,54	—	16	20	—	—	—
80286	16	—	12	16	20	24	32	40

Таблица 6.4. *Внешняя разрядность данных CPU третьего, четвертого, пятого, шестого и седьмого поколения и пропускная способность системной шины*

Тип процессора	Внешняя разрядность				Пропускная способность системной шины, Мбайт/с					
					Тактовая частота системной шины, МГц					
	данных, бит	16	20	25	33	40	50	60	66	100
80386DX	32	66	80	100	132	160	—	—	—	—
80486DX	32	—	—	100	132	—	200	—	—	—
80486DX2	32	—	—	100	132	160	—	—	—	—
80486DX4	32	—	—	100	132	160	—	—	—	—
Pentium	64	—	—	—	—	—	400	480	528	—
Pentium MMX	64	—	—	—	—	—	400	480	528	—
Pentium Pro	64	—	—	—	—	—	—	480	528	—
Pentium II/III	64	—	—	—	—	—	—	—	528	800
Pentium 4	64	—	—	—	—	—	—	—	—	3200*

* 4 пакета данных за один такт.

Тактовая частота

Любой современный PC имеет *тактовый генератор* (System Clock), который синхронизирует работу различных его компонентов. Минимальный промежуток времени, определяемый тактовым генератором, еще называют *циклом*. Частота работы тактового генератора системной шины FSB (Front Side Bus) — внешней шины процессора — измеряется в мегагерцах (миллион циклов в секунду).

Первые PC имели один тактовый генератор, который с частотой 8 МГц синхронизировал работу процессора, памяти и шины ввода/вывода. С развитием

PC возникла необходимость в использовании нескольких тактовых генераторов. Как правило, современные PC оборудованы 4—5-тактовыми генераторами, работающими синхронно на различных частотах. Когда говорят о тактовой частоте системы, то всегда имеют в виду тактовую частоту системной шины. Тактовые частоты всех остальных компонентов PC являются кратными частоте системной шины. В табл. 6.5 представлены тактовые частоты различных компонентов системы с CPU Pentium II, работающим с тактовой частотой 266 МГц. (Для компьютеров с современными процессорами ситуация для внешних устройств точно такая же, но внутри процессора различные операционные блоки могут работать с самыми различными тактовыми частотами, которые не всегда кратны тактовой частоте шины FSB.)

Таблица 6.5. *Тактовые частоты различных компонентов системы*

Устройство/шина	Тактовая частота, МГц
Процессор	266 (FSB □ 4)
Кэш-память второго уровня	133 (FSB □ 2)
Системная шина	66 (FSB)
Шина PCI	33 (FSB/2)
Шина ISA	8,3 (FSB/8)

Таким образом, производительность всей системы в целом зависит от тактовой частоты системной шины.

Увеличение тактовой частоты системной шины обычно дает больший положительный эффект для повышения быстродействия системы, чем увеличение тактовой частоты CPU, т. к. CPU пропускает большое количество циклов в ожидании информации от более медленных устройств, одним из которых является системная шина.

Адресация памяти

CPU находится в прямом контакте с оперативной памятью PC. Данные, которые обрабатывает CPU, должны временно располагаться в RAM и для дальнейшей обработки снова могут быть востребованы из памяти.

Представьте оперативную память как маленький город, в котором каждый дом (ячейка памяти) имеет отдельный адрес. При этом транспортный сервис может целенаправленно отдавать и завозить письма, посылки и т. п. Дорогой является адресная шина.

Адресная шина представляет собой набор проводников, по которым передается информация о местоположении данных в той или иной области памяти.

Ширина адресной шины определяет количество ячеек, к которым может обратиться CPU для чтения или записи. Ширина адресной шины и ширина шины данных не связаны, хотя эти шины работают с одинаковой тактовой частотой.

Как правило, процессоры могут адресовать гораздо больше памяти, чем фактически установлено (и может быть установлено) на материнской плате, что связано с конструктивными и технологическими особенностями производства материнских плат. Например, если CPU теоретически может адресовать 4 Гбайт оперативной памяти, но реальные возможности по адресации памяти зависят от используемого чипсета материнской платы, возможностей BIOS и операционной системы. Например, для большинства 32-битных версий операционной системы Windows XP было доступно всего 2 Гбайт оперативной памяти.

В табл. 6.6 представлены ширина адресной шины и максимальный объем оперативной памяти, к которой могут обращаться процессоры различных типов.

Таблица 6.6. *Зависимость объема адресуемой памяти от ширины адресной шины*

Тип процессора	Ширина адресной шины, бит	Максимальный объем адресуемой памяти
8088, 8086	20	1 Мбайт
80286,	24	16 Мбайт
80386DX, 80486DX, 80486DX2, 80486DX4, Pentium, Pentium MMX	32	4 Гбайт
Pentium 4	36	64 Гбайт
Pentium Itanium	64	4 Тбайт

Режимы работы процессора

Реальный режим

Реальный режим (Real Mode) соответствует возможностям CPU 8086/8088, позволяя адресовать не более 1 Мбайт памяти.

Чтобы поддержать совместимость с ранее разработанными программами, процессоры 286 и даже Pentium работают под управлением операционной системы MS-DOS в реальном режиме и используют при этом, конечно же, минимальные возможности процессора.

Защищенный режим

Защищенный режим (Protected Mode) появился впервые в CPU 80286. В этом режиме CPU может адресовать до 16 Мбайт физической и до 1 Гбайт виртуальной памяти. Если физическая память полностью загружена, то данные, не поместившиеся в память, располагаются на винчестере. Таким образом, CPU работает не с реальными, а с виртуальными адресами, которые управляются с помощью специальных таблиц, чтобы информацию можно было найти (или снова записать). Эту память называют еще *виртуальной памятью*, потому что фактически она не существует.

Кроме того, в защищенном режиме возможна поддержка *мультизадачного режима* (Multitasking). При этом CPU может выполнять различные программы в выделенные кванты времени, отведенные каждой из программ (пользователю же кажется, что программы выполняются одновременно).

Виртуальный режим

Впервые, начиная с процессора 386, CPU могут эмулировать работу нескольких процессоров 8086 (максимум 256) и, тем самым, обеспечить многопользовательский режим так, чтобы на одном PC можно было запустить одновременно даже различные операционные системы. Естественно, увеличивается и возможное количество выполняемых приложений.

64-разрядный режим

Начиная с процессоров AMD64, в современных высокопроизводительных процессорах x86 поддерживается 64-разрядная обработка данных, т. е. основные регистры процессора имеют размер 64 бита. Правда, в процессорах

линейки x86 64-разрядный режим реализован как дополнительный, а основным остается 32-разрядный. Процессор может по командам в программе переключаться между этими режимами работы.

Разработчиками процессоров гарантируется, что все старое программное обеспечение, предназначенное для 32-разрядных процессоров, может работать и на новых процессорах. Причем одновременно могут выполняться как 32-разрядные программы, так и 64-разрядные.

При работе на компьютере с 64-разрядным процессором не следует думать, что поскольку удвоена разрядность процессора, на старом программном обеспечении будет достигнута двукратная производительность. Для получения выигрыша при использовании 64-разрядных процессоров необходима новая операционная система и новое прикладное программное обеспечение. В ряде случаев производительность системы может даже снижается, т. к. объем программного кода увеличивается почти в два раза, т. к. каждая команда имеет размерность не менее 64 бит.

Хотя мы ныне вошли в эпоху 64-разрядных вычислений, но следует помнить, что при появлении процессоров i386, которые принесли 32-разрядные вычисления, переход с 16 разрядов на 32 занял довольно длительное время. Та же самая ситуация происходит и с 64-разрядными процессорами. В настоящее время происходит процесс накопления 64-разрядного программного обеспечения, которое, в основном, используется для профессиональной деятельности.

Процессоры первого и второго поколения

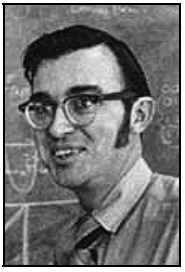
В первых процессорах для компьютеров PC использовались 16-разрядные процессоры. Если первое поколение процессоров практически полностью повторяло архитектуру своих 8-разрядных предков, то CPU второго поколения могли работать в защищенном режиме. И в этом заключается их основное отличие от CPU первого поколения. Основные характеристики процессоров первого поколения приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7. *Характеристики CPU первого и второго поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Тактовая частота процессора, МГц
8086	1978	16/16	5
80286	1982	16/16	6/10/12

Немного истории

В 1971 г. корпорация Intel представляет первый микропроцессор i4004, разработанный для калькуляторов японской фирмы Busicom. Busicom заказала Intel спроектировать для нее двенадцать различных микросхем. Однако инженер Intel по имени Тед Хофф (Ted Hoff) предложил создать одну универсальную микросхему вместо 12 специализированных. Предложение Хоффа было оценено руководством Intel и нашло финансовую поддержку в фирме Busicom.



Тед Хофф

Как оказалось, это решение позволило сделать "программируемый интеллект" настолько дешевым, что его можно применять для бытовых целей, и столь универсальным (мощным), что каждый сможет иметь свой индивидуальный компьютер.

Над реализацией замысла Хоффа работала группа инженеров и конструкторов Intel, которую возглавлял Федерико Феджин (Federico Faggin). Через 9 месяцев напряженной работы появляется первый в мире микропроцессор — Intel 4004.

Процессор Intel 4004 стал технологическим триумфом корпорации: устройство размером с палец, стоившее 200 долларов, было сравнимо по своей вычислительной мощи с первой ЭВМ ENIAC, которая была создана в 1946 г. и занимала пространство объемом в 85 м^3.

8086/8088

Процессор данного типа применялся фирмой IBM в вычислительных системах класса XT (Extended Technology). Этот "оригинальный PC" имел тактовую частоту 4,77 МГц и был оборудован оперативной памятью 256 Кбайт.

CPU 8088 и 8086 работали внутри с 16-разрядными данными, однако если процессор 8086 как передает, так и принимает 16 бит данных, то CPU 8088 ограничен при передаче данных только 8 битами.

80286

В 1984 г. фирма IBM представила на рынок первый PC AT (Advanced Technology). Процессор 80286 обладал новым свойством — наряду с реальным режимом он мог также работать и в защищенном режиме, что явилось основанием для распространения конкурирующих с DOS таких операционных систем, как OS/2 и UNIX, и, конечно же, графической оболочки Windows. По своим возможностям в этом режиме можно обращаться уже к 16 Мбайт физической памяти и даже к 1 Гбайт виртуальной.

Кроме того, процессор 80286 работал на существенно более высокой тактовой частоте, чем его "меньший брат". Оригинальный IBM AT поставлялся с тактовой частотой 6 или 8 МГц. Последние модели компьютеров с процессорами 80286 могли работать на частоте 20 МГц.

Процессоры третьего поколения

Основные отличия CPU третьего поколения от CPU второго поколения — возможность работы в виртуальном режиме, наличие внешней кэш-памяти CPU (расположенной на материнской плате) и 32-разрядное ядро CPU (табл. 6.8).

Таблица 6.8. *Характеристики CPU третьего поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, МГц
80386DX	1985	32/32	—	16—33	16—33
80386SX	1988	16/32	8	16—33	16—33

80386

Первый компьютер с CPU 386 (рис. 6.8) пришел к нам не от фирмы IBM, а от ее соперника — фирмы Compaq.

Процессор 386DX (отметим, что 33 МГц — наиболее распространенная частота такого CPU), в отличие от 16-разрядного CPU 286, является 32-разрядным, т. е. он обеспечивает 32-разрядные операции ввода/вывода и 32-разрядную адресацию.

Удвоение разрядности внутреннего адреса по сравнению с CPU 8086 обеспечило адресацию физической памяти до 4 Гбайт и виртуальной — до 64 Гбайт. Хотя CPU 386 также стартует в реальном режиме, чтобы сохранить совместимость со своими предшественниками, с помощью соответствующих программ операционной системы или расширений он может переключиться в виртуальный режим и таким образом эмулировать несколько CPU 8086. Для приложений Windows этот режим известен под названием *Enhanced Mode*.

Рис. 6.8. Оригинальный CPU i80386

Повышение мощности процессора оказывает, естественно, соответствующее влияние на остальную периферию материнской платы. Это выражается не только в том, что элементы памяти должны функционировать быстрее, чтобы обслужить увеличенный поток данных.

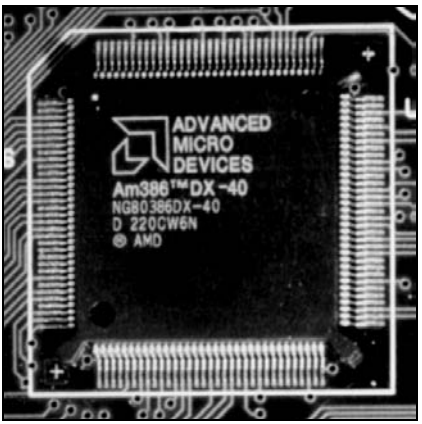


Рис. 6.9. CPU AMD 8086 с частотой 40 МГц

Впервые на материнской плате 386 находятся ранее не устанавливаемые элементы. Это, например, так называемая *кэш-память*. Кэш-память состоит из элементов памяти, доступ к которым, в отличие от доступа к элементам оперативной памяти, осуществляется значительно быстрее. В этой памяти хранятся данные, которые CPU с высокой вероятностью востребует в первую

очередь. При фактическом требовании эта информация считывается не из медленной оперативной памяти, а из супербыстрой кэш-памяти. Располагать данные в кэш-память или нет, решает элемент на материнской плате, называемый *кэш-контроллером*. Информация о том, где можно найти данные в кэш-памяти, содержится в области, называемой *TagRAM*, которая будет описана далее в этой главе.

Несмотря на то, что существовало много предложений от различных фирм на процессоры, совместимые с CPU 80286, только в 1991 г. фирма Intel впервые столкнулась с серьезной конкуренцией. Фирма AMD смогла предложить на рынке совместимый CPU 80386, который, кроме того, работал с тактовой частотой 40 МГц и при этом его производительность (а также цена) была такой же, как цена оригинального продукта Intel (рис. 6.9). Тем временем фирмы Chips & Technologies, Texas Instruments и Cyrix приобрели лицензии на производство этих процессоров.

Процессоры четвертого поколения

В отличие от CPU третьего поколения, в ядро CPU четвертого поколения интегрированы кэш-память и сопроцессор, реализована конвейеризация вычислений (табл. 6.9). Тактовая частота системной шины достигла 50 МГц.

Таблица 6.9. *Характеристики CPU четвертого поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, МГц
80486DX	1989	32/32	8	25—50	25—50
80486DX2	1992	32/32	8	25—40	50—80
80486DX4	1994	32/32	8 + 8	25—40	75—120

80486

Процессор Intel 80486 долгое время являлся де-факто стандартом для высококлассных компьютеров. Типичная частота работы процессора 80486DX составляла 33 или 50 МГц.

Различия между процессорами 80386 и 80486 значительны. Преимущество в быстродействии CPU 80486 определяется, в первую очередь, факторами, приведенными далее.

- CPU 80486 имеет расширенный набор из 6 команд.
- В микросхему интегрирована кэш-память объемом 8 Кбайт, управление которой осуществляется кэш-контроллером. Эта внутренняя кэш-память (*Internal Cache*) при совместной работе с описанной выше внешней кэш-памятью (*External Cache*) значительно повышает быстродействие системы.
- Сопроцессор интегрирован прямо в CPU; как известно, сопроцессор выполняет вычисления с плавающей точкой (более подробно его применение описано далее в этой главе).
- Реализована конвейеризация вычислений, т. е. каждая последующая команда начинает выполняться сразу же после прохождения первой ступени конвейера предыдущей командой.

Хотя геометрические размеры процессора 80486 с сопроцессором больше, чем аналогичного процессора 386, CPU 80486 имеет более высокую степень интеграции чипа.

80486DX2

С целью увеличения производительности фирма Intel спустя короткое время выпустила следующую модель. Символ "2" означает, что процессор работает с тактовой частотой, в 2 раза превышающей тактовую частоту системной шины.

Так как оба процессора устанавливаются в гнездо (Socket 5), можно легко заменить 80486DX с частотой 25 МГц на 80486DX2 с частотой 66 МГц, если есть поддержка материнской платой нового процессора.

80486DX4

Как вы уже догадались, с помощью CPU 80486DX4 можно увеличить тактовую частоту в 4 раза. Процессоры, работающие с тактовой частотой 75 или 100 МГц, нуждаются в питании 3,45 В. CPU 80486DX4 содержит 16 Кбайт внутренней кэш-памяти.

Последний процессор этого класса (CPU 80486DX4/100) корпорация Intel анонсировала в марте 1994 г. (рис. 6.10). В этом CPU нашли свое воплощение многие технологические новации Intel того времени. Было время, когда CPU 80486DX4/100 даже конкурировал с CPU Pentium, но в 1995 г. корпорация Intel полностью прекратила производство всех CPU класса 80486, сосредоточившись на разработке и производстве CPU Pentium и Pentium Pro.

Рис. 6.10. Процессор i80486DX4 с тактовой частотой 100 МГц

Процессоры пятого поколения

CPU пятого поколения поддерживают 64-разрядную системную шину с тактовой частотой 66 МГц. Реализованы технологии предсказания переходов и параллельной конвейерной обработки данных. Кэш-память первого уровня разделена на *кэш-память данных и команд*. Технологические и электрические характеристики процессоров пятого поколения приведены в табл. 6.10 и 6.11.

Таблица 6.10. *Процессоры Intel Pentium*

Наименование	Тактовая частота, МГц	Дата выпуска	Технология/ количество транзисторов
Intel Pentium	66/60	22.03.1993 г.	0,8 мкм / 3,1 млн
Intel Pentium	100/90	07.03.1994 г.	0,6 мкм / 3,2 млн
Intel Pentium	75	10.10.1994 г.	0,6 мкм / 3,2 млн
Intel Pentium	133	июнь 1995 г.	0,35 мкм / 3,3 млн
Intel Pentium	120	27.03.1995 г.	0,6 мкм или 0,35 мкм / 3,2 млн

Таблица 6.10 (*окончание*)

Наименование	Тактовая частота, МГц	Дата выпуска	Технология/ количество транзисторов
Intel Pentium	166/150	04.01.1996 г.	0,35 мкм / 3,3 млн
Intel Pentium	200/166	10.06.1996 г.	0,35 мкм / 3,3 млн
Intel Pentium MMX	200/166	08.01.1997 г.	0,35 мкм / 4,5 млн
Intel Pentium MMX	233	02.06.1997 г.	0,35 мкм / 4,5 млн

Таблица 6.11. *Характеристики CPU пятого поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, МГц
Pentium	1993	64/32	8 + 8	60—66	60—200
Pentium MMX	1997	64/32	16 + 16	66	166—233

Pentium

Первый CPU 80586 был анонсирован корпорацией Intel 22 марта 1993 г. Он разрабатывался под кодовым номером P5 и должен был называться 80586, но фирма Intel снабдила его симпатичным собственным именем. CPU Pentium представляет собой 32-разрядный процессор, построенный по субмикронной технологии (рис. 6.11).

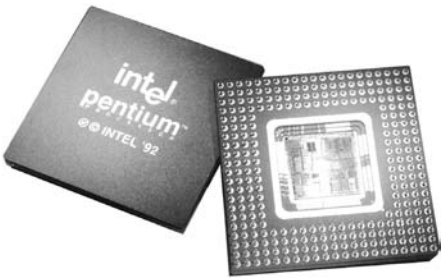


Рис. 6.11. CPU Pentium

CPU Pentium первого поколения работали на тактовой частоте 60 и 66 МГц. Они были рассчитаны на напряжение питания +5 В и работали на частоте системной шины.

В марте 1994 г. корпорация Intel начала выпуск CPU Pentium второго поколения под кодовым названием P54C. Первые модели этих CPU работали на частотах 90 и 100 МГц. Позднее появились CPU Pentium, работающие на частотах 133, 150, 166 и 200 МГц, которые были длительное время очень популярны у пользователей, и даже сегодня можно встретить работающие компьютеры с этими процессорами.

Напряжение питания CPU Pentium второго поколения составляет 3,3 В и ниже. Эти процессоры выпускаются в 296-контактном корпусе (*Staggered Pin Grid Array, SPGA*), который не совместим с 273-контактным корпусом (*Pin Grid Array, PGA*) CPU первого поколения.

В отличие от процессоров Pentium первого поколения, процессоры второго поколения используют умножение тактовой частоты, и процессор работает быстрее, чем системная шина материнской платы (табл. 6.12).

Таблица 6.12. *Частота CPU Pentium и системной шины*

Тип CPU	Коэф-фициент	Частота системной шины, МГц	Тип CPU	Коэф-фициент	Частота системной шины, МГц
Pentium 60	1	60	Pentium 133	2	66
Pentium 66	1	66	Pentium 150	2,5	60
Pentium 75	1,5	50	Pentium 166	2,5	66
Pentium 90	1,5	60	Pentium 180	3	60
Pentium 100	1,5	66	Pentium 200	3	66
Pentium 120	2	60			

Главное различие CPU Pentium третьего и второго поколения заключается в том, что ядро процессоров третьего поколения производится по технологии 0,25 мкм (которая определяется размером элемента ядра процессора), и работают эти процессоры при более низких напряжениях питания — 2,9 и 2,5 В.

Высокая производительность CPU Pentium достигается усовершенствованием старых и применением новых технологий.

- По сравнению с CPU 80486 в CPU Pentium получила дальнейшее развитие конвейеризация вычислений. Во-первых, увеличено до пяти количество ступеней конвейера; во-вторых, CPU Pentium имеют уже два конвейера в отличие от одноконвейерного CPU 80486. Таким образом, могут обрабатываться параллельно две команды.
- Новым средством CPU Pentium является предсказание переходов. Для этого имеется специальный *буфер адреса перехода* (Branch Target Buffer, BTB), который хранит данные о последних 256 переходах.
- В CPU Pentium интегрирована кэш-память объемом 16 Кбайт, в которой 8 Кбайт предназначено для команд и 8 Кбайт — для данных. Благодаря подобному разделению исключается пересечение команд и данных.
- Процессор Pentium оборудован сопроцессором, дающим трех- и четырехкратный выигрыш по скорости выполнения аналогичных операций по сравнению с сопроцессором CPU 486. Если для арифметической операции деления CPU 486 требуется примерно 73 такта, то Pentium выполняет эту операцию за 38 тактов.
- Адресная шина Pentium — 32-битная, а шина данных — 64-битная.

AMD K5

Во втором квартале 1996 г. компания AMD анонсировала CPU K5-PR75 и K5-PR90, ориентированные на рынок недорогих систем для дома и малого офиса. Уже в этих первых моделях AMD была реализована более совершенная архитектура, чем в процессорах Pentium (табл. 6.13).

Таблица 6.13. *Основные характеристики процессоров AMD K5 и Pentium*

Элемент архитектуры CPU	AMD K5	Pentium
Суперскалярная архитектура (количество ступеней)	5	5
Количество конвейеров	4	2
Кэш-память первого уровня (команды + данные), Кбайт	16 + 8	8 + 8
Исполнение по предложению	+	–

Таблица 6.13 (*окончание*)

Элемент архитектуры CPU	AMD K5	Pentium
Динамическое предсказание переходов	+	–
80-разрядный FPU	+	+

В июне 1996 г. на рынке появился CPU AMD K5-PR100, выполненный по 0,35 мкм технологии и содержащий 4,3 млн транзисторов, а несколько позднее — AMD K5-PR133 (рис. 6.12).

Рис. 6.12. Процессор AMD K5

Конструктивно этот CPU выполнен в 256-штырьковом корпусе типа SPGA и так же, как и K5-PR75, K5-PR90, полностью совместим по выводам с CPU Pentium P54C. Однако перед установкой подобного процессора в гнездо материнской платы необходимо посмотреть документацию на плату и убедиться, что она поддерживает AMD K5.

Стоимость CPU AMD K5 примерно на 30% ниже стоимости аналогичных по производительности CPU Intel Pentium. Определенным недостатком применения процессов AMD следует считать отсутствие их поддержки в материнских платах производства корпорации Intel.

Cyrix 6x86

Компания Cyrix впервые в истории PC создала CPU, превосходящий по интегральной производительности процессор такого же класса, что и выпускаемый корпорацией Intel, — это Cyrix 6x86 (рис. 6.13). Процессор Cyrix 6x86

одинаково стабильно работает как с 32-, так и с 16-разрядными приложениями. Особенностью Cyrix 6x86 является объединенная кэш-память первого уровня (L1) для команд и данных, что было характерно для CPU 80486.

Рис. 6.13. Процессор Cyrix 6x86

В табл. 6.14 приведены основные сравнительные характеристики CPU Cyrix 6x86, Intel Pentium и Intel Pentium Pro.

Таблица 6.14. *Основные характеристики CPU Cyrix 6x86 и Pentium*

Элемент архитектуры CPU	Cyrix 6x86	Intel Pentium	Intel Pentium Pro
Набор инструкций x86	+	+	+
Суперскалярная архитектура	+	+	+
Суперконвейерная архитектура	+	–	+
Предсказание переходов	+	+	+
Исполнение по предположению	+	–	+
Объем кэш-памяти первого уровня, Кбайт	16	8 + 8	8 + 8
Сопроцессор	+	+	+

Pentium MMX

Процессор Pentium MMX (P55C) впервые был анонсирован корпорацией Intel 8 января 1997 г. Технология *MMX* (*MultiMedia Extension*) представляет собой

наиболее существенное улучшение архитектуры процессоров Intel с момента появления в 1986 г. CPU i80386.

Кристалл CPU Pentium MMX (рис. 6.14) имеет площадь 141 мм^2, т. е. на 50% больше, чем кристалл классических процессоров Pentium, основные характеристики которых были приведены в табл. 6.2.

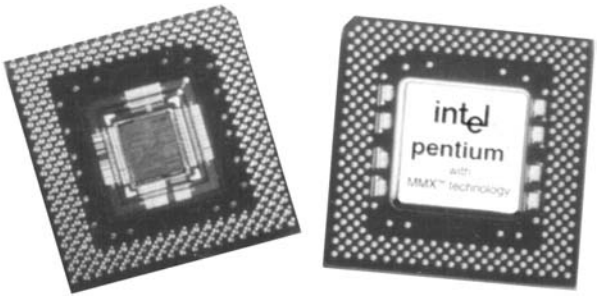


Рис. 6.14. Процессор Pentium MMX

Наряду с поддержкой новых команд в CPU Pentium MMX внесено много схемотехнических и архитектурных изменений, повышающих его производительность.

- Вдвое увеличен размер кэш-памяти первого уровня (L1) — 16 Кбайт для данных и 16 Кбайт для команд.
- Увеличена на один шаг длина конвейера (стало 6 ступеней).
- Блок предсказаний переходов заимствован у CPU Pentium Pro.
- Вдвое увеличено количество буферов записи данных (4 вместо 2).
- Имеется возможность исполнения двух MMX-команд одновременно.
- Улучшен механизм параллельной работы конвейеров.
- Процессор имеет *встроенный тест* (Self Test).

Благодаря этим изменениям удалось на 10—15% повысить скорость выполнения на PC даже обычных программ, поэтому следует назвать две категории пользователей, которые получили заметную выгоду от применения систем MMX. Это, в первую очередь, любители современных компьютерных игр и просмотра видеофильмов на CD-ROM, и вторая категория — профессионалы-дизайнеры, для которых важно быстродействие PC при создании сложных оригинал-макетов в полноцветной (24-битной) палитре.

Конкурирующие с Intel компании AMD и Cyrix также выпустили MMX-версии своих процессоров. Это Cyrix 6x86MX и AMD K6.

Процессоры шестого поколения

CPU шестого поколения поддерживают новую 64-разрядную системную шину P6, а также работу многопроцессорных систем. В CPU интегрирована кэш-память второго уровня. Реализована технология исполнения по предположению и др. Характеристики CPU шестого поколения приведены в табл. 6.15 и 6.16.

Таблица 6.15. *Характеристики CPU шестого поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, МГц
Pentium Pro	1995	64/36	8 + 8	66	150—200
Pentium II	1997	64/36	16 + 16	66	233—300
Pentium II	1998	64/36	16 + 16	66/100	300—450
Pentium III	1999	64/36	16 + 16	100	450—1200

Таблица 6.16. *Характеристики процессоров класса Pentium II/III*

Наименование процессора	Наименование ядра	Технология производства, мкм	Внутренняя кэш-память (L1), Кбайт	Внешняя кэш-память (L2)			Тактовая частота процессора, МГц	Тактовая частота системной шины, МГц	Слот
				Ядро	Картридж	Частота			
Pentium II	Klamath	0,35	16/16	—	512 Кбайт	P/2	233 266 300	66	SEC1

Таблица 6.16 (*окончание*)

Наименование процессора	Наименование ядра	Технология производства, мкм	Внутренняя кэш-память (L1), Кбайт	Внешняя кэш-память (L2)			Тактовая частота процессора, МГц	Тактовая частота системной шины, МГц	Слот
				Ядро	Картридж	Частота			
Pentium II	Deschutes	0,25	16/16	—	512 Кбайт	P/2	333 350 400 450	66 100	SEC1
Pentium III	Katmai	0,25	16/16	—	512 Кбайт	P/2	450	100	SEC1
Pentium III	Copper-mine	0,18	16/16	—	512 Кбайт	P/2	533	133	SEC1, Socket 370
Pentium III	Tualatin	0,13	16/16	—	256 Кбайт	P/2	1100	100	Socket 370

80686 (Pentium Pro)

В феврале 1995 г. фирма Intel провела презентацию первых рабочих образцов микропроцессора следующего поколения — 80686 (P6), который также имеет собственное имя — Pentium Pro (рис. 6.15).

Процессор Pentium Pro достигает высокого быстродействия за счет совершенствования старых, а также применения новых технологий.

- В отличие от CPU Pentium, процессор Pentium Pro имеет не пять, а четырнадцать ступеней при конвейерной обработке вычислений.
- В отличие от CPU Pentium, процессор Pentium Pro имеет не два, а три конвейера.

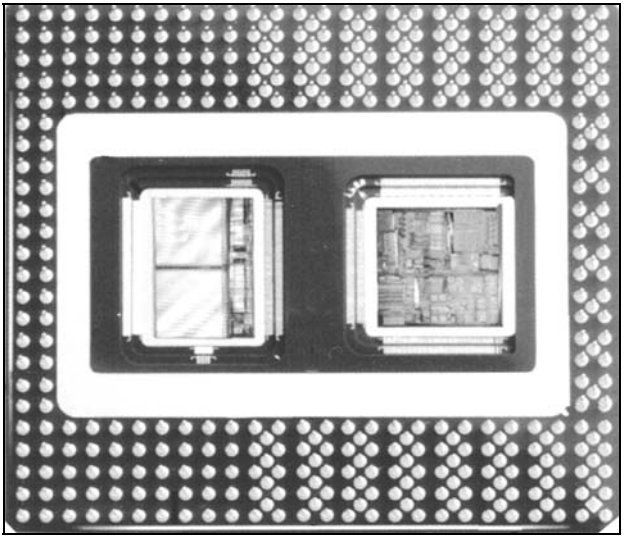


Рис. 6.15. Процессор Pentium Pro

- Одновременно применяются статический и динамический методы предсказания переходов. Согласно данным корпорации Intel, эффективность предсказания ветвлений в CPU Pentium Pro достигает 90% (максимальная вероятность правильного предсказания для CPU Pentium не превышает 80%).
- Предусмотрены два буфера предвыборки, в которых хранятся результаты, полученные после выполнения команд, следующих за условным переходом еще до того, как будет вычислен результат для ветвления алгоритма. Если какой-либо из переходов был предсказан неправильно, то буферы предвыборки очищаются. Подобный метод называется *исполнением по предположению* (Speculative execution).
- Одной из важнейших характеристик CPU Pentium Pro является встроенная кэш-память второго уровня (L2). Встроенная в CPU и удаленная из материнской платы эта кэш-память может теперь работать на максимальной частоте CPU и не зависеть от более низкого быстродействия шины материнской платы (60 и 66 МГц).
- Благодаря встроенной кэш-памяти второго уровня значительно улучшена работа многозадачных систем. CPU Pentium Pro поддерживает новую многозадачную структуру MPS 1.1 (*Multi-Processor Specification*). В системе Pentium Pro может работать одновременно до четырех CPU.

Примечание

Статистические методы предсказания переходов упрощены: они предписывают всегда выполнять или не выполнять определенные виды переходов. При динамическом алгоритме предсказания переходов оценивается поведение команд перехода за предшествующий период.

Pentium II

Процессор Pentium II сочетает архитектуру CPU Pentium Pro с технологией MMX.

В отличие от Pentium Pro, в CPU Pentium II кэш-память второго уровня (L2) не интегрирована в ядро процессора, а сконструирована на 64-разрядной шине, жестко связанной с ядром и работающей на половинной тактовой частоте ядра CPU. В этой шине предусмотрена поддержка кода исправления ошибок (ECC).

Рис. 6.16. Процессор Pentium II в картридже

В отличие от всех других процессоров, CPU Pentium II конструктивно располагается в специальном картридже, называемом *S.E.C.C.* (*Single Edge Contact Catridge*). Своим названием картридж обязан единственному краевому печатному разъему, с помощью которого он устанавливается в специальный слот материнской платы. Этот слот подобен слотам для установки модулей памяти. Картридж представляет собой прямоугольный футляр (рис. 6.16), внутри которого находится процессорная плата. На процессорной плате смонтированы ядро CPU и кэш-память второго уровня (рис. 6.17).

Для охлаждения процессорной платы в картридже имеется специальная теплоотводная пластина, к которой может быть присоединен радиатор или вентилятор. Предельно допустимая температура теплоотводной пластины составляет +70—75 □C.

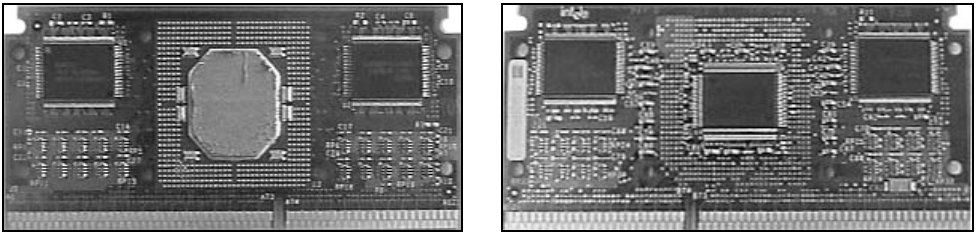


Рис. 6.17. Процессор Pentium II без картриджа

Значительное повышение производительности PC с CPU Pentium II обеспечивается за счет следующих факторов:

- использование *двойной системной шины* DIB (Dual Independent Bus). Сущность DIB состоит в том, что CPU связан с кэш-памятью второго уровня и RAM двумя различными шинами. Это позволяет увеличить тактовую частоту системной шины материнской платы с 66 до 100 МГц;
- увеличение тактовой частоты работы процессора. CPU Pentium II выпускаются с тактовой частотой от 233 до 450 МГц.

Сравнительные характеристики процессоров семейства Pentium представлены в табл. 6.17.

Таблица 6.17. *Некоторые характеристики процессоров семейства Pentium*

Элемент структуры CPU	Pentium	Pentium MMX	Pentium Pro	Pentium II
Количество ступеней	5	6	14	14
Исполнение по предположению	—	—	+	+
Количество конвейеров	2	2	3	3
Предсказание переходов	+	+	+	+
Размер таблицы статистики переходов	256	256	512	512
Декларируемая вероятность правильного предсказания переходов, %	75—80	75—80	90	90
Поддержка MMX	—	+	—	+

Таблица 6.17 (*окончание*)

Элемент структуры CPU	Pentium	Pentium MMX	Pentium Pro	Pentium II
Объем кэш-памяти, Кбайт	8 + 8	8 + 8	8 + 8	16 + 16
Частота системной шины, МГц	66	66	66	66
Ширина системной шины, бит	64	64	64	64
RISC-ядро	—	—	+	+
Максимальная полоса пропускания, Мбит/с	528	528	528	528

Klamath

Когда в 1997 г. появился первый процессор Pentium II, он имел ядро под кодовым названием Klamath. Это ядро явилось дальнейшим развитием ядра процессора Pentium Pro и было изготовлено по технологии 0,35 мкм. Процессор содержит около 7,5 млн транзисторов на площади 203 мм^2.

Ядро Klamath размещалось в одном картридже с 512 Кбайт внешней кэш-памяти (L2). Процессор работал на тактовых частотах 233, 266 и 300 МГц.

Deschutes

Спустя полгода появилось ядро Deschutes, которое поначалу ничем не отличалось от Klamath за исключением размеров, т. к. было создано по технологии 0,25 мкм. Позднее архитектура ядра несколько изменилась — появились две новые команды, значительно снижающие временные затраты и освобождающие регистры сопроцессора для выполнения команд MMX. CPU Pentium II (Deschutes) работает на тактовых частотах 333, 350, 400 и 450 МГц. CPU с тактовой частотой 333 МГц предназначены для работы с системной шиной с тактовой частотой 66 МГц, а CPU с тактовой частотой 350 МГц и более — 100 МГц.

В картридже процессора Pentium II также установлено на дополнительном кристалле 512 Кбайт внешней кэш-памяти (L2), работающей на половинной тактовой частоте ядра CPU.

Pentium III

Процессор Pentium III пришел на смену Pentium II в январе 1999 г. Основное отличие данного процессора от Pentium II состоит в том, что он поддерживает набор из 70 новых команд (SIMD-инструкций — *Single Instruction Multiple Data*) групповой обработки данных с плавающей точкой (50) и дополнительные команды групповой обработки целочисленных данных (20). Благодаря этому набору команд, называемому *SSE* (*Streaming SIMD Extensiuon*), *KNI* (*Katmai New Instruction*) или *MMX2*, расширяются возможности обработки изображений, потоков аудио- и видеоданных, распознавание речи.

Архитектура процессора существенных изменений не претерпела. CPU Pentium III выпускали в корпусах двух типов: S.S.E.C. 2 и PPGA (называемый также *FC-PGA — Flip Chip-PGA*).

Картридж S.E.C.C. 2, как и S.E.C.C., устанавливается в разъем Slot 1. В отличие от S.E.C.C. он не имеет термопластины — внешние "холодильники" прижимаются непосредственно к корпусу микросхем ядра и кэш-памяти, что повышает эффективность охлаждения. Однако в дальнейшем Intel отказалась от картриджей и было решено использовать для CPU Pentium III разъем Socket 370.

Katmai

Первые CPU имели ядро под кодовым названием Katmai, созданное по 0,25 мкм технологии. CPU Pentium III Katmai работал на тактовых частотах 450, 500, 533, 550 и 600 МГц.

В картридже этого процессора установлено 512 Кбайт кэш-памяти (L2), работающей на половинной тактовой частоте ядра CPU.

Coppermine

В сентябре 1999 г. появился CPU Pentium III с ядром Coppermine. Оно создано по технологии 0,18 мкм. Уменьшение размеров минимальной структуры ядра с 0,25 до 0,18 мкм позволило увеличить тактовую частоту CPU до 1 и более ГГц.

В отличие от CPU Pentium III Katmai, в ядро Coppermine интегрировано 256 Кбайт кэш-памяти (L2) типа Advanced Transfer Cache, работающей на тактовой частоте CPU. Кэш-память связана с ядром 256-разрядной шиной, а не 64-разрядной как у Pentium III Katmai. Тактовая частота системной шины составляет 100 или 133 МГц. Процессоры, поддерживающие тактовую частоту сис-

темной шины 133 МГц, обозначают при маркировке буквой "E" (например, Pentium III 600E).

Весной 2000 г. появились процессоры Pentium III с тактовой частотой 850 и 866 МГц, которые уже устанавливались не в слот S.E.C.C. 2, а в гнездо FC-PGA. Это привело к необходимости создания специального "переходника" SSA (Slot-to-Socket Adapter) для совместимости новых процессоров с материнскими платами, выпущенными в начале 2000 г.

Tualatin

В середине 2001 г. на рынке появился процессор Pentium III с новом ядром Tualatin. Для изготовления данного ядра была впервые применена 0,13 мкм технология и использованы медные проводники. Процессор устанавливается в гнездо Socket 370, однако необходимы специальные материнские платы, поскольку процессор с ядром Tualatin использует сигналы с напряжением 1,25 В, а не 1,5 В, как Coppermine.

Ядро Tualatin также имеет и некоторые архитектурные усовершенствования по сравнению с Coppermine, так, изменился внутренний микрокод процессора, что выразилось в уменьшении числа тактов, требуемых для выполнения некоторых программ.

Уменьшение площади кристалла сделало невозможным использование старой схемы охлаждения (когда радиатор непосредственно контактирует с кристаллом), поэтому Tualatin использует термический интерфейс, аналогичный применяемому в Pentium 4.

Процессор Pentium III Tualatin "помог" Intel преодолеть барьер в 1 ГГц и канул в лету, поскольку все свои усилия Intel направила на продвижение на рынке процессора Pentium 4. Однако архитектура процессоров Pentium III нашла широкое применение в мобильных компьютерах, для которых стала выпускаться линейка процессоров Pentium M, которые были адаптированы для работы в энергосберегающем режиме.

Celeron

Учитывая высокую стоимость процессоров Pentium II, корпорация Intel в апреле 1998 г. анонсировала первый процессор семейства Celeron, который по замыслу создателей должен был ускорить процесс перехода пользователей на новое поколение процессоров. Первые процессоры Celeron — это упрощен-

ные процессоры Pentium II. Вся разница между процессорами Pentium II и Celeron, созданными на их основе, состояла в отсутствии дорогих микросхем кэш-памяти второго уровня в картридже. В итоге, на таком процессоре можно было собирать дешевые компьютеры, от которых не требовалось рекордов производительности.

Идея выпуска упрощенных моделей процессоров так понравилась потребителям, что корпорация Intel продолжила выпуск процессоров Celeron и после появления Pentium III и 4, а сегодня и Core 2. Таким образом, процессоры Celeron являются упрощенными вариантами выпускающихся в данный момент времени процессоров. Поэтому потребителю надо не забывать, что под одной торговой маркой скрываются значительно отличающиеся друг от друга процессоры, а это может вызвать проблемы при модернизации компьютера. Два одинаковых по тактовой частоте процессора могут относиться к разным типам.

Пользователю следует помнить, что процессор Celeron не является новым типом процессора, а представляет собой упрощенную версию какого-либо из процессоров Pentium II, III, 4 или Core 2. В основном снижение технических характеристик (или перевод уже устаревшего процессора в более дешевую категорию) происходит за счет уменьшения объема кэша второго уровня в два раза.

Процессоры Intel Celeron D

В 2004 г. для маркировки процессоров Intel Celeron на базе ядра Prescott стала использоваться торговая марка Intel Celeron D. Соответственно, это не упрощенная версия двухъядерного процессора.

AMD K6-2

Процессор AMD K6-2 (K6-3D, Chompers) был анонсирован фирмой AMD в 1998 г. В отличие от предшественника AMD K6, в ядро CPU K6-2 добавлен новый модуль с конвейерной структурой для обработки 24 новых 3D-инструкций для ускорения обработки трехмерной графики, аудио- и видеоданных. Этот модуль получил название *3DNow!*.

В отличие от технологии MMX, основанной на работе с целыми числами, в набор инструкций 3DNow! включены команды, работающие с вещественными числами, что важно при расчете трехмерных сцен. Теоретически 3DNow! должен заменить сопроцессор при расчете трехмерных объектов. Модуль

может выполнять одновременно до четырех SIMD-инструкций, что заметно увеличивает производительность процессора.

Процессор AMD K6-2 устанавливается в разъем Socket 7 и работает на тактовой частоте 266—400 МГц (рис. 6.18). Основные характеристики CPU приведены в табл. 6.18.

Рис. 6.18. Процессор AMD K6-2

Рис. 6.19. Процессор AMD K6-3

AMD K6-3

В отличие от процессора AMD K6-2, в ядро процессора AMD K6-3 (K6+3D) (рис. 6.19) интегрировано 256 Кбайт кэш-памяти второго уровня, работающей на частоте процессора. Объем кэш-памяти первого уровня (как и в AMD K6-2) составляет 64 Кбайт. Кроме того, на материнской плате располагается кэш-память третьего уровня (L3) объемом от 512 до 2048 Кбайт. CPU поддерживает тактовую частоту системной шины 100 МГц и устанавливается в разъем Super 7. Основные характеристики CPU приведены в табл. 6.18.

Таблица 6.18. *Сравнение характеристик CPU AMD K6-2 и K6-3 с CPU Intel*

Характеристика процессора	**AMD K6-2**	**Celeron**	**PentiumII**	**AMD K6-3**
Технология изготовления ядра, мкм	0,25	0,25	0,25	0,25
Площадь ядра, мм^2	81	131, 155	131	118
Тактовая частота CPU, МГц	350/366/380 400 450 475 500 550	366 400 433 466 500	350 400 450	400 450

Таблица 6.18 (*окончание*)

Характеристика процессора	AMD K6-2	Celeron	PentiumII	AMD K6-3
Кэш-память первого уровня (L1), Кбайт	64	32	32	64
Кэш-память второго уровня (L2), Кбайт	512—2048 (на материнской плате)	128 (на ядре)	512 (на плате)	256 (на ядре)
Кэш-память третьего уровня (L3), Кбайт	—	—	—	512—2048 (на плате)
Разъем/Максимальная тактовая частота системной шины, МГц	Super 7/100; Socket 7/66	Slot 1, Socket 37 0/66	Slot 1/100/ 66	Super 7/100
Поддержка MMX	+	+	+	+
Поддержка 3DNow!	+	—	—	+
Поддержка AGP	+	+	+	+

VIA Cyrix III

Процессор VIA Cyrix III разработан компанией VIA, которая приобрела компанию Cyrix. CPU устанавливается в разъем Socket 370. Кэш-память первого уровня составляет 64 Кбайт (объединенный), а второго уровня — 256 Кбайт. Кэш-память интегрирована в ядро. Тактовая частота системной шины — 66/100/133 МГц. CPU поддерживает технологии MMX и 3DNow!. По своим характеристикам CPU VIA Cyrix III не уступает CPU Intel (табл. 6.19).

Данный CPU известен также под именем Joshua (ранее он назывался Jedi и Gobi).

Таблица 6.19. *Характеристики CPU VIA Cyrix III*

Характеристика	VIA Cyrix III	Intel Pentium III	Intel Celeron
Тактовая частота системной шины, МГц	66/100/133	100/133	66/100
SIMD-инструкции	MMX, 3DNow!	SSE	MMX

Таблица 6.19 (*окончание*)

Характеристика	VIA Cyrix III	Intel Pentium III	Intel Celeron
Кэш-память L1, Кбайт	64 (объединенная)	16 + 16	16 + 16
Кэш-память L2, Кбайт	256 (на частоте ядра)	512 (на половине частоты ядра)	128 (на частоте ядра)

Процессоры седьмого поколения

Седьмое поколение процессоров линейки x86 характеризуется тем, что два ведущих игрока на рынке процессоров — Intel и AMD — пошли разными путями совершенствования процессоров. Если до этого все сторонние производители только лишь копировали продукцию Intel, робко добавляя туда что-то свое (если не учитывать конец эпохи процессоров 486), то именно с этого поколения какой-либо электрической или механической совместимости между процессорами Intel и AMD нет, т. е. для каждого процессора нужна своя материнская плата с чипсетом, который разработан специально под продукцию либо Intel, либо AMD.

Тактовая частота CPU седьмого поколения превысила 1 ГГц (табл. 6.20). Особенно в деле повышения тактовой частоты преуспела корпорация Intel, которая разработала архитектуру ядра под названием NetBurst, которая была как раз и ориентирована на достижение рекордных тактовых частот. А вот процессоры AMD Athlon седьмого поколения так и не смогли догнать конкурентов, и, следует отметить, что лишь в 2009 г. появились модели процессоров AMD, которые работают на сравнимых с Intel тактовых частотах, но этого удалось добиться только 10 поколению процессоров AMD.

Таблица 6.20. *Характеристики CPU седьмого поколения*

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, ГГц
AMD Athlon	1999	64/36	64 + 64	266	0,5—1,67
AMD Athlon XP	2002	64/36	64 + 64	333	2,7—2,8

Таблица 6.20 (*окончание*)

Тип	Год	Разрядность шины (данные/адрес)	Кэш-память (Кбайт)	Тактовая частота системной шины, МГц	Тактовая частота процессора, ГГц
AMD Athlon XP	2003	64/36	64 + 64	333	3,0
Pentium 4 Willamette	2000	64/36	12 + 8	400	1,4—2,2
Pentium 4 Northwood	2001	64/36	12 + 8	400/533/800	1,6—3,4
Pentium 4 Prescott	2004			533/800	2,4-3,8

Athlon (AMD K-7)

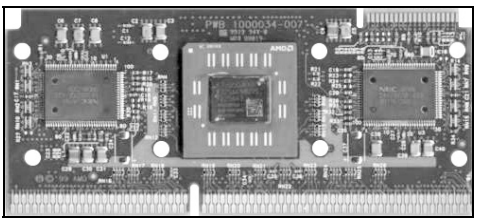
23 июня 1999 г. корпорация AMD анонсировала свои первые процессоры седьмого поколения AMD Athlon (K-7) с тактовой частотой 500, 550 и 600 МГц, которые появились в августе 1999 г., а 6 марта 2000 г. был объявлен CPU с тактовой частотой 1000 МГц. Микроархитектура седьмого поколения и системная шина с высокой пропускной способностью позволили процессору AMD Athlon достигнуть уровня производительности, превосходящего Intel Pentium III.

Это превосходство было обусловлено следующими технологическими новшествами:

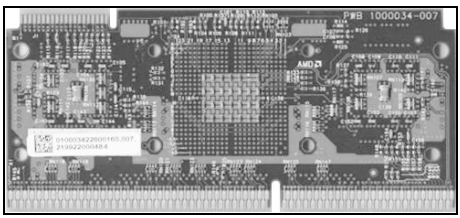
- CPU AMD Athlon оснащен девятью конвейерами: три из них предназначены для вычислений адреса, три — для целочисленных операций и три — для выполнения операции с плавающей точкой, а также инструкций из наборов 3DNow! и MMX;
- в CPU AMD Athlon впервые используется системная шина с тактовой частотой 266 МГц (с возможностью увеличения до 400 МГц). Таким образом, максимальная пропускная способность шины составляет 1,6 Гбайт/с (до 3,2 Гбайт/с);
- CPU AMD Athlon впервые оснащен полностью конвейеризированным суперскалярным блоком операций с плавающей точкой. В результате возможности для вычислений с плавающей точкой у этого x86-совместимого процессора выросли настолько, что ставят его в один ряд с

RISC-процессорами (RISC — Reduced Instruction Set Computing — вычисления с сокращенным набором команд), которыми оснащают мощные рабочие станции и серверы;

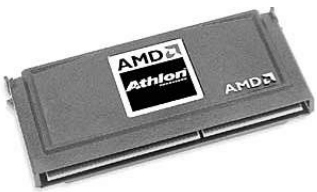
- с выходом Athlon набор команд 3DNow! был расширен (Enhanced 3DNow!), чтобы соответствовать SSE корпорации Intel. В Athlon были введены 19 новых инструкций SIMD, а их общее число доведено до 40. Новые инструкции помогают при обработке целых чисел и предназначены для повышения производительности кэша. Также были добавлены 5 новых DSP-расширений для ускорения процесса декодирования файлов, сжатых по стандарту MP3 или по алгоритмам, применяющимся в коммуникациях, подобных ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*);



а



б



в

Рис. 6.20. CPU Athlon: *а* — вид спереди, *б* — вид сзади, *в* — CPU в картридже

- кэш-память первого уровня (L1): составила 128 (64 + 64) Кбайт. Для управления кэш-памятью AMD Athlon оснащен высокоскоростным 64-разрядным контроллером кэш-памяти второго уровня (L2), объем которой составляет 256 Кбайт и может быть увеличен до 8 Мбайт. Тактовая частота функционирования кэш-памяти L2 зависит от частоты CPU (табл. 6.21).

Таблица 6.21. *Тактовая частота кэш-памяти CPU Athlon*

Тактовая частота CPU, МГц	Тактовая частота кэш-памяти L2	Напряжение питания ядра, В
500, 550, 600, 650, 700	1/2	1,6
750	1/2	1,6

Таблица 6.21 (*окончание*)

Тактовая частота CPU, МГц	Тактовая частота кэш-памяти L2	Напряжение питания ядра, В
800, 850	2/5	1,7
900, 950, 1000	1/3	1,8

В CPU Athlon первого поколения использовалась технология 0,22 мкм, а для второго поколения, получившего название Thunderbird, использована 0,18 мкм технология (площадь ядра 120 мм^2). Сравнительные характеристики CPU Athlon и CPU Intel приведены в табл. 6.22.

Для CPU K-7 фирма AMD лицензировала шину Alpha EV6 от Digital, использующую процессорный интерфейс Slot A. Внешне Slot A похож на Slot 1, но они несовместимы. CPU Athlon первого поколения устанавливались в разъем Slot A, затем было разработано гнездо Socket A для "горизонтальной" установки процессора.

Таблица 6.22. *Характеристики CPU Athlon*

Характеристика	AMD Athlon	Pentium III	Pentium 4
Разъем	Slot A	Slot 1, Socket 370	Socket 423, Socket 478
Операций за такт	9	5	6
Конвейеры для целочисленных вычислений	3	2	4
Конвейеры для операций с плавающей точкой	3	1	2
Размер кэша первого уровня (L1)	128 Кбайт	32 Кбайт	12 000 инстр. + + 8 Кбайт (данные)
Размер кэша второго уровня (L2)	256 Кбайт на кристалле	256 Кбайт на кристалле	256 Кбайт на кристалле
Частота системной шины, МГц	200/266	100/133	400
Расширенные инструкции	3DNow! Professional	SSE	SSE2

Athlon XP

Процессор AMD Athlon XP представляет собой дальнейшую разработку CPU в семействе AMD Athlon. Маркировка "XP" в названии AMD Athlon XP призвана подчеркнуть, что применение данного процессора обеспечивает максимально эффективное его использование для многозадачного режима и мультимедийных возможностей, предлагаемых операционной системой Windows XP. Однако это отнюдь не означает, что данный CPU не будет работать с другими операционными системами.

Так же как и Athlon, процессор AMD Athlon XP, устанавливается в разъем Soket A и поддерживает технологию 3DNow! Professional.

В отличие от своего предшественника, процессор AMD Athlon XP имеет новую архитектуру QuantiSpeed, которая призвана существенно увеличить быстродействие выполнения различных приложений. Архитектура QuantiSpeed включает в себя:

- суперскалярную, суперконвейерную микроархитектуру с возможностью обработки 9 инструкций за такт;
- суперскалярный полностью конвейерный блок вычислений с плавающей точкой (FPU);
- аппаратную предвыборку данных, которая позволяет считывать данные, прежде чем они понадобятся процессору. Блок предвыборки данных позволяет предсказывать на основе анализа потока исполняемых команд, какие данные потребуются процессору в дальнейшем, и заносить эти данные в высокоскоростной интегрированный кэш процессора, откуда данные могут быть считаны с большей скоростью.

В CPU используется системная шина с частотой 333 МГц и поддержкой ECC-коррекции и полноскоростной кэш общим объемом 384 Кбайт.

Первоначально тактовая частота процессора составляла 2,7 и 2,8 ГГц, а в марте 2003 г. появились CPU с тактовой частотой 3 ГГц.

Процессоры AMD Athlon XP 2800+, 2700+ и 3000+ выполнены по 0,13 мкм технологии на базе ядра, известного под именем Thoroughbred. Процессоры устанавливаются в корпуса OPGA (*Organic Pin Grid Array*). Корпуса этих процессоров изготавливаются из стеклопластика (похожий материал используется для изготовления печатных плат).

Duron

CPU Duron (рис. 6.21), как и CPU Intel Celeron, разработан как недорогой процессор для массового использования — это дешевая версия процессора Athlon с урезанной до 64 Кбайт кэш-памятью второго уровня, который устанавливается в разъем Slot 370. Ядро Duron (Spitfire) изготовлено по 0,18 мкм технологии. Первоначально тактовая частота Duron составляла 700, 650 и 600 МГц, впоследствии с переходом на 0,13 мкм технологию (ядро Morgan) она была увеличена до 1,3 ГГц (1,3/1,2/1,1/1,0 ГГц).

CPU Duron ориентирован на рынок недорогих систем; его цена в 1,5 раза ниже цены Athlon с соответствующей тактовой частотой. Вот некоторые из основных характеристик процессора AMD Duron:

- CPU AMD Duron оснащен системной шиной с тактовой частотой 200 МГц, что более чем в три раза превышает стандартную тактовую частоту процессоров Intel Celeron (66 МГц);
- CPU AMD Duron оснащен размещенным на кристалле кэшем, общий объем которого достигает 192 Кбайт, что более чем на 20% превышает показатель Intel Celeron;
- процессор AMD Duron оснащен тремя конвейерами для вычислений с плавающей точкой, в то время как Intel Celeron — только одним. Кроме того, процессор имеет разработанную фирмой AMD технологию Enhanced 3DNow!

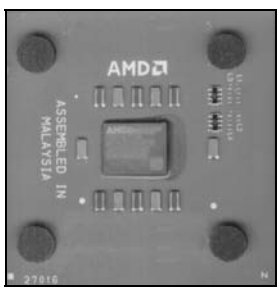


Рис. 6.21. Процессор Duron

Pentium 4

В начале 2000 г. фирма Intel представила новый процессор, который имел самое большое изменение в архитектуре 32-разрядных CPU Intel начиная с

Pentium Pro (1995) — Pentium 4. Ядро процессора, получившее название Willamette (по названию реки в штате Орегон), было выполнено по 0,18 мкм технологии и имело площадь 217 мм^2. Модернизация позволила не только значительно увеличить тактовую частоту процессора, но и увеличить количество команд, обрабатываемых за один такт. Первые процессоры Pentium 4 появились на рынке в ноябре 2000 г. и работали на тактовых частотах 1,4 и 1,5 ГГц.

В процессоре Pentium 4 была использована архитектура NetBurst, которая позволила на долгие годы считать самой главной характеристикой процессора тактовую частоту ядра. Конечно, это был чисто маркетинговый ход, но он позволил корпорации Intel укрепиться на рынке процессоров, т. к. конкуренты практически не смогли выдержать гонку гигагерцев. И лишь после появления процессоров AMD64, которые на более скромных тактовых частотах показывали сравнимую производительность, на развитии архитектуры Pentium 4 был поставлен крест. Но т. к. процесс перехода к новой архитектуре Intel Core 2 занял довольно длительное время, то пару лет выпускались самые разнообразные модификации процессора Pentium 4, которые "жили" буквально "пару месяцев". Ниже описаны наиболее известные версии процессоров Pentium 4, но производились и другие варианты, которые, как правило, дополнительно маркировались тем или иным суффиксом в маркировке.

Основная же проблема всей архитектуры NetBurst — это чем больше частота, тем больше температура кристалла процессора. Фактически последние модели процессоров Pentium 4 вполне могли выступать в качестве плиты для жарки яичницы. В частности, именно в это время для компьютеров PC появилось водяное охлаждение не только для настольных моделей, но и для ноутбуков.

Характеристики процессоров семейства Pentium 4 представлены в табл. 6.23.

Таблица 6.23. *Характеристики CPU семейства Pentium 4*

Год	Ядро	Количество транзисторов, млн	Кэш второго уровня, Кбайт	Технология изготовления, мкм	Тактовая частота, ГГц
2000	Willamette	42	256	0,18	1,4/1,5
2001	Willamette	42	256	0,18	1,7—2,0
2001	Northwood	55	512	0,13	2,0—3,4

Таблица 6.23 (*окончание*)

Год	Ядро	Количество транзисторов, млн	Кэш второго уровня, Кбайт	Технология изготовления, мкм	Тактовая частота, ГГц
2004	Prescott	125	1024	0,09	2,4—3,8
2005	Prescott 2M	188	До 2048	0,09	3,0—3,8

Willamette

Увеличение мощности процессора Pentium 4 (рис. 6.22) обусловлено существенным изменением его архитектуры, которая позволила процессору работать с более высокой тактовой частотой и обрабатывать бóльшее количество инструкций за один такт. Данная архитектура, получившая название NetBurst, отличается применением следующих инновационных технологий Intel:

- технологии гиперконвейерной обработки микроархитектуры Intel NetBurst, которая позволяет удвоить глубину конвейера по сравнению с микроархитектурой P6, используемой в процессорах Intel Pentium III. Конвейер предсказания ветвлений/возвратов реализован в микроархитектуре Intel NetBurst с глубиной конвейерной обработки в 20 шагов (в P6 — в 10 шагов);
- кэш-памяти (L1), включающей в дополнение к 8 Кбайт кэш-памяти данных 12 Кбайт кэш-памяти расшифрованных x86 инструкций (micro-ops), уменьшая таким образом время ожидания, связанное с декодированием инструкции;
- двух блоков ALU, работающих с частотой, превышающей тактовую частоту процессора в 2 раза. Это позволяет выполнять основные целочисленные команды (сложение, вычитание, логическое И, логическое ИЛИ) с двойной тактовой частотой CPU;
- кэш-памяти (L2) объемом 256 Кбайт, передающей данные по 256-разрядной шине. Таким образом, если тактовая частота CPU составляет 2 ГГц, то скорость передачи данных к/от кэш-памяти L2 составит 64 Гбайт/с ((256:8) байт □ 2 ГГц);
- с появлением SSE2 в микроархитектуре Intel NetBurst к набору SIMD-расширений, представленному технологиями MMX и SSE, были добав-

лены еще 144 инструкции. Эти инструкции включают 128-разрядные операции над целочисленными выражениями и 128-разрядные операции над числами с плавающей запятой двойной точности и уменьшают общее количество инструкций, требуемых для выполнения определенной задачи в программе;

- тактовой частоты системной шины 400 МГц, благодаря применению технологии Quard Pumped, передающей по 4 пакета данных за один такт (100 МГц □ 4 = 400 МГц).

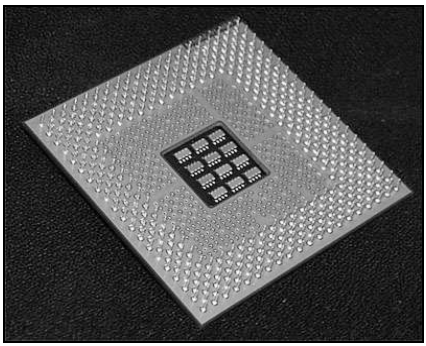


Рис. 6.22. Внешний вид CPU Willamate

Первоначально чипсет для CPU Pentium 4 был ориентирован на память Rambus DRAM. Это сделало системы с CPU Pentium 4 значительно более дорогими, чем системы на основе процессора AMD, чипсет которого использовал обычный SDRAM. Система на процессоре AMD Athlon и памятью DDR SDRAM опередила системы на базе Pentium 4 за счет более низкой стоимости.

В течение первой половины 2001 г. известные компании SiS и VIA выпустили для Pentium 4 чипсет с поддержкой DDR SDRAM, а летом этого же года Intel выпустила Chipset i845 с поддержкой PC133 SDRAM, а в начале 2002 — Chipset i845 с поддержкой DDR SDRAM и PC133 SDRAM.

Первоначально процессор Pentium 4 выпускался в корпусе типа PGA, имел 423 контакта и устанавливался в разъем Soket 423. Летом 2001 г. фирма Intel перешла на выпуск CPU Pentium 4 в новом форм-факторе mPGA, что позволило уменьшить размер CPU, но привело к увеличению количества контактов: теперь для установки процессора требовалось гнездо Soket 478.

Northwood

В начале 2002 г. на рынке появился CPU Pentium 4 с ядром Northwood, изготовленным по 0,13 мкм технологии и имеющим площадь 146 мм^2. В отличие от предшественника, в CPU Pentium 4 Northwood произошли следующие изменения:

- размер кэш-памяти второго уровня (L2) был увеличен в два раза и составил 512 Кбайт;
- тактовая частота системной шины была увеличена до 533 МГц (133 □ 4 = 533 МГц), а в дальнейшем была увеличена до 800 МГц;
- использование 0,13 мкм технологии позволило уменьшить напряжение от 1,75 В до 1,5 В, таким образом значительно уменьшая нагрев процессора;
- тактовая частота CPU составляет 2,0—3,4 ГГц;
- процессоры с тактовой частотой 3,06 ГГц, а также с шиной 800 МГц поддерживают технологию Hyper-Threading.

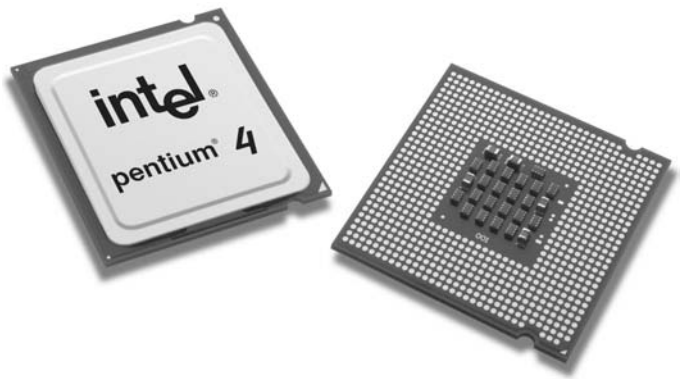


Рис. 6.23. Процессор Pentium 4 в корпусе LGA775

В 2004 г. для процессоров Pentium 4 стал использоваться корпус с плоскими выводами, который получил название Socket LGA775, внешний вид которого приведен на рис. 6.23. Теперь для правильной установки процессора на корпусе находятся два направляющих выреза. Этот корпус несовместим с прежними сокетами. Но самое интересное заключается в том, что один и тот же процессор может выпускаться как для разъемов типа LGA775, так и для Socket 478.

В первых моделях процессоров Pentium 4 с ядром Northwood нельзя было повышать напряжение ядра процесса до 1,7 В, что приводило к выходу из строя блока целочисленной арифметики, который работает на удвоенной тактовой частоте.

Последняя модель процессора Pentium 4 с ядром Northwood имела проектную тепловую мощность 134 Вт на частоте 3,4 ГГц, что требовало серьезно относиться к проблеме охлаждения кристалла.

Prescott

В процессорах Pentium 4 с ядром Prescott, получивших название *Pentium 4E*, для повышения производительности увеличен размер кэш-памяти первого и второго уровня, введен новый набор инструкций SSE3, удлинен размер конвейера команд.

Для уменьшения энергопотребления в настольных процессорах стала применяться технология *Enhanced Intel SpeedStep* для улучшенного управления питанием. Процессоры с включенной поддержкой технологии Enhanced Intel SpeedStep позволяют операционной системе регулировать тактовую частоту процессора в процессе работы, что позволяет снижать энергопотребление при работе приложений, которые не требуют большой производительности, например, офисные пакеты программ.

Без особого шума корпорация Intel начала использовать в своих процессорах 64-разрядную технологию, аналогичную той, которая используется в процессорах корпорации AMD — AMD64. Конечно, эта технология корпорацией Intel была названа по-другому — *EM64T* (Extended Memory 64 Technology), но программно полностью совместима с технологией AMD64 (новые регистры те же самые). Технология Intel EM64T поддерживает 64-разрядные вычисления и предназначена для плавного перехода от 32-разрядных приложений к 64-разрядным.

Для защиты от компьютерных вирусов во всех последних процессорах имеется функция Execute Disable Bit. Технология *Execute Disable Bit* при поддержке операционной системы (Windows XP SP2 и Linux) помогает предотвратить определенный класс программных атак, которые используют эффект "переполнения буфера". Таким образом, реализуется недопущение использования текущей программой области памяти, которая принадлежит другой.

Модернизированное ядро Prescott под названием Prescott 2M было представлено в 2005 г. В этих процессорах частота системной шины составляла 800 МГц, и они поддерживали технологии Hyper-threading и EM64T.

При переходе в 2006 г. на технологию 65 нм ядро процессоров Prescott 2M получило название Cedar Mill. Новая технология позволила уменьшить площадь кристалла до 81 мм² и сократить тепловыделение.

Процессоры Intel Pentium 4 с технологией HT

В прайс-листах корпорации Intel отдельной строкой, для настольных и мобильных компьютеров, предлагались процессоры Pentium 4 с технологией Hyper-Threading (HT) в корпусах LGA775 и Socket 478, которые представляли собой варианты выпускаемых в данный момент времени процессоров.

Pentium Extreme Edition

Для энтузиастов в 2003 г. были выпущены Pentium 4 Extreme Edition (Pentium 4 "EE" или "XE"). Данные процессоры были модернизацией процессоров Pentium 4 с ядром Northwood, в которых использовался кэш L3 объемом до 2 Мбайт. Тактовая частота для разных моделей составляла 3,2—3,466 ГГц, а частота системной шины 800 или 1066 МГц.

Процессор Pentium Extreme Edition поддерживает одновременную обработку четырех потоков команд, поскольку имеет два физических ядра и два виртуальных процессора. Видимо, по этой причине из названия удалена цифра 4.

В 2005 г. был представлен процессор Pentium 4 EE на ядре Prescott 2M с тактовой частотой ядра 3,733 ГГц и частотой системной шины 1066 МГц.

Развитием семейства Extreme Edition стали двухъядерные процессоры Pentium XE.

Pentium D

Двухъядерный процессор Intel Pentium D стал родоначальником массовой серии двухъядерных процессоров для настольных компьютеров. Выпускались процессоры Intel Pentium D в вариантах для ядра на одном кристалле (Smithfield, два ядра Prescott) или в одном корпусе (Presler, модернизация ядра Cedar Mill).

Версии Pentium D Smithfield имели тактовую частоту ядра 2,66—3,2 ГГц, частоту шины 533/800 МГц. Так как данная модификация процессоров разрабатывалась в большой спешке, то эти процессоры оказались неконкурентоспособными относительно аналогичных процессоров AMD64.

Версии Pentium D Presler имели тактовую частоту ядра 2,8—3,6 ГГц, частоту шины 800 МГц.

В 2007 г. вся линейка процессоров Pentium D была снята с производства, т. к. к этому времени появились процессоры Core 2, которые превзошли конкурентов от AMD по всем техническим параметрам.

Семейство процессоров Intel Core 2

Семейство процессоров Core 2 считается восьмым поколением процессоров Intel для архитектуры x86. Но, фактически, это развитие идей микроархитектуры Intel P6, которая существенно была улучшена при разработке процессоров для ноутбуков, а также использование наиболее удачных находок, полученных при разработке Pentium 4 с архитектурой NetBurst. Если вспомнить, то после появления процессоров седьмого поколения Pentium 4 многие пользователи еще длительное время продолжали использовать процессоры предыдущего поколения — процессоры Pentium III. Но, конечно, *ядро Conroe* процессора Core 2 не является прямым наследником процессоров шестого поколения, т. к. было слишком много модернизаций. Сначала были ядра *Banias* и *Dothan* в процессорах Pentium M, потом ядро для мобильных решений *Yonah* в Intel Core. Плюс масса технологий от архитектуры NetBurst процессоров седьмого поколения Intel. Но основное решение, которое пришло от шестого поколения, — это короткий конвейер, что позволяет при меньших тактовых частотах получать производительность выше, чем у Pentium 4 с его сверхдлинным конвейером (*гиперконвейер*).

Семейство Core 2 (рис. 6.24, 6.25) представлено огромным разнообразием моделей, известных под наименованием Core 2 Duo (двухъядерные) и Intel Core 2 Quad (четырехъядерные). Характеристики процессоров Core 2 Duo приведены в табл. 6.24, а Core 2 Quad — в табл. 6.25.

Первые процессоры Core 2 официально представлены летом 2006 г., они были выпущены по технологии 65 нм и имели ядро с условным названием *Conroe*. В дальнейшем при модернизации процессоры получили новые ядра с

условными названиями *Merom* (для мобильных ПК) и *Kentsfield* (четырехъядерный Conroe). В 2007 г. после освоения техпроцесса 45 нм стали выпускаться процессоры с ядром под условным названием *Penryn*. Для серверов выпускаются процессоры семейства Intel Core 2 с модернизированными ядрами, которые носят свои условные названия.

Как сказано на сайте корпорации Intel, в процессорах линейки Core 2 для достижения рекордных результатов производительности и энергосбережения используются следующие технологии:

- *Intel Wide Dynamic Execution* — обеспечивает выполнение большего числа команд за тактовый цикл, что позволяет сократить время исполнения и улучшить энергосбережение. Данная технология (Macro-Fusion (макрослияние), Macro-OPs Fusion) позволяет объединять микрокоманды процессора и выполнять их за один такт, в ряде случаев могут объединяться команды x86. Иногда возможно параллельное выполнение до 5 микроопераций за такт.
- *Intel Intelligent Power Capability* — разработана для обеспечения энергоэкономичности и производительности, а также для максимального увеличения времени автономной работы ноутбука. Изюминка этой технологии — это включение нужных блоков и шин по мере надобности. Таким образом, если потребовался, например, блок MMX, то следящая система без задержек подключает к нему питание и требуемые шины. Ранее, в старых моделях процессоров для экономии выключались ненужные блоки, но для новой активации требовалось время, что приводило к замедленной реакции компьютера, яркий пример — это ноутбуки с процессором Pentium M.
- *Intel Smart Memory Access* — повышает производительность системы, оптимизируя использование доступной пропускной способности памяти. В переводе — интеллектуальный доступ к памяти, т. е. обеспечение спекулятивной выборки данных ранее, чем они потребуются.
- *Intel Advanced Smart Cache* — обеспечивает высокую производительность и эффективность кэш-памяти. Оптимизация для использования с многоядерными и двухъядерными процессорами. Данная технология, в основном, направлена на ликвидацию дублирования данных в кэш L2, а также динамического перераспределения ресурсов кэша L2. Плюс технологические улучшения по ускорению выборки данных из кэша.

- *Intel Advanced Digital Media Boost* — ускоряет обработку видео, речи и изображений, преобразование фотографий, шифрование, работу финансовых, инженерных и научных приложений. В частности, позволяет выполнять 128-битные инструкции SSE за один такт.

а *б*

Рис. 6.24. Процессор Intel Core 2 Quad

Примечание

До появления в настольных компьютерах Core 2 Duo выпускались для использования в ноутбуках процессоры Core Solo и Core Duo. Причем ряд фирм даже успели выпустить несколько моделей системных плат для настольных компьютеров, которые были рассчитаны под установку мобильных версий процессоров.

Рис. 6.25. Процессор Intel Core 2 Duo

Таблица 6.24. *Технические характеристики двухъядерных процессоров Core 2 Duo*

Характеристики	Процессор Intel Core 2 Duo													
Номер процессора	E8600	E8500	E8400	E8300	E8200	E8190	E7400	E7300	E7200	E6850	E6750	E6550	E6540	E4700
Технология, нм	45									65				
Кэш-память второго уровня, Мбайт	6	6	6	6	6	6	3	3	3	4	4	4	4	2
Тактовая частота, МГц	3,33	3,16	3	2,83	2,66	2,66	2,80	2,66	2,53	3	2,66	2,33	2,33	2,60
Частота системной шины, МГц	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1066	1066	1066	1333	1333	1333	1333	800
Тип памяти	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2	DDR2	DDR2	—	—	—	—	DDR2
Тип разъема	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775
Количество контактов	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775

Таблица 6.25. *Технические характеристики четырехъядерных процессоров Core 2 Extreme Quad и Core 2 Quad*

Характеристики	Процессор Intel Core 2 Quad								
Номер процессора	Q9650	Q9550	Q9450	Q9400	Q9300	Q8300	Q8200	Q6700	Q6600
Технология, нм	45							65	
Кэш-память второго уровня, Мбайт	12	12	12	6	6	4	4	8	8

Таблица 6.25 (*окончание*)

Характеристики	Процессор Intel Core 2 Quad								
Тактовая частота, МГц	3	2,83	2,66	2,66	2,50	2,50	2,33	2,66	2,40
Частота системной шины, МГц	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1333	1066	1066
Корпус	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA8	FC-LGA	FC-LGA
Тип памяти	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	—	—
Тип разъема	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775
Количество контактов	775	775	775	775	775	775	775	775	775

Процессоры Intel Core 2 Extreme

Наиболее мощные (по частоте и производительности) процессоры серии Core 2 носят название *Core 2 Extreme*. Как правило, данные процессоры ориентированы на энтузиастов и наиболее продвинутых геймеров. Технические характеристики процессора в табл. 6.26. Данные процессоры с разблокированным множителем тактовой частоты ядра.

Таблица 6.26. *Технические характеристики процессоров Core 2 Extreme*

Характеристики	Процессор Intel Core 2 Extreme			
Номер процессора	QX9775	QX9770	QX9650	X6800
Технология, нм	45	45	45	65
Количество ядер	4	4	4	2
Кэш-память второго уровня, Мбайт	12	12	12	
Тактовая частота, МГц	3,20	3,20	3	2,93
Частота системной шины, МГц	1600	1600	1333	1066

Таблица 6.26 (*окончание*)

Характеристики	Процессор Intel Core 2 Extreme			
Тип памяти	FBD	DDR2, DDR3	DDR2, DDR3	
Тип разъема	—	LGA775	LGA775	LGA775
Количество контактов	771	775	775	775

Процессоры Intel Pentium Dual-Core

Несмотря на оглушительный успех торговой марки Core, корпорация Intel не забывает и старый, повсеместно раскрученный брэнд Pentium. Но поскольку архитектура Pentium 4 сейчас зашла в тупик, то сегодня выпускаются процессоры под названием Pentium Dual-Core, которые являют аналогами процессоров Core 2 Duo. В процессорах Pentium Dual-Core серии E2xxx используется ядро Allendale, которое идентично ядру Conroe, и используется 45 нм-технология. По 45 нм-технологии выпускается линейка моделей E5xxx с ядром Wolfdale.

Технические характеристики процессоров Pentium Dual-Core приведены в табл. 6.27.

Таблица 6.27. *Технические характеристики процессоров Pentium Dual-Core*

Характеристики	Двухъядерный процессор Intel Pentium Dual-Core					
Номер процессора	E5300	E5200	E2220	E2200	E2180	E2160
Технология, нм	45		65			
Кэш-память второго уровня, Мбайт	2	2	1	1	1	1
Тактовая частота, ГГц	2,60	2,50	2,40	2,20	2,0	1,80

Таблица 6.27 (*окончание*)

Характеристики	Двухъядерный процессор Intel Pentium Dual-Core					
Частота системной шины, МГц	800	800	800	800	800	800
Технология Intel Hyper-Threading	нет					
Тип памяти	DDR2	DDR2	—	—	—	—
Тип разъема	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775

Процессоры Intel Core i7

Сильная сторона корпорации Intel в области процессостроения — это наличие двух независимых групп разработчиков, что позволяет каждые два года внедрять новые типы ядер, а в промежутке изменять микроархитектуру. Если в 2007 г. была модернизирована микроархитектура Core 2, то конец 2008 г. ознаменовался выходом на рынок процессоров Core i7 (рис. 6.26), которые разработала израильская группа Intel.

Рис. 6.26. Процессор Intel Core i7

В 2008 г. корпорация Intel предложила новую архитектуру процессора линейки x86 под условным названием Nehalem (само ядро новых процессоров

носит условное название Bloomfield). Это почти революция для процессоров Intel, т. к. ее разработчики долго критиковали AMD как раз за основные принципы построения процессоров AMD64, но которые теперь оказались внедрены в процессорах Core i7 (ранее эти технологии обкатывались на процессорах линейки Xeon).

В первую очередь, это встроенный контроллер памяти, который дает возможность ускорить работу с модулями памяти, что позволяет ликвидировать задержки, вносимые чипсетом. В частности, в этом случае на долю северного моста остается только функция работы с видеоподсистемой и связь с южным мостом, т. е. резко уменьшается сложность чипсета и существенно снижается энергопотребление. Ну и дополнительная новинка — это возможность работать с трехканальной памятью, когда используются три модуля памяти.

Второе революционное событие для процессоров Intel — это отказ от традиционной параллельной процессорной шины данных, которая существенно ограничивала быстродействие процессоров, особенно при многоядерной архитектуре. Как и в процессорах AMD, была внедрена новая шина *QPI* (Quick Path Interconnects) с топологией "точка-точка" для объема с периферийными устройствами и процессорными ядрами (процессорами).

Так как новинок в процессорах Core i7 очень много, то приведем качественные описания наиболее любопытных технологий.

- Технология *Intel Turbo Boost* максимально повышает производительность ресурсоемких приложений, динамически увеличивая производительность в соответствии с нагрузкой — производительность выше там, где требуется.
- Технология *Intel HD Boost* значительно повышает производительность разнообразных мультимедийных и ресурсоемких приложений. 128-разрядные команды SSE запускаются по одной за тактовый цикл, позволяя достичь нового уровня эффективности с приложениями, оптимизированными для набора команд SSE4.
- Технология *Intel Hyper-Threading* позволяет многопоточным приложениям выполнять больше задач параллельно. С 8 потоками, доступными операционной системе, многозадачность становится еще проще.
- Технология *Intel Smart Cache* обеспечивает высокую производительность и эффективность кэш-памяти, которые оптимизированы для самых современных многопоточных игр.
- Технология *Intel QuickPath Interconnect* разработана для повышения пропускной способности и снижения времени задержки. Она позволяет дос-

тигнуть скоростей передачи данных до 25,6 Гбайт/с с процессорами Extreme Edition.

- Встроенный контроллер памяти поддерживает *три канала памяти* DDR3 1066 МГц, благодаря чему пропускная способность памяти достигает 25,6 Гбайт/с. Низкое время задержки и высокая пропускная способность контроллера памяти обеспечивают потрясающую производительность приложений, оперирующих большими объемами данных.

Ядра процессора Core i7 требуют питания 0,80—1,375 В при расчетной тепловой мощности 130 Вт. Для энергосбережения используется принцип отключения питания неиспользуемых блоков, а также изменение тактовой частоты ядер независимо друг от друга.

В табл. 6.28 приведены технические характеристики процессоров Core i7.

Таблица 6.28. *Технические характеристики процессоров Core i7*

Характеристики	Core i7-965 Extreme Edition	Core i7-940	Core i7-920
Номер процессора	i7-965	i7-940	i7-920
Тактовая частота, ГГц	3,20	2,93	2,66
Частота системной шины	нет		
Технология, нс	45		
Количество ядер	4		
Технология Intel Hyper-Threading	8 процессорных потоков		
Кэш L2	8		
Тип памяти	DDR3 800/1066 МГц		
Встроенный контроллер памяти	3 канала, 2 модуля DIMM/канал		
Тип разъема (корпус)	LGA1366 (FC-LGA8)		
Технология Intel QuickPath Interconnect	6,4 миллиардов пересылок в секунду	4,8 миллиардов пересылок в секунду	4,8 миллиардов пересылок в секунду
Другие технологии	Intel Turbo Boost, Intel 64, Intel SpeedStep, Intel Virtualization, функция Execute Disable Bit		

64-разрядные процессоры AMD

В процессорах AMD, которые получили известность как K8 и K10 — поколения 8 и 10, используется архитектура AMD64, которая ранее была известна как "Hammer" или "x86-64". Изюминка этого поколения процессоров — 64-разрядная обработка данных (все процессоры x86, начиная с i386, являются 32-разрядными). Разработчиками процессоров гарантируется, что все старое программное обеспечение, предназначенное для 32-разрядных процессоров, может работать и на новых процессорах. Причем одновременно могут выполняться как 32-разрядные программы, так и 64-разрядные.

В процессорах AMD 64 используется технология HyperTransport, которая позволяет увеличить общую производительность системы за счет сокращения узких мест в подсистеме ввода/вывода, что позволяет повысить скорость обработки данных и уменьшить время отклика. Кроме того, технология HyperTransport позволяет просто создавать многопроцессорные системы, а также объединять на одном кристалле почти любое количество процессорных ядер, что используется в процессорах AMD Opteron.

Интересной новинкой стал интегрированный контроллер памяти DDR, а в дальнейшем DDR2 и DDR3, что ускоряет доступ к памяти, так для этого теперь не требуются промежуточные элементы (чипсет, который вносит задержку как минимум в такт). Такой способ работы с памятью позволяет обеспечить более быструю загрузку приложений, улучшенную поддержку многозадачности и эффективность выполнения приложений.

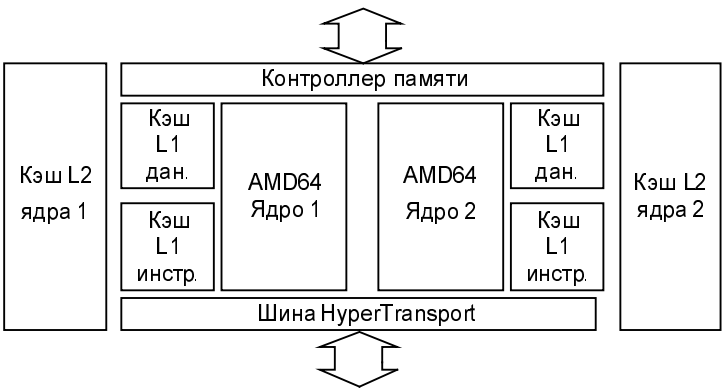


Рис. 6.27. Блок-схема процессора AMD Athlon X2

Для примера на рис. 6.27 показана блок-схема процессора AMD Athlon X2 (поколение K8), а на рис. 6.28 — процессора AMD Phenom X4 (поколение K10).

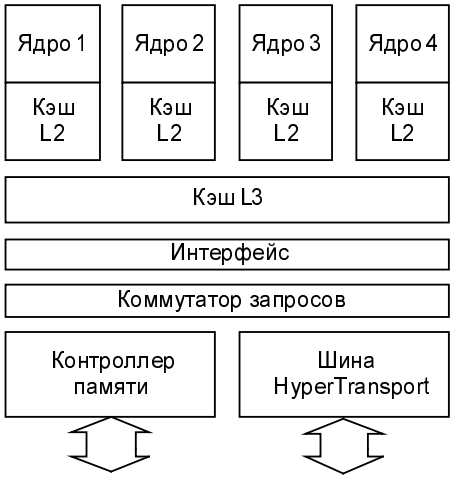


Рис. 6.28. Блок-схема процессора AMD Phenom X4

Рейтинг процессора

Поскольку процессоры AMD уступали по частоте процессорам Intel, то в маркировке процессоров периодически используется рейтинг процессора, когда указывается частота аналогичного (теоретически) по производительности процессора Intel, а не реальная частота. Например, если на корпусе процессора AMD присутствуют цифры 2000+ — это означает, что данная модель процессора AMD имеет производительность, присущую процессору Intel 2000 МГц, хотя на самом деле тактовая частота его составляет всего 1667 МГц.

Следует отметить, что появление 64-разрядных процессоров стало основанием для отказа от использования рейтинга процессора, но потом корпорация AMD опять продолжила использовать ту же практику маркировки процессоров. Но поскольку любые рейтинги не являются объективными, а отражают ту или иную специфику тестирования, то полезно процитировать информацию с сайта корпорации AMD:

"Методика присвоения номеров модели процессорам AMD была разработана с целью помочь конечным пользователям принять решение при выборе ПК.

Больший номер модели указывает на более высокую эффективность исполнения программного обеспечения соответствующим процессором. Знак "+" в конце каждого номера модели означает дополнительные возможности повышения производительности, которые характерны для передовых разработок корпорации AMD".

Процессоры AMD Athlon X2 Dual-Core

Двухъядерные процессоры Athlon X2 Dual-Core (рис. 6.29) содержат два ядра на одном кристалле, но при этом используются общие интерфейсные блоки. Два независимых ядра позволяют выполнять вычисления сразу двух потоков данных, что увеличивает эффективность и скорость выполнения программ в мультизадачных средах.

Для технологии 65 нм использовались ядра с условными названиями Toledo, Manchester, Windsor. Для технологии 45 нм ядро процессора носит название Brisbane. При маркировке используется рейтинг процессора.

Выпускалось и выпускается просто огромное разнообразие двухъядерных процессоров Athlon, для различных сокетов и вариантов типа памяти, с использованием технологий поколений K8 и K10. Для примера в табл. 6.29 указаны технические характеристики процессоров AMD Athlon X2 Dual-Core с рейтингом 6400+ и 6000+.

Рис. 6.29. Процессор Athlon 64 X2 Dual-Core

Таблица 6.29. *Характеристики процессоров AMD Athlon 64 X2 Dual-Core*

Характеристика	AMD Athlon X2 Dual-Core		
Рейтинг	6400+	6000+	6000+
OPN Pib	ADX6400CZWOF	ADX6000CZBOX	ADV6000DOBOX
Частота ядра, ГГц	3200	3000	3100
Частота системной шины, МГц	2000	—	—
Напряжение ядра, В	1,35—1,40	1,10—1,40	
Максимальная температура, С	55—63		62
Мощность, Вт	125		89
Технология, нм	90		65

Процессоры AMD Phenon X4 и Phenom X3

В конце ноября 2007 г. корпорация AMD представила две модели четырехъядерных процессоров нового семейства Phenom Quad-Core (рис. 6.30), которые позиционируются как семейство K10 процессоров x86.

Рис. 6.30. Процессор AMD Phenom X4 Quad-Core

Эти процессоры по планам должны были заменить ранее выпускаемые процессоры для настольных и мобильных компьютеров, а также составить ре-

альную конкуренцию новым процессорам Intel. Плюс процессоры Phenom должны стать основой для новой платформы для настольных ПК под кодовым названием AMD Spider.

В процессорах Phenon использовано много интересных новинок, в частности, введены новые SSE-инструкции, повышающие производительность в мультимедийных приложениях, модернизирован блок предсказания ветвлений и т. д. Также в процессорах Phenom, кроме традиционных для линейки AMD64 кэша L1 и кэша L2, для повышения производительности введен общий кэш третьего уровня (L3).

В первых партиях процессоров Phenom, а также Opteron с ядром Barcelona, обнаружилась ошибка в блоке *TLB* (Translation Lookaside Buffer) кэш-памяти третьего уровня. Следует отметить, что ошибки разной степени сложности бывают всегда при начале производства новых типов процессоров у всех фирм, которые впоследствии исправляются. Но в данном случае это привело к задержкам продаж, а все дальнейшие процессоры Phenom во избежание путаницы получили номера, оканчивающиеся на цифры "9x50".

Для ядра первых моделей Phenom используется условное наименование Agena, и они выполнены по 65 нм технологии. Модели с ошибкой TLB имеют степпиг B2, а с исправленной ошибкой B3. Трехъядерные модели AMD Phenom имеют условное название ядра Toliman.

В табл. 6.30 приведены характеристики процессоров Phenom X4 Quad-Core. Общие технические характеристики процессоров Phenom указаны в табл. 6.31. Марки процессоров с суффиксом относятся к моделям с малым потреблением энергии.

Таблица 6.30. *Характеристики процессоров AMD Phenom*

Номер модели	Частота ядра, ГГц	Кэш L2, Мбайт	Кэш L3, Мбайт	Сокет	Расчетная тепловая мощность, Вт	Технология, нм
AMD Phenom X4 Quad-Core Processor						
9950	2,6	2	2	AM2+	125	65
9850	2,5	2	2	AM2+	125	65
9750	2,4	2	2	AM2+	95	65
9650	2,3	2	2	AM2+	95	65
9350e	2,0	2	2	AM2+	65	65
9150e	1,8	2	2	AM2+	65	65

Таблица 6.31. *Общие технические характеристики процессоров AMD Phenom*

Характеристики	**Процессор AMD Phenom Socket AM2**
Технология AMD64	Да
Одновременная работа как с 32-разрядными, так и с 64-разрядными приложениями	Да
Кэш первого уровня L1 (инструкции + данные), Кбайт	128 (64 + 64)
Кэш второго уровня L2, Мбайт	2 или 1,5
Кэш второго уровня L3, Мбайт	2
Скорость обмена с технологией HyperTransport, Гбайт/с	16
Встроенный контроллер памяти	DDR2
Ширина контроллера памяти, бит	128
Поддержка памяти	PC2-8500(DDR2-1066), PC2 6400(DDR2-800), PC2 5300(DDR2-667), PC2 4200(DDR2-533) и PC2 3200(DDR2-400) небуферизованная память
Скорость обмена данными с памятью, Гбайт/с	до 17,1 (двухканальный режим)
Общая скорость обмена данными между процессором и системой (HyperTransport + канал памяти), Гбайт/с	до 33,1
Производственная технология, нм	65, технология кремний на диэлектрике (SOI)
Корпус под разъем	AM+ (940-контактов)
Проектная тепловая мощность, Вт	125, 95, 65
Количество транзисторов	65 нм: примерно 450 млн

Процессоры AMD Phenom II

В 2009 г. появились новые процессоры Phenom II, выполненные по 45 нм технологии, с условным названием ядра Deneb. Сегодня на рынке успешно продаются две модели Phenom II X4 940 3 ГГц и Phenom II X4 920 2,8 ГГц с объемом кэша L2 2 Мбайта и L3 6 Мбайт, TDP 125 Вт.

Процессоры AMD Sempron

Появление в номенклатуре корпорации AMD высокопроизводительных процессоров, которые по своим параметрам стали превосходить процессоры Pentium 4, заставило задуматься менеджеров о позиционировании торговой марки AMD Athlon. С 2004 г. корпорация AMD присваивает торговую марку Athlon только "продвинутым" процессорам, а для упрощенных и дешевых (бюджетных) моделей процессоров используется наименование Sempron. Выпускаются процессоры AMD Sempron как для настольных компьютеров, так и для мобильных устройств. Для маркировки процессоров AMD Sempron используется рейтинг процессора.

Процессоры Sempron по принципу разработки и продвижению на рынок весьма близко соответствуют процессорам Intel Celeron (даже названия както близки друг другу).

> ***Примечание***
>
> Обратите внимание, что под одним и тем же рейтингом (номером модели) могут быть различные по характеристикам типы процессоров.

Процессоры для серверов и рабочих станций

Для серверов и рабочих станций по традиции используются процессоры линеек Intel Xeon и Itanium, а также AMD Opteron, которые оптимизированы для профессионального круга задач. В большинстве таких процессоров для повышения производительности используется встроенный кэш третьего уровня большого объема, что резко повышает их стоимость.

Процессоры Xeon

Процессоры Intel Xeon имеют славную историю — на них разработчики отрабатывали новейшие технологии, в частности, технологию Hyper-Threading и многоядерную архитектуру. Назначение этих процессоров — высокопроизводительные серверы и рабочие станции. На рис. 6.31 приведен внешний вид процессора Intel Xeon.

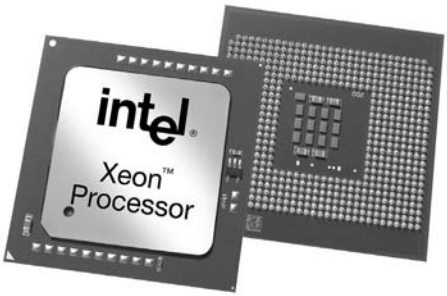


Рис. 6.31. Процессор Xeon

Процессоры Itanium

Серия процессоров Itanium 2 является особой веткой в продукции корпорации Intel. В первую очередь это 64-разрядные процессоры, которые только могут эмулировать систему команд x86.

Рис. 6.32. Процессор Itanium 2

В результате назначение этих процессоров — высокопроизводительные серверы и рабочие станции. Большой скоростью обновления модельного ряда эти процессоры не отличаются и используются для ограниченного числа применений. В конце 2007 г. были выпущены новые 7 моделей процессоров серии 9100, которые представляют собой шестое поколение микропроцессоров семейства Intel Itanium. На рис. 6.32 показан внешний вид процессора Itanium 2.

Процессоры AMD Opteron

О выходе первых моделей процессоров восьмого поколения корпорация AMD объявила еще 24 апреля 2002 г. Для продвижения на рынке корпорация AMD присвоила процессорам торговую марку Opteron (рис. 6.33). В настоящее время выпускается большая номенклатура процессоров семейства Opteron, которые находят применение как на серверах, так и в суперкомпьютерах.

Процессор Opteron позволяет одновременно вести обработку 32-разрядных и 64-разрядных данных. Шина HyperTransport (HT) позволяет повысить производительность серверов, соединяя вместе до 8 процессоров.

В многоядерных процессорах AMD Opteron используется архитектура AMD Direct Connect, которая позволяет исключить узкие места системной архитектуры за счет того, что все подсистемы соединяются непосредственно с центральным процессором. Кроме того, несколько процессорных ядер на одном кристалле соединяются между собой непосредственно, что также сокращает задержки при межпроцессорном взаимодействии.

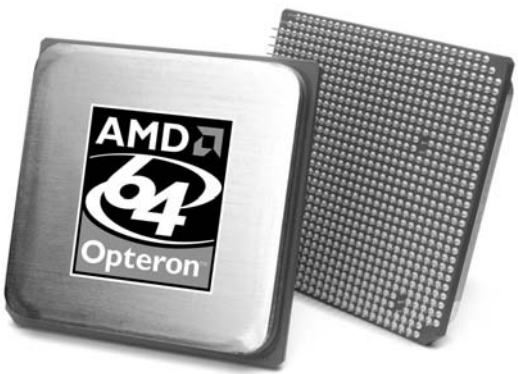


Рис. 6.33. Процессор AMD Opteron

Глава 7

Память

Память является одним из основных элементов любой вычислительной системы. Элементы памяти в том или ином виде присутствуют в каждом конструктивном модуле PC. Но в этой главе основное внимание уделено элементам полупроводниковой оперативной памяти (рис. 7.1), характеристики которых определяют быстродействие всей системы. На рисунке показано, что эта категория памяти разделяется на три больших класса по физическим характеристикам, каждый из которых делится на группы по типу работы. Другие типы памяти, как правило, для долговременного хранения информации, такие как дискеты, винчестеры и компакт-диски, рассматриваются в других главах.

Оперативная память

Оперативная память (RAM, ОЗУ) — временная память, т. е. данные хранятся в ней только до выключения PC. Конструктивно оперативная память PC выполняется в виде модулей, так что при желании можно сравнительно просто заменить их или установить дополнительные и тем самым изменить (скорее всего, увеличить) объем оперативной памяти PC.

Чтобы CPU мог выполнять программы, они должны быть загружены в оперативную *рабочую* память, т. е. в память, доступную для программ пользователя. К данным, находящимся в оперативной памяти (*Random Access Memory, RAM* — память с произвольным доступом), CPU имеет непосредственный доступ, а к периферийной, или внешней памяти (гибким и жестким дискам) — через буфер, являющийся также разновидностью оперативной памяти, недоступной пользователю. Только после того как программа будет загружена в RAM с внешнего носителя данных, возможна дальнейшая ее работа.

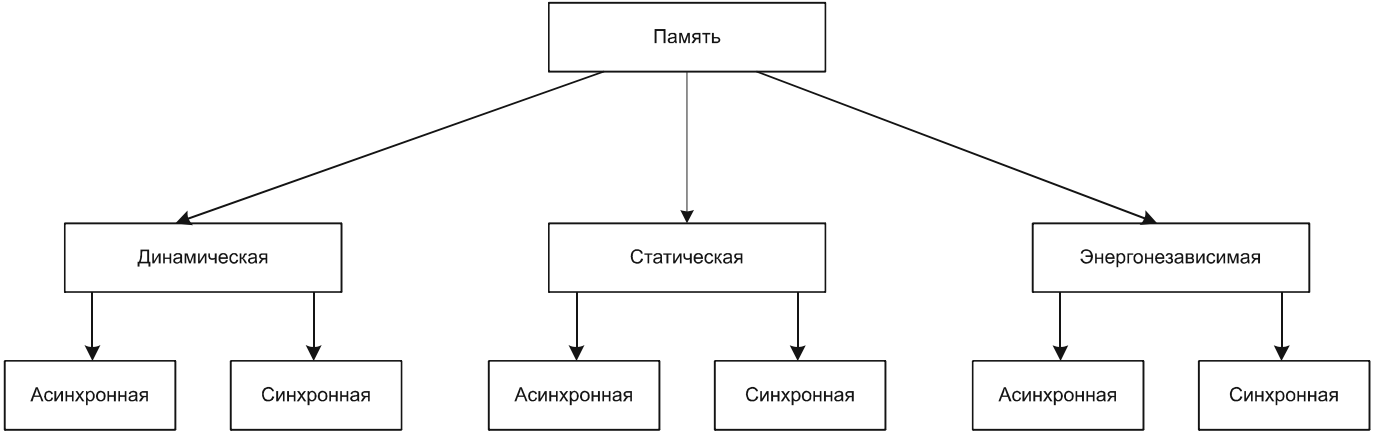


Рис. 7.1. Классификация элементов памяти PC

Время доступа к данным, находящимся в RAM, чрезвычайно мало. Для сравнения можно привести простой пример. Пусть время доступа к памяти составляет порядка 200 нс, в то время как время доступа к данным на жестком диске составляет 12 000 000 нс. Если предположить, что 1 нс равна 1 с, то время обращения к памяти составит 3,3 мин, а время обращения к жесткому диску — 4,5 месяца.

Недостаток оперативной памяти состоит в том, что она временная, т. е. при отключении питания оперативная память полностью очищается, и данные, не записанные на внешний носитель, будут потеряны. Временный характер запоминания данных в оперативной памяти PC определяется не только наличием питания. Дело в том, что оперативная память PC относится к категории динамической памяти: ее содержимое остается неизменным в течение очень короткого промежутка времени, поэтому память должна периодически обновляться.

Запоминающим элементом динамической памяти является полупроводниковый конденсатор, который может находиться в заряженном или разряженном состоянии. Если конденсатор заряжен, то в ячейку записана логическая 1, если разряжен — логический 0. В идеальном конденсаторе заряд может сохраняться неограниченное время. В реальном конденсаторе существует ток утечки, поэтому информация, записанная в динамическую память, со временем будет утрачена, т. к. конденсаторы запоминающих элементов полностью разрядятся.

Чтобы пояснить этот процесс, представим элемент памяти как ведро с водой, которое может быть либо пустым (состояние 0), либо полным (состояние 1). Однако в этом ведре имеются такие маленькие дырки, что вода (информация) вытекала бы по капле, если бы "водоносу" (специальной логической схеме) не было поручено компенсировать убыток воды (данных) так, чтобы уровень ее оставался неизменным. Этот процесс называется *регенерацией памяти* (Refresh). Деятельность "водоноса" имеет огромное значение, поэтому ему нельзя мешать. Это означает, что CPU имеет доступ к данным, находящимся в RAM, только в течение циклов, свободных от регенерации.

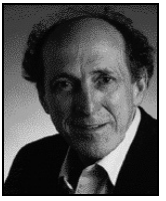
Единственным способом регенерации хранимой в памяти информации является выполнение операции чтения/записи данных. Если информация заносится в динамическую память, а затем в течение нескольких миллисекунд остается невостребованной, она будет утрачена, т. к. конденсаторы запоминающих элементов полностью разрядятся.

Регенерация памяти происходит при выполнении каждой операции чтения или записи. Однако нет гарантии, что при выполнении любой программы

произойдет обращение ко всем ячейкам памяти, поэтому имеется специальная схема, которая через определенные промежутки времени (например, каждые 2 мс) будет осуществлять доступ (для считывания) ко всем строкам памяти. В эти моменты CPU находится в состоянии ожидания. За один цикл схема регенерирует все строки динамической памяти.

Немного истории

В 1966 г. ученый компании IBM Роберт Деннард (Robert Dennard) разработал однотранзисторную динамическую оперативную память (DRAM).



Роберт Деннард

Принцип работы

Ячейки памяти организованы в матрицу, состоящую из строк и столбцов. Полный адрес ячейки данных включает два компонента — адрес строки (*row address*) и адрес столбца (*column address*). На рис. 7.2 представлена матрица, состоящая из 32 строк и 32 столбцов, т. е. из 1024 ячеек.

Когда CPU (или устройство, использующее канал DMA) обращается к памяти для чтения информации, на входы микросхемы поступает строб вывода данных OE (*Output Enabled*), затем подается адрес строки и одновременно с ним (или с задержкой) сигнал RAS (*Row Address Strobe*). Это означает, что каждая шина столбца соединяется с ячейкой памяти выбранной строки. Адрес ячейки поступает по адресным линиям (в нашем случае их десять) на дешифратор, который преобразует поступивший набор нулей и единиц в номер строки. Емкость конденсатора очень мала (доли пикофарада) и его заряд тоже мал, поэтому используется усилитель, подключенный к каждой шине столбца динамической памяти. Информация считывается со всей строки запоминающих элементов одновременно и помещается в буфер ввода/вывода.

С незначительной задержкой после сигнала RAS на входы динамической памяти подается адрес столбца и сигнал CAS (*Column Address Strobe*). При чтении данные выбираются из буфера ввода/вывода и поступают на выход динамической памяти в соответствии с адресом столбца.

При считывании информации из ячеек памяти в буфер ввода/вывода происходит ее разрушение, поэтому необходимо произвести перезапись считанной информации: выходы регистра строки снова соединяются с общими шинами столбцов памяти, чтобы перезаписать считанную информацию из строки. Ес-

ли ячейка имела заряд, то она снова будет заряжена еще до завершения цикла чтения. На ячейки, которые не имели заряда, напряжение не подается.

Если выполняется запись в память, то подается сигнал стробирования записи данных WE (*Write Enable*) и информация поступает на соответствующую шину столбца не из буфера, а с входа памяти в соответствии с адресом столбца. Таким образом, прохождение данных при записи задается комбинацией сигналов, определяющих адреса столбца и строки, а также сигналом разрешения записи данных в память.

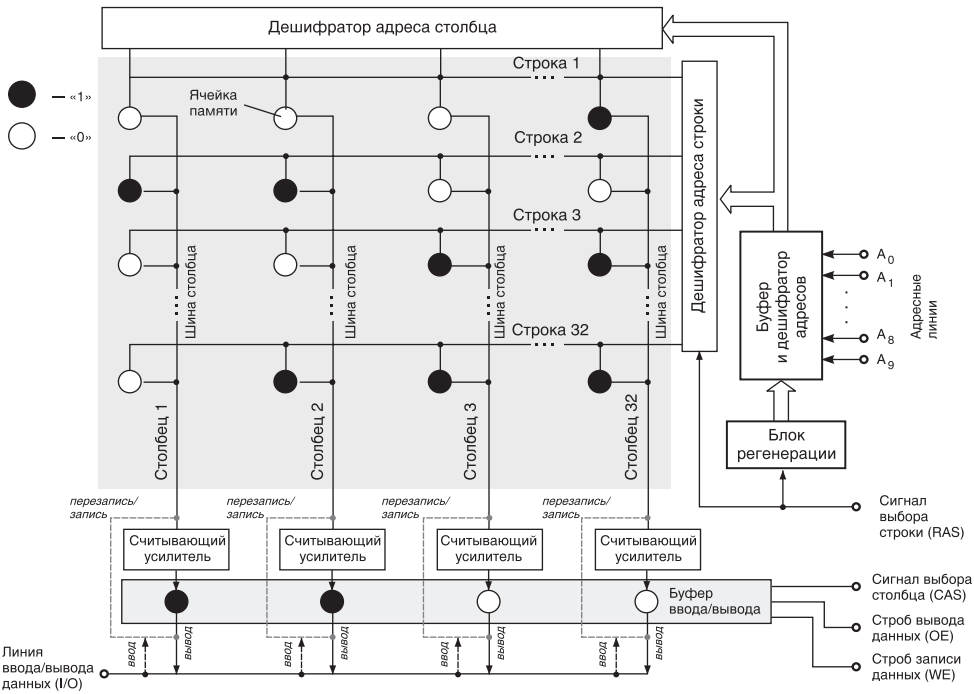


Рис. 7.2. Структурная схема динамической памяти

Основные характеристики микросхем памяти

Основными характеристиками элементов (микросхем) памяти являются:

- Тип
- Емкость

- Разрядность
- Быстродействие
- Временная диаграмма

Емкость и разрядность

На рис. 7.2 представлена структура микросхемы памяти, имеющая одну линию ввода/вывода. Из такой микросхемы CPU может одновременно считать (записать) только один бит данных. Для повышения скорости обмена данными между CPU и памятью были разработаны микросхемы, имеющие 4, 8 и 16 линий ввода/вывода. Подобные микросхемы имеют соответственно 4, 8 или 16 одинаковых матриц ячеек памяти. Таким образом, при поступлении на входы микросхемы адреса ячейки производится одновременное чтение (запись) всех ячеек, находящихся по данному адресу, но в различных матрицах (рис. 7.3). В этом случае одновременно считывается или записывается сразу несколько бит информации. Например, если микросхема имеет 8 линий ввода/вывода (соответственно 8 матриц), то CPU может считывать (записывать) информацию побайтно.

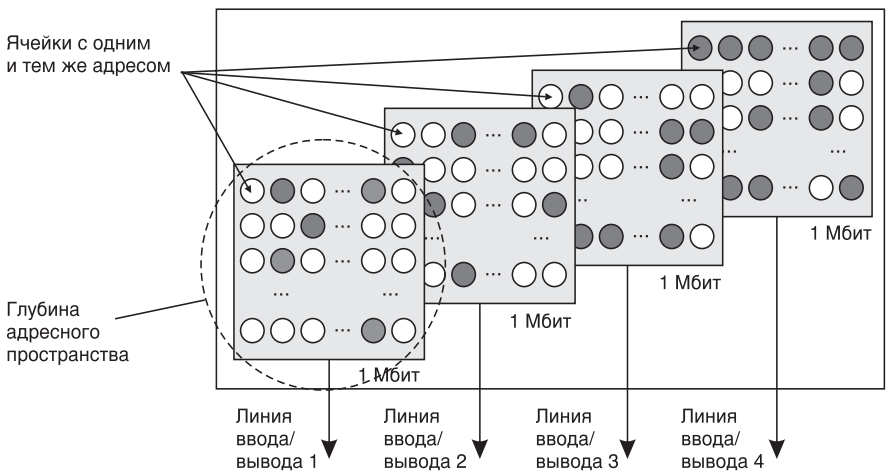


Рис. 7.3. Структурная схема микросхемы памяти 1□4

Количество линий ввода/вывода определяет разрядность шины ввода/вывода микросхемы.

Количество бит информации, которое хранится в ячейках каждой матрицы, называется *глубиной адресного пространства* (Depth Address) микросхемы памяти.

Таким образом, общая емкость микросхемы памяти определяется произведением глубины адресного пространства на количество линий ввода/вывода (разрядов). Например, емкость микросхемы памяти, имеющей глубину адресного пространства 1 Мбайт и 4 линии ввода/вывода (четырехразрядную шину ввода/вывода), составляет 1 Мбайт □ 4 = 4 Мбайт. Такая микросхема обозначается 1□4, 1М□4, □□4400 либо □□4401.

Быстродействие памяти

Производительность микросхемы динамической памяти характеризуется временем выполнения элементарных действий между двумя операциями чтения либо записи данных. Последовательность этих операций называют рабочим циклом (или циклом обращения). Он включает указание адреса данных (выбор строки, выбор столбца), чтение (запись).

Время, необходимое для чтения (записи) данных, хранящихся по случайному адресу, называется *временем доступа* (Access time). Для микросхем памяти FPM, EDO и SDRAM, которые выпускались длительное время для компьютеров с процессорами 486 и Pentium, время доступа составляло 40—50 нс, а тактовая частота шины памяти не превышала 50—133 МГц. Для современных микросхем время доступа составляет порядка 3—6 нс, а тактовая частота шины памяти увеличилась до 800—2000 МГц. В табл. 7.1 показаны этапы развития технологии DRAM.

Таблица 7.1. *Развитие технологии DRAM*

Год выпуска	Технология	Временные характеристики
1987	FPM	50 нс
1995	EDO	50 нс
1997	PC66 SDRAM	66 МГц
1998	PC100 SDRAM	100 МГц
1999	RDRAM	800 МГц
1999/2000	PC133 SDRAM	133 МГц

Таблица 7.1 *(окончание)*

Год выпуска	Технология	Временные характеристики
2000	DDR SDRAM	266 МГц
2001	DDR SDRAM	333 МГц
2002	DDR SDRAM	434 МГц
2003	DDR2 SDRAM	500 МГц
2004	DDR2 SDRAM	533 МГц
2005	DDR2 SDRAM	800 МГц
2006	DDR2 SDRAM	667—800 МГц
2007	DDR3 SDRAM	1066—1600 МГц

Банки и каналы памяти

Быстродействие микросхем (модулей) памяти (точнее, запоминающих ячеек) всегда отставало от скорости работы шин памяти и частоты процессора, и, в обозримое время, каких-либо существенных изменений в этой области не предвидится. Поэтому для увеличения производительности подсистемы памяти, уже начиная с компьютеров PC AT, использовались различные приемы построения схемотехники чипсета материнской платы.

Наиболее популярный вариант увеличения производительности подсистемы памяти — это использование банков памяти. Банки памяти используются как на уровне чипсетов, так и на внутреннем уровне организации запоминающих матриц микросхем памяти.

Банк памяти физически представляет собой набор микросхем (один или два модуля памяти), разрядность которого равна ширине шины памяти. Если ширина шины памяти равна 64 битам (8 байтов), то и разрядность банка памяти равна 64 битам.

Когда используются два банка памяти, то синхронизация микросхем банков происходит в противофазе, т. е. когда данные считываются из одного банка, то во втором банке производится переключение адреса. В результате, если частота шины данных позволяет, происходит увеличение производительности в два раза.

В новых процессорах используют двух- или трехканальную память. В этом случае производительность увеличивается за счет увеличения ширины (раз-

рядности) шины данных, например, с 64 бит до 128 бит. В процессорах с интегрированным контроллером памяти каждый канал памяти имеет свою шину для подключения к процессору. Для старых процессоров принцип распределения данных от многоканальной памяти на шину данных определяет чипсет, в частности, можно выдавать данные на шину в два раза чаще, чем это позволяет частота работы модулей памяти.

Тайминг памяти

Для того чтобы прочитать или записать данные в микросхеме динамической памяти, которые используются в оперативной памяти компьютера, нужно выполнить ряд операций. Если в общем, то сначала чипсет или процессор выдает адрес нужной ячейки хранения, далее идет время ожидания, когда в микросхеме завершатся процессы выбора нужной ячейки и передачи информации от нее на выходной буфер или записи в нее единицы или нуля, и приведение запоминающей ячейки и схем управления в состояние ожидания следующего обращения к ней (операций на самом деле больше). Каждая операция требует времени — циклов ожидания, а т. к. быстродействие микросхем значительно ниже, чем тактовая частота информационных шин, то для микросхем динамической памяти указывается ряд цифр, например, 3-2-3, 3-3-3-20 или 2-3-2-6-1, которые называются *таймингом* микросхемы или модуля памяти.

Каждая цифра в тайминге — это количество тактов шины на выполнение той или иной операции. Различных операций при обращении к ячейкам памяти очень много, но пользователи оперируют ограниченным числом. В частности, для современных модулей памяти может указываться пять операций или таймингов, например, 2-3-2-6-1. Расшифровка данной последовательности дана в табл. 7.2. Наиболее идеальный случай, когда все тайминги равны 1, например, 1-1-1. Но так может быть только для очень низкой тактовой частоты процессора, равной нескольким сотням мегагерц.

Таблица 7.2. *Расшифровка временных задержек (тайминг 2-3-2-6-1)*

Тайминг	Определение	Аббревиатура	Описание
2	CAS Latency	CL	Задержка между выбором и чтением ряда

Таблица 7.2 *(окончание)*

Тайминг	Определение	Аббревиатура	Описание
3	RAS to CAS (Row to Column Delay)	TRCD	Выбор ряда
2	Row Precharge Delay (RAS Precharge Delay)	tRP/tRCP	Деактивация ряда
6	Row Active Delay (RAS Active Delay, time to ready)	tRA/tRD/tRAS	Число циклов чтения
1	Command Rate	CMD Rate	Задержка адресации

Для примера в табл. 7.3 приведены тайминги памяти DDR3 производства компании Kingston. Заметим, что у других производителей тайминги могут быть чуть-чуть другими вследствие особенностей производства микросхем и разводки модуля памяти.

Таблица 7.3. *Скоростные характеристики модулей памяти DDR3 компании Kingston*

Частота памяти, МГц	Классификация памяти	Тайминг, такт
1066	DDR3-1066	CAS 7 (7-7-7)
1333	DDR3-1333	CAS 9 (9-9-9)
1600	DDR3-1600	CAS 10 (10-10-10)

Часто в документации на модули памяти указывается только один временной параметр (тайминг) — CL (CAS Latency) — минимальное время между подачей команды на чтение (CAS) и началом передачи данных. Это так называемая задержка чтения или, используя кальку с английского языка, *латентность*. Например, CL2 или CL3.

Оверклокеры[1], когда разгоняют память, не только увеличивают тактовую частоту и напряжение питания, но пытаются подобрать наиболее оптималь-

[1] Разгон, оверклокинг (от англ. *overclocking*) — повышение быстродействия компонентов компьютера за счет эксплуатации их в форсированных (нештатных) режимах работы. Оверклокеры — лица, занимающиеся оверклокингом.

ный тайминг. Причем оптимизация задержек позволяет существенно увеличить общую производительность компьютера.

Разгон памяти

Когда мы смотрим на характеристики процессоров и видеокарт, то теперь везде фигурируют огромные величины частот, например, 500, 800, 1000, 3000 МГц. Но, несмотря на такие огромные величины частот наиболее главных узлов современного компьютера, запоминающие ячейки оперативной памяти до сих пор реально работают на частотах около 200—300 МГц, и в ближайшее время такое положение дел коренным образом не изменится. А частота, например, в 1600 МГц для модулей памяти справедлива лишь для выходных буферных схем микросхем DRAM. Для ускорения работы оперативной памяти (увеличения производительности приложений) существует несколько технологий: увеличение тактовой частоты, уменьшение таймингов и увеличение напряжения питания. А т. к. сегодня производители процессоров отказались от жесткой фиксации частотных характеристик своей продукции, и даже поощряют разгон, то в распоряжении пользователей имеется ряд программных инструментов для изменения стандартных характеристик узлов процессора и памяти (обычно это выполняется через пункты меню программы CMOS Setup, предназначенной для настройки параметров BIOS).

Наиболее "древняя" методика разгона памяти, но эффективно использующаяся и сегодня — это увеличение опорной тактовой частоты, подающейся на модули памяти, которая, как правило, привязана к тактовой частоте системной шины. Повышая, скажем, на 25 МГц тактовую частоту, мы существенно увеличиваем производительность системы, что даже эффективнее замены процессора на более мощную модель. Заметим, результирующая частота для модулей DDR3 будет в 8 раз выше.

Если обратить внимание на маркировку модулей памяти, то можно увидеть, что в настоящее время предлагаются модули памяти с частотами, не соответствующие обычным кратностям SDRAM, например, варианты 1375, 1625, 1800 МГц для модулей DDR3. В данном случае отражается принцип оптимизации тактовой частоты модулей памяти и частоты процессора. Хотя и считается, что цепи модулей памяти и процессора работают в синхронном режиме, но при стандартных частотах, например, 1333 и 1600 МГц периодически происходит сбой синхронизации, что вынуждает процессор останавливать прием/передачу данных на некоторое время. Если подобрать оптимальную тактовую частоту для модулей памяти, то можно увеличить общую производительность системы.

Другим эффективным методом разгона памяти является принцип уменьшения таймингов (задержек). Например, если вместо варианта 4-4-4 использовать 3-3-3, то мы существенно увеличим производительность памяти. Но производители записывают в микросхему для хранения информации SPD (Serial Presence Detect) (находится на каждом модуле памяти) характеристики, которые они гарантируют для всех случаев применения. Пользователь может самостоятельно подобрать тайминги для конкретных экземпляров модулей памяти и системной платы, правда, это кропотливая и нудная работа, требующая аккуратности и внимательности (обязательное тестирование системы на всех этапах разгона!).

Увеличение тактовой частоты и уменьшение таймингов почти всегда сопровождается увеличением уровня напряжения питания модулей памяти. К сожалению, просто так увеличить напряжение для современных модулей памяти нельзя, т. к. это сопровождается довольно вредными и неприятными эффектами. В частности, это увеличение тепловыделения, поэтому при разгоне модулей памяти приходится использовать конструкции модулей с теплоотводами и принудительным охлаждением. Как правило, увеличивают напряжение питания ступеньки по 0,025 или 0,050 В, проверяя стабильность работы системы и температурный режим модулей памяти.

Ряд производителей выпускает специальные модули памяти, которые как раз и показывают рекордные результаты при увеличенном напряжении питания, например, для DDR3 вместо законных 1,5 В предлагается использовать 1,9 В. Но следует указать, что это недопустимо для процессоров Intel Core i7, т. к. цепи процессора непосредственно работают с микросхемами на модулях памяти. По техническим характеристикам для цепей контроллера памяти процессоров Intel Core i7 допустимо изменение напряжения всего на □0,065 В. При покупке системной платы для процессора Intel Core i7 можно увидеть на слотах для модулей памяти этикетку с предупреждением, что не допускается увеличение напряжения питания для модулей памяти выше 1,65 В. Нарушение этого условия может привести к выходу процессора из строя.

DRAM

Буква "D" в аббревиатуре "DRAM" означает "динамическая" (Dynamic), т. е. для сохранения данных, записанных в микросхеме памяти, необходима их периодическая регенерация. Все микросхемы DRAM имеют матричную организацию, причем каждый элемент матрицы (миниатюрный конденсатор) хранит один бит данных и адресуется с помощью следующих сигналов: RAS, адрес строки, CAS и адрес столбца.

Примечание

Цикл регенерации происходит при фиксации адреса столбца и циклическом изменении адреса строки. Следовательно, чем меньше строк в матрице микросхемы, тем короче цикл регенерации.

Часто в описании микросхем можно встретить следующую характеристику: 2k refresh, 4k refresh и т. п. Число nk означает длину строки, т. е. количество столбцов. Дело в том, что "нормальное" количество столбцов и строк для чипа организации 4 □ 4 численно равно 2 Кбит (4 Мбит = 1024 □ 1024 □ 4 = =1 048 576 □ 4 = 4 194 304 бит, $\sqrt{4\,194\,304}$ = 2048 бит). Однако с целью повышения быстродействия были разработаны микросхемы с "неквадратной" матрицей, имеющие 1 Кбит строк и, соответственно, столбцов, что позволило сократить время регенерации.

В процессе совершенствования технологии изготовления DRAM были разработаны различные типы памяти: FPM, EDO, SDRAM, DDR SDRAM.

FPM DRAM

Память типа DRAM, реализующая быстрый страничный режим, называется FPM DRAM (*Fast Page Mode DRAM*).

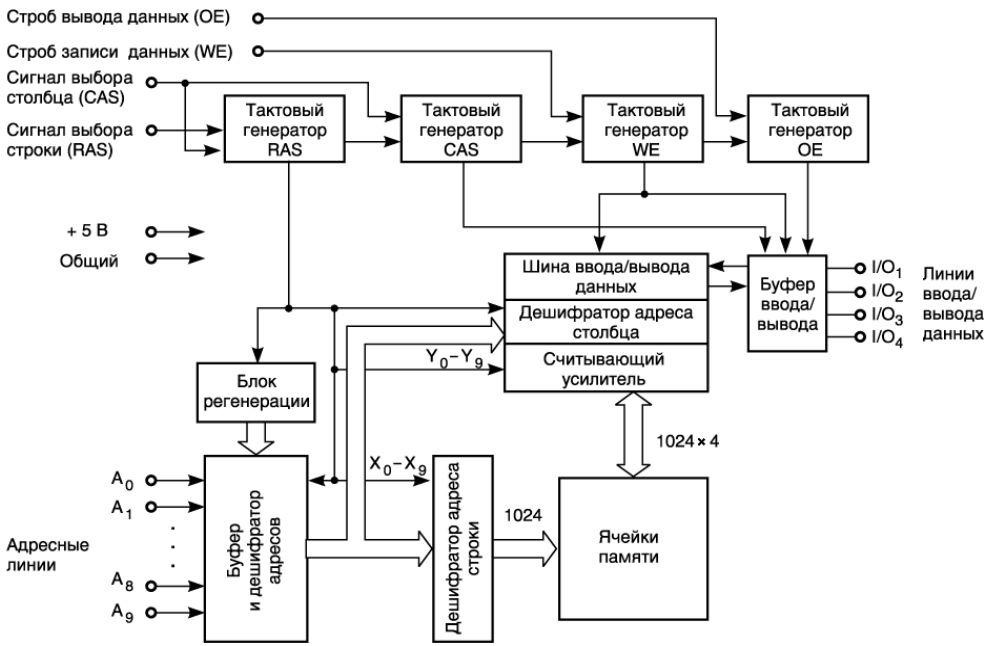


Рис. 7.4. Структура микросхемы FPM DRAM

В микросхемах FPM DRAM сигнал CAS используется не только для адресации столбца, но и для указания "срока годности" адреса, т. е. времени, в течение которого будет выполняться считывание данных (рис. 7.4).

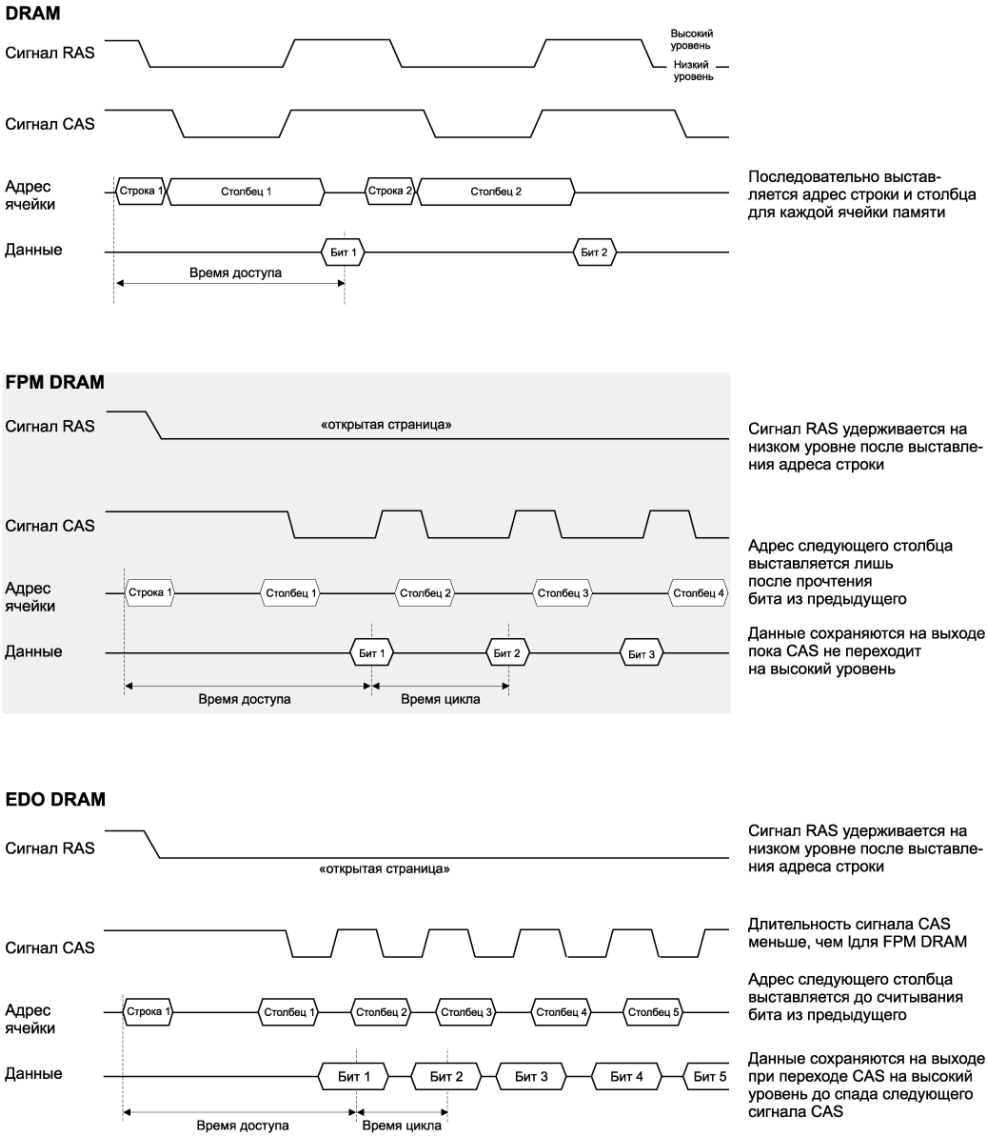


Рис. 7.5. Временная диаграмма "классической" DRAM, FPM DRAM и EDO DRAM

Память этого типа появилась в последних моделях PC с CPU 80486 и получила широкое распространение. Время доступа процессора к памяти при использовании микросхем FPM DRAM (60 нс) сократилось на 40% по сравнению с временем доступа к обычным DRAM. Время рабочего цикла последних чипов составило 35 нс. Тем не менее, микросхемам FPM DRAM не удавалось "угнаться" за процессором, если частота системной шины превышала 28 МГц.

Временная диаграмма работы FPM DRAM представлена на рис. 7.5.

EDO DRAM

В компьютерах на базе CPU Pentium применяется память типа EDO DRAM (*Extended Data Output*).

Структурная схема EDO DRAM похожа на схему FPM DRAM. Отличие состоит в том, что для FPM DRAM линии ввода/вывода данных отключались от системной шины, как только начиналось задание адреса следующего бита, а в режиме EDO линии остаются подключенными до окончания ввода нового адреса и, соответственно, начала вывода следующего бита. Вместо сигнала CAS для указания конца операции чтения используется сигнал OE (*Output Enable*). Таким образом, память EDO позволяет одновременно считывать данные и задавать адрес следующих данных, что, в свою очередь, сокращает длительность рабочего цикла (см. рис. 7.8).

Модули памяти EDO работают на 10—15% быстрее, чем FPM DRAM. Они работают без задержки с системными шинами, работающими на тактовой частоте 50 МГц (1 : 20 нс = 50 МГц). Тем не менее, преимущество EDO перед FPM проявляется лишь при чтении данных — одновременное выполнение операций записи и адресации невозможно.

SDRAM

До 1997 г. производились только асинхронные микросхемы DRAM, т. е. такие, работа которых не была синхронизирована с частотой работы системной шины.

Примечание

Асинхронные элементы имеют только информационные входы и срабатывают непосредственно после изменения сигнала на входах. Сигнал на выходе появляется через некоторое время. Оно не регламентируется и может

изменяться в зависимости от температуры и от старения полупроводниковых элементов. Основным недостатком асинхронных элементов является их низкая помехоустойчивость, проявляющаяся в сбоях при работе PC.

Для срабатывания синхронных элементов смены сигналов на входах недостаточно. Необходим дополнительный тактирующий сигнал, который подается на соответствующий вход. В качестве такого сигнала выбран тактовый сигнал системной шины. Этот сигнал задает частоту смены информации в определенные моменты времени. В эти же моменты обновляется информация на выходах элементов. Таким образом, процессы записи и считывания информации в память строго привязаны к тактам CPU или шины.

Все рассмотренные выше элементы памяти (FPM и EDO) работают асинхронно с тактовой частотой системной шины. Поэтому для передачи данных из памяти в CPU необходимо подтверждение связи между CPU и контроллером памяти.

Процесс чтения данных организован следующим образом. CPU сообщает контроллеру памяти с помощью сигнала ADS, что ему необходимы данные, располагающиеся по определенному адресу. Затем осуществляется цикл чтения данных из DRAM. Когда данные прочитаны и находятся на выходных линиях DRAM, контроллер памяти посылает процессору сигнал BRDY и только тогда данные поступают на CPU. Если данные еще не готовы, то CPU вынужден осуществлять холостые циклы (*Wait state*) в ожидании данных.

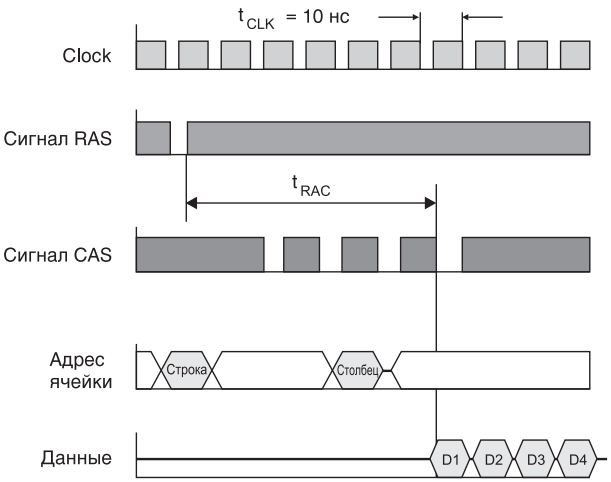


Рис. 7.6. Временная диаграмма SDRAM в пакетном режиме

В 1997 г. для синхронизации работы памяти и системной шины использовалась микросхема синхронной динамической памяти SDRAM (*Sychronous DRAM*). Метод доступа к строкам и столбцам данных в микросхемах SDRAM и стандартной DRAM реализован одинаково. Отличие заключается в следующем: все операции в микросхемах SDRAM синхронизированы с тактовой частотой CPU, т. е. память и CPU работают синхронно без циклов ожидания (рис. 7.6).

Примечание

Первоначально SDRAM была предложена в качестве более дешевой по стоимости альтернативы дорогой видеопамяти VRAM (Video RAM), используемой в видеоадаптерах.

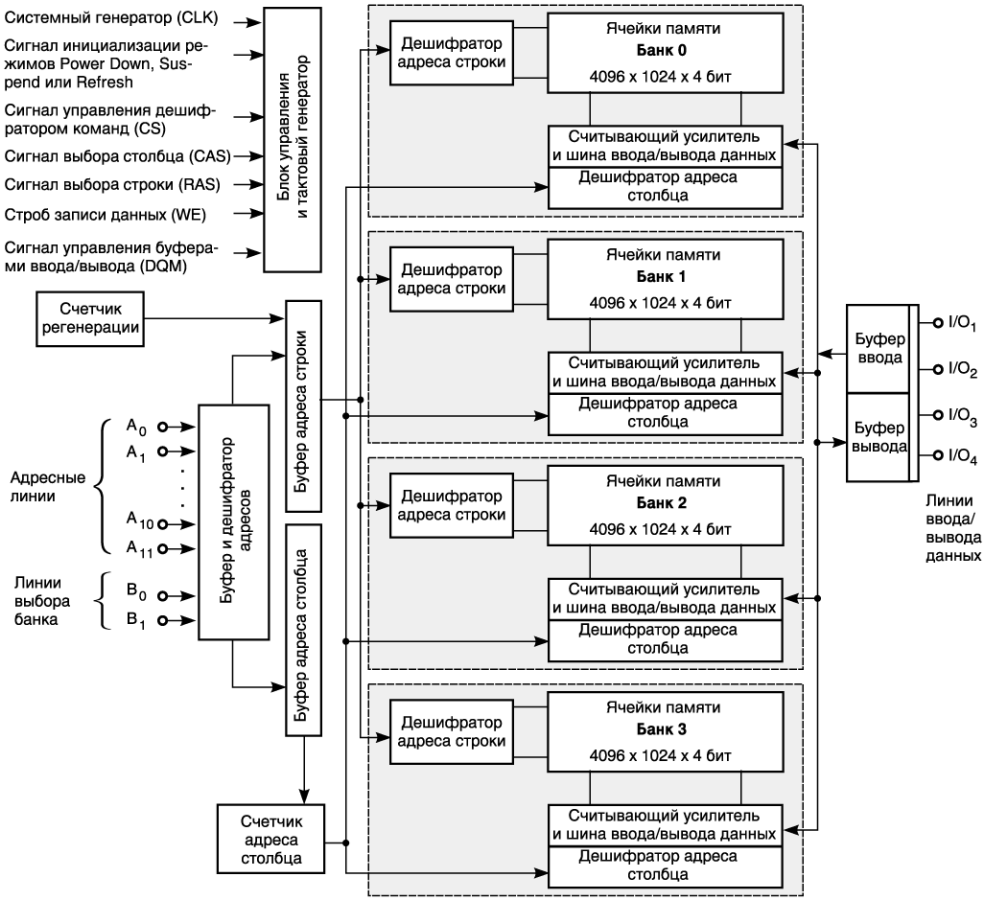


Рис. 7.7. Структурная схема SDRAM

За счет исключения циклов ожидания сократилось время выполнения команд и передачи данных. Современные микросхемы SDRAM могут работать на тактовых частотах CPU 66, 75, 83, 100, 125 и 133 МГц.

Кроме того, для сокращения времени выборки данных в микросхеме SDRAM предусмотрено чередование адресов, а также пакетный режим; используется трехступенчатая конвейерная адресация, которая позволяет осуществить доступ к запрошенным данным до завершения обработки предыдущих.

Все это позволило сократить время рабочего цикла микросхемы до 8—10 нс (1 : 10 нс = 100 МГц) и повысить скорость передачи данных до 800 Мбайт/с при тактовой частоте системной шины 100 МГц.

Внутренняя архитектура SDRAM предполагает два или более банка. Структурная схема SDRAM, имеющая 4 банка емкостью по 4 Мбайт и 4 линии ввода/вывода, представлена на рис. 7.7.

PC100/133SDRAM

При тактовой частоте системной шины 100 МГц многие микросхемы SDRAM работали неустойчиво, поэтому для такой системной шины корпорация Intel разработала спецификацию микросхем памяти, получившую название PC100.

Микросхемы памяти PC100 SDRAM выпускаются в корпусе TSOP, а количество выводов зависит от глубины адресного пространства микросхемы.

С увеличением тактовой частоты системной шины до 133 МГц появились микросхемы SDRAM, поддерживающие данную тактовую частоту. Они получили название PC133 SDRAM.

DDR

Следующим этапом в развитии памяти SDRAM явилась память DDR SDRAM. В отличие от "обычной" памяти SDRAM (или SDRAM I), данные передаются по восходящему и ниспадающему фронтам синхросигнала, в результате чего пропускная способность шины данных увеличилась вдвое. Так, в случае 64-разрядной шины данных за один такт передается 16 байт данных (64 : 8 □ 2).

Подобная схема передачи данных весьма критична даже к самой незначительной задержке тактового сигнала, поэтому, в отличие от SDRAM, для синхронизации передачи данных помимо сигнала тактового генератора применяется до-

полнительный сигнал (DQS — *Data Strobe Signal*). Этот сигнал передается параллельно с тактовым сигналом и корректирует процесс передачи данных для каждой линии шины данных. Для выдачи сигнала DQS, означающего доступность данных на выходе, используется специальный цикл с фиксированной задержкой DLL (*Delay Locked Loop*).

Рис. 7.8. Временная диаграмма DDR SDRAM

Для точной синхронизации сигналов DQS и передачи данных (DQ) соответствующие проводники имеют одинаковую длину и емкость. Таким образом, колебания напряжения и температуры одинаково отражаются на обоих сигналах, что обеспечивает отсутствие нарушения синхронизации между контроллером памяти и микросхемами модулей памяти. Дополнительный контроль синхронизации передачи данных обеспечивает более надежную и высокую скорость передачи данных, чем при использовании только сигнала тактового генератора. Чтение и запись данных производятся не в соответствии с тактовым сигналом, а синхронизируются сигналом DQS (рис. 7.8).

Архитектурно микросхема состоит из четырех независимых банков (рис. 7.9).

При тактовой частоте 100, 133, 150 и 166 МГц пропускная способность шины памяти DDR SDRAM составляет соответственно 1600, 2100, 2400 и 2700 Мбайт/с.

Первые образцы 64-мегабитных микросхем DDR SADRAM появились в 1998 г., а в 1999 г. появились первые DIMM-модули DDR SDRAM. Новая технология памяти была поддержана многими производителями, среди которых были IBM и VIA Technologies. Благодаря тому, что, в отличие от RDRAM, технология DDR SDRAM является открытой, не требует никаких

лицензионных отчислений, а также мало отличается от производственного процесса SDRAM.

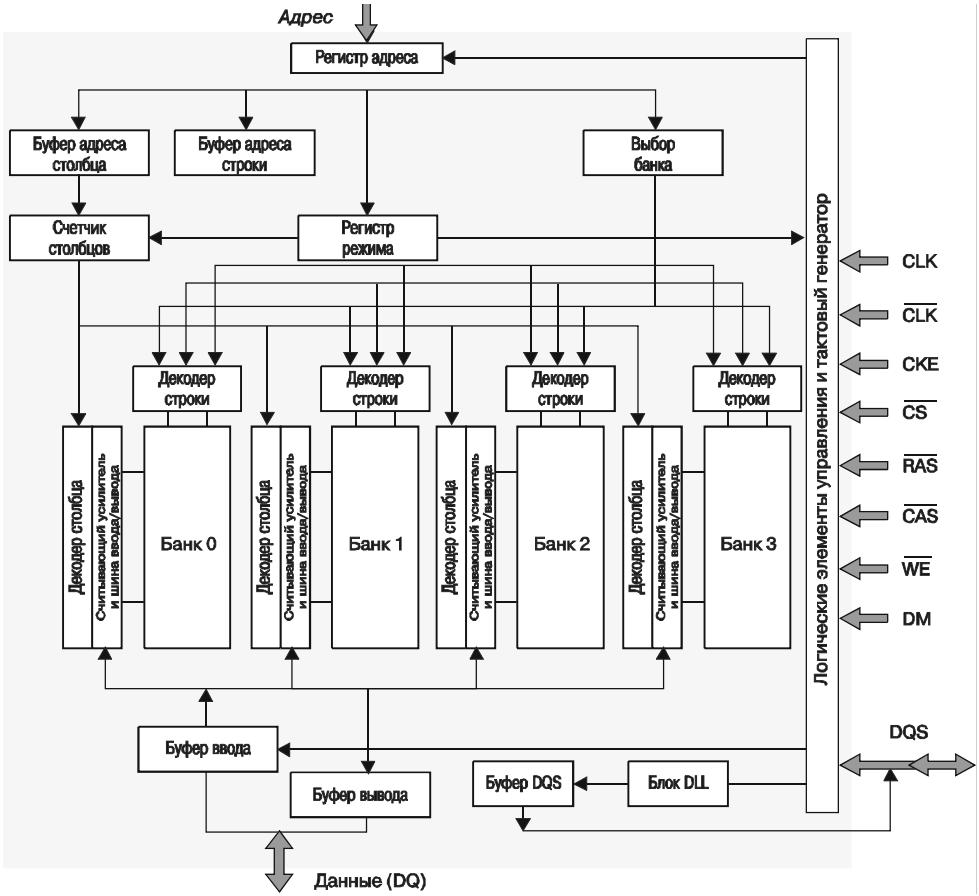


Рис. 7.9. Структурная схема DDR SDRAM

DDR 2 и 3

Основная особенность технологии DDR SDRAM это возможность передавать данные по обоим фронтам каждого тактового импульса, что дает возможность удвоить пропускную способность памяти. То есть при передаче блоков (пакетов) данных за один машинный такт передается двойная порция данных. Это путь увеличения производительности памяти оказался весьма при-

влекательным, поэтому при дальнейшем развитии этой технологии в микросхемах DDR2 удалось за один тактовый импульс передавать уже 4 порции данных, а в DDR3 уже и восемь.

Следует отметить, что увеличение производительности происходит за счет оптимизации процесса адресации и чтения/записи ячеек памяти, а вот тактовая частота работы запоминающей матрицы практически не изменяется (очень незначительно увеличивается за счет использования более совершенной технологии изготовления микросхем). Поэтому общая производительность компьютера не увеличивается в два и четыре раза, а всего на десятки процентов. На рис. 7.10 показаны частотные принципы работы микросхем DDR различных поколений.

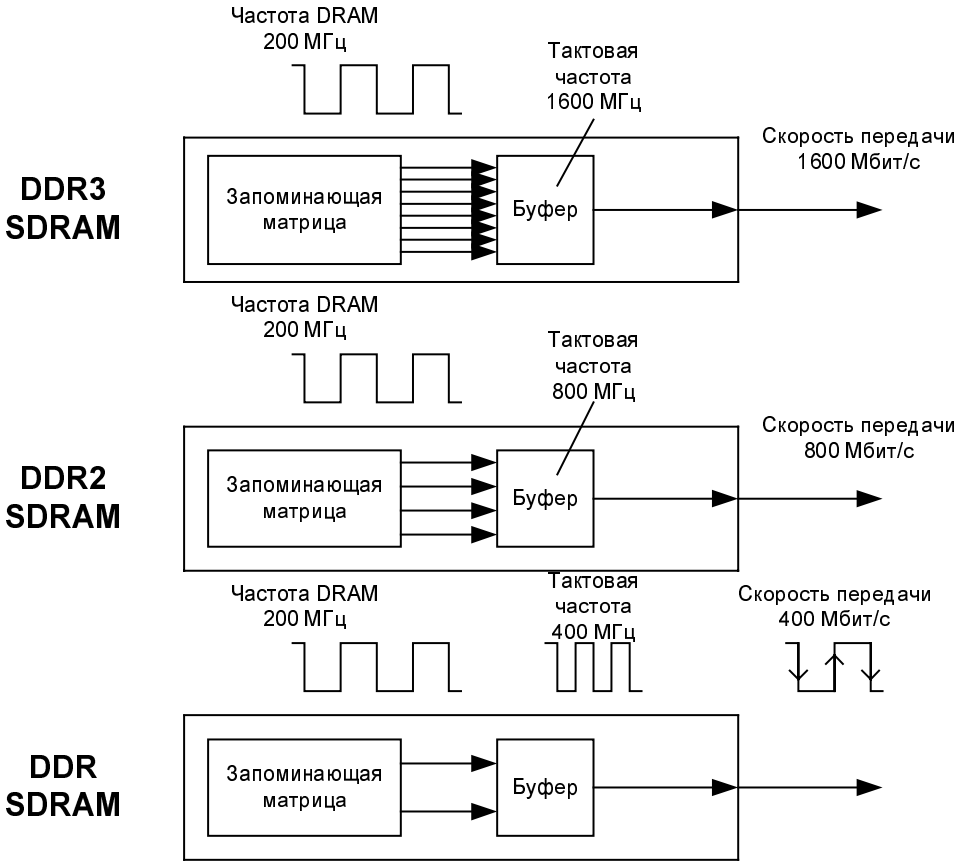


Рис. 7.10. Частотные принципы работы микросхем памяти SDRAM

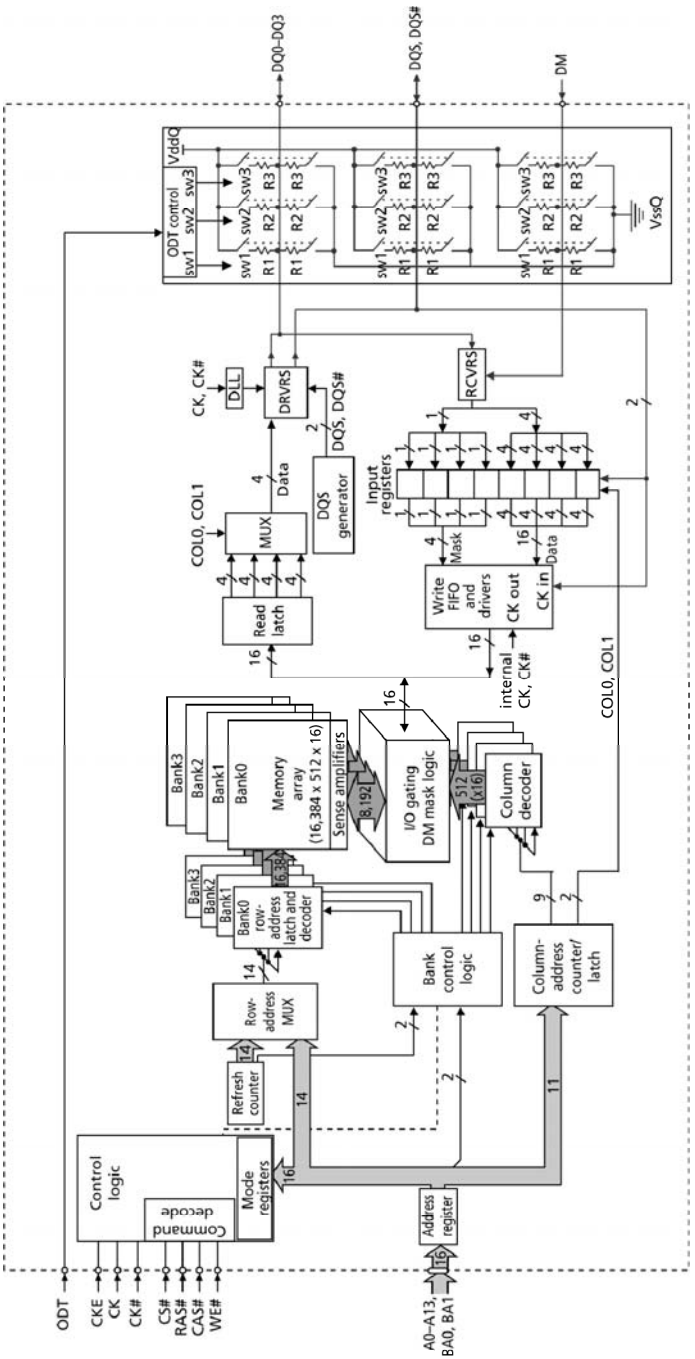


Рис. 7.11. Блок-схема микросхемы памяти DDR2 объемом 512 Мбайт разработки компании Micron

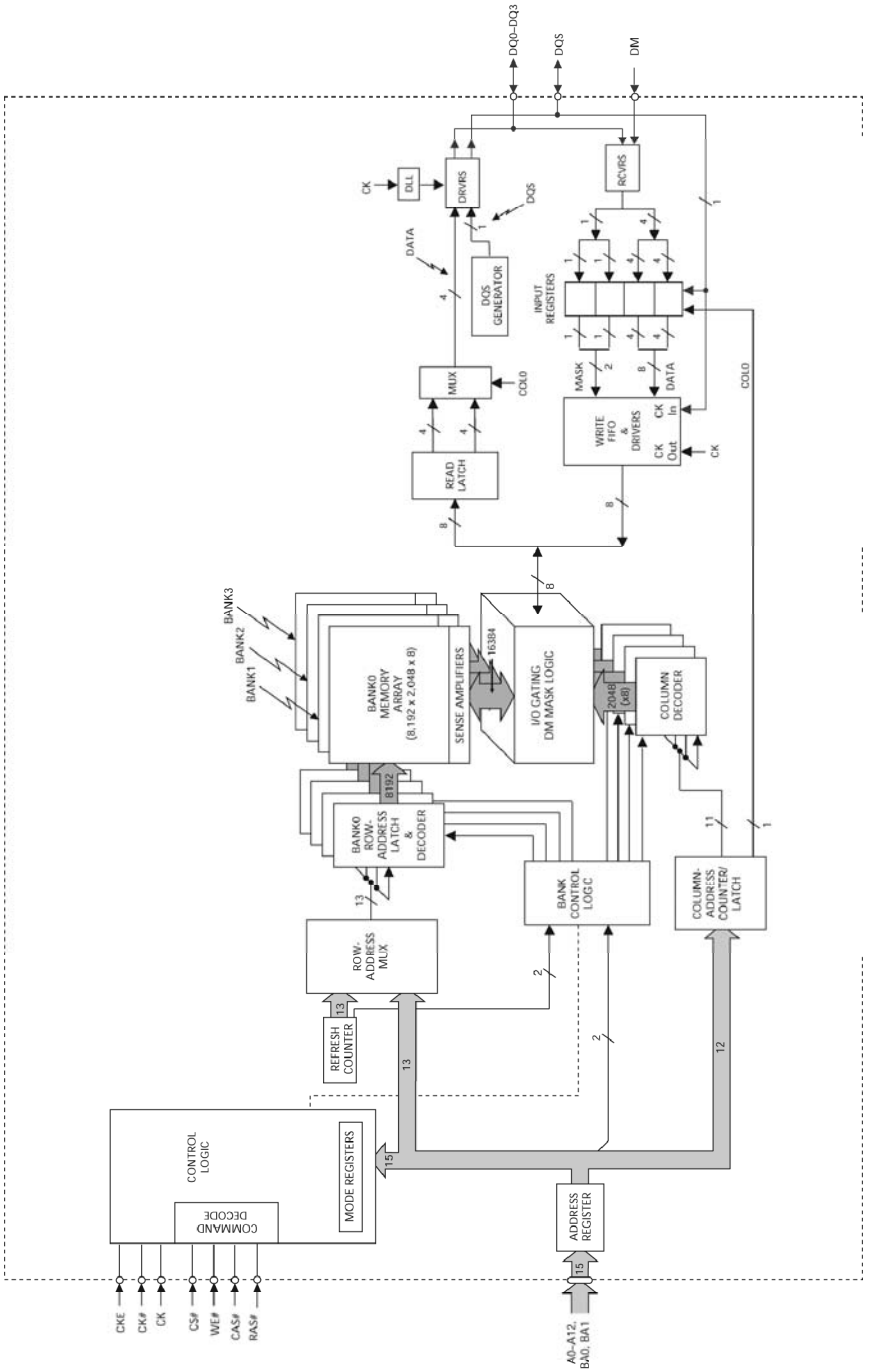


Рис. 7.12. Блок-схема микросхемы памяти DDR3 объемом 1 Гбайт разработки компании Micron

В табл. 7.4 приведены характеристики микросхем памяти трех поколений DDR SDRAM. На рис. 7.11 приведена блок-схема микросхемы памяти DDR2, а на рис. 7.11 — блок-схема микросхемы памяти DDR3. В принципе, обе блок-схемы очень похожи, но в DDR3 для обеспечения устойчивости работы микросхемы на очень высоких тактовых частотах изменена схема подачи синхросигнала, схема терминации (согласования сопротивления нагрузки шины) и т. д., что не отражено на блок-схеме.

Таблица 7.4. *Характеристики микросхем памяти*

Характеристика	DDR SDRAM	DDR2 SDRAM	DDR3 SDRAM
Частота, МГц	200, 266, 333, 400	400, 533, 667, 800	800, 1066, 1333, 1600
Напряжение, В	2,5 □0,2	1,8 □0,1	1,5 □0,075
Интерфейс	SSTL_2	SSTL_18	SSTL_15
Синхронизация данных	Single ended	Single ended/ Differential	Differential Default
Длительность импульса, тактов FSB	2, 4, 8	4, 8	4 (Burst Shop), 8
Предвыбор	2	4	8
Количество банков	4	4/8	8
Сброс	Нет	Нет	Да
Нагрузка на кристалле	Нет	Да	Да
Калибровка	—	Off-Chip Driver Calibration	Self Calibration with ZQ Pin
Корпус	TSOP II	FBGA	FBGA

В настоящее время используются модули памяти трех поколений, т. к. DDR нужны еще для первого поколения процессоров AMD64, DDR2 и 3 используется в выпускаемых в настоящее время процессорах AMD и Intel. Таким образом идет процесс сворачивания производства DDR SDRAM и переход на динамическую память DDR3 SDRAM. Очень наглядно представила процесс смены поколений памяти компания Elpida, как это показано на рис. 7.13.

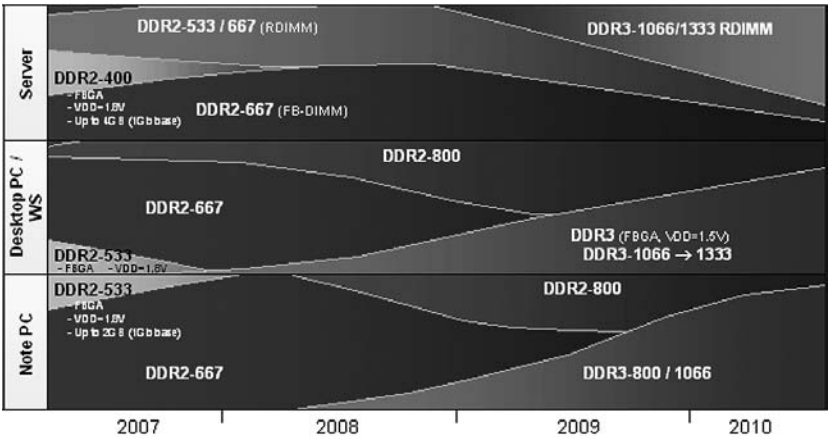


Рис. 7.13. Смена поколений памяти SDRAM по прогнозам компании Elpida

RDRAM

Небольшая американская фирма Rambus начала разработку нового типа памяти в 1992 г. Уже спустя 3 года она анонсировала принципиально новую технологию — Rambus. Новая технология подразумевала наличие усовершенствованных микросхем памяти Base RDRAM и так называемого Rambus-канала, включающего высокоскоростную 8-разрядную шину (700 МГц) и специальный контроллер памяти. Пропускная способность памяти составила 600 Мбайт/с, что превосходит аналогичный показатель некоторых современных модулей памяти.

В 1995 г. фирма заключила соглашение с корпорацией Intel, которая поддержала перспективные разработки фирмы Rambus, и приступила к разработке и выпуску чипсетов, поддерживающих технологию Rambus.

Корпорация Intel планировала к 2000 г. полностью переориентировать свои чипсеты на использование микросхем памяти типа Direct DRAM. В 1999 г. корпорация Intel представила на рынке первый чипсет, ориентированный только на Rambus DRAM — i810 (позднее i810E, i820 и i840). Однако под давлением производителей материнских плат корпорация была вынуждена разрабатывать специальный хаб, позволяющий использовать модули SDRAM. Основным недостатком микросхем Rambus DRAM явилась их высокая стоимость по сравнению с SDRAM и DDR SDRAM. Впоследствии корпорация Intel пересмотрела свою политику относительно памяти

RDRAM и стала выпускать системы для настольных систем с использованием DDR SDRAM. Но окончательно технология Rambus DRAM не умерла и используется в ограниченных случаях для промышленных высокопроизводительных систем.

Микросхемы памяти

Тип корпуса

Первые микросхемы памяти выпускались в так называемых DIP-корпусах (*Dual In-line Package* — корпус с двухрядным расположением выводов). У таких микросхем выводы (*Pins*) расположены по бокам корпуса (рис. 7.14). Сам кристалл, на котором размещены ячейки памяти, значительно меньше по размеру, чем корпус. Такая конструкция корпуса удобна для печатного монтажа и установки микросхемы в панельки на материнской плате, а также для соблюдения температурного режима работы элементов.

В настоящее время на модули памяти устанавливаются микросхемы в корпусах SOJ (*Small Outline J-shaped*) и TSOP (*Thin Small Outline Package*).

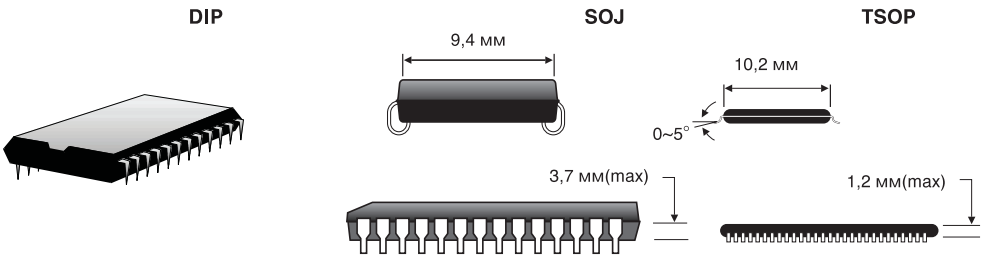


Рис. 7.14. Корпуса типа DIP, SOJ и TSOP

Корпус SOJ похож на корпус DIP, только выводы микросхемы изогнуты и напоминают букву "J", что позволяет их с успехом использовать как при пайке, так и для установки в специальные панельки (гнезда). Микросхемы памяти в корпусах SOJ устанавливаются на SIMM-модули и применяются для расширения памяти на видеоадаптерах.

Корпус TSOP плоский и имеет горизонтально расположенные выводы, пригодные только для пайки. Такие микросхемы устанавливаются на DIMM-модули с питанием менее 3,3 В.

Маркировка

На каждую микросхему памяти нанесена маркировка, которая содержит информацию о фирме-производителе, характеристиках элемента памяти, материале, из которого изготовлена микросхема, и другую служебную информацию.

К сожалению, маркировка, наносимая на микросхему различными производителями, не стандартизована. Как правило, без труда удается определить по аббревиатуре или логотипу производителя микросхемы, а также время доступа по последним цифрам маркировки. На рис. 7.15 представлен внешний вид микросхемы памяти, на корпусе которой приведена маркировка как в виде фирменной кодировки, так и в соответствии с требованиями корпорации Intel к спецификации микросхем памяти.

В табл. 7.5 показаны логотипы и аббревиатуры основных производителей микросхем памяти, приведены примеры маркировки и адреса сайтов производителей, где можно получить информацию о любой микросхеме памяти.

Рис. 7.15. Маркировка на микросхеме PC100 SDRAM

Таблица 7.5. *Маркировка микросхем памяти*

Фирма-производитель	Страна-производитель	Логотип	Аббревиатура	Пример маркировки	Web-адрес
Alliance	США		AS	AS4VC256K16E0 AS4C14405 AS4C1M16E5 AS4LC8M8S0	**http://www.alsc.com/**
Elpida*	Япония	ELPIDA	PD	PD488588	
Fujitsu	Япония	FUJITSU	MB	MB8117405B-60	**http://www.fujitsumicro.com/**

Таблица 7.5 *(продолжение)*

Фирма-производитель	Страна-производитель	Логотип	Аббревиатура	Пример маркировки	Web-адрес
Hitachi	Япония, Корея, Малайзия, США		HM	HM514400CS7	**http://www.halsp.hitachi.com/**
Hyundai	Корея		HY	HY514100A HY514400A HY5117(6)404B HY51V64(5)160A	**http://www.hei.co.kr/**
IBM	США		—		**http://www.chips.ibm.com/products/**
Infineon**	Германия			HYB25R144180 C-XXX	
Micron	США		MT	MT4C16270 MT4LC4M4B1	**http://www.micron.com/**
Mitsubishi	Япония		M5M	M5M44256BP	**http://www.mitsubishichips.com/**
Motorola	США			MCM514256AP	
NEC	Япония, Сингапур, Китай		□PD	D4516821G5-A10-7JF	**http://www.nec.com/**
Samsung	Корея, Португалия		KM	KM44C256AP	**http://www.sec.samsung.com/**
Siemens	Германия, Корея, Франция, Тайвань, Великобритания		HYB	HYB 514100 BJ-60 HYB 514405 BJ-50 HYB 514175 BJ-55	**http://www.siemens.de/**

Таблица 7.5 *(окончание)*

Фирма-производитель	Страна-производитель	Логотип	Аббревиатура	Пример маркировки	Web-адрес
Texas Instruments	США, Япония	TI	TMS	TMS417809DZ-50	**http://www.ti.com/**
Toshiba	Япония, Малайзия	TOSHIBA	TC	TC5118165BJ-60.	**http://www.Toshiba.com/**

* Немецкая фирма Infineon образована 1 апреля 1999 г. компанией Siemens Semiconductors для производства компонентов для микроэлектроники.

** Японская фирма Elpida Memory, Inc. образована в марте 2000 г. компаниями Hitachi и NEC.

Модули памяти

С увеличением объема оперативной памяти ее микросхемы стали занимать много места на материнской плате. С целью уменьшения размеров компонентов PC, в том числе и элементов оперативной памяти, были разработаны микросхемы памяти в планарном корпусе (SOJ, TSOP и др.). Для уплотнения монтажа элементов, относящихся к оперативной памяти, микросхемы памяти стали монтировать на отдельной небольшой плате, которая получила название *модуль памяти*.

Отказ от использования микросхем в DIP-корпусах вызван необходимостью увеличения плотности печатного монтажа. Дело в том, что интегральные микросхемы в DIP-корпусе, во-первых, большие по размеру и, во-вторых, устанавливаются на печатную плату в отверстия, что не позволяет осуществлять монтаж с двух сторон платы. Интегральные микросхемы в планарном корпусе устанавливаются на поверхность печатной платы и припаиваются к печатным проводникам. Таким образом, в одном месте печатной платы можно установить две интегральные микросхемы с двух сторон. Такая технология получила название SMT (*Surface Mounting Technology* — технология поверхностного монтажа).

Каждый модуль устанавливается в специальный разъем (слот) на материнской плате. Таких разъемов может быть несколько. Они организуются в группы (по 2, или по 3 в зависимости от разрядности системной шины и модулей памяти), называемые *банками*.

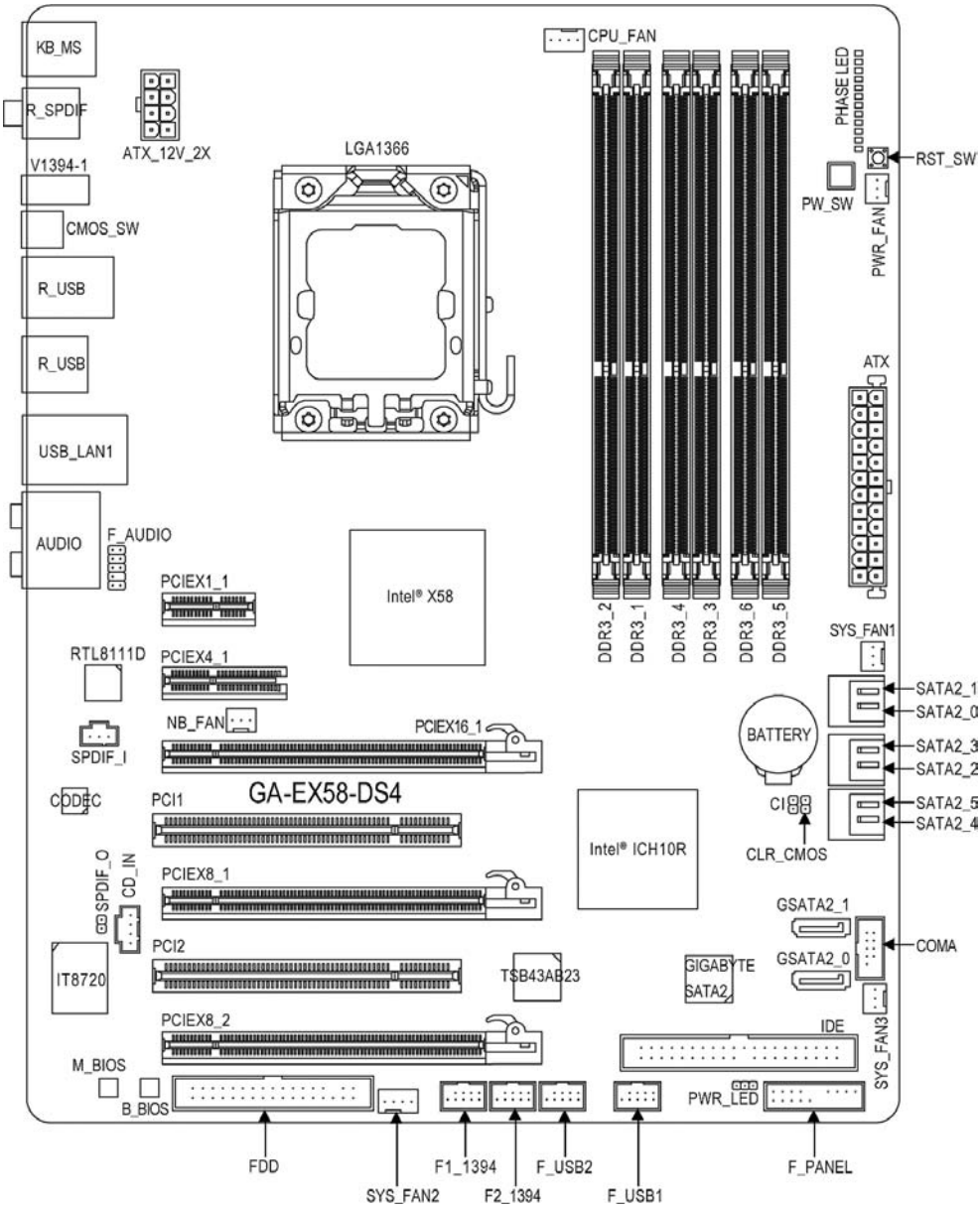


Рис. 7.16. Пример организации слотов для установки модулей памяти в банки

Для каждого поколения процессоров использовались различные принципы построения подсистемы памяти, в частности, различные разрядности моду-

лей памяти и количество слотов и банков. Для старых компьютеров использовались модули с разрядностью 32 бита, а начиная с эпохи Pentium используются модули с разрядностью 64 бита. Количество слотов может быть от 2 до 8, причем в начале компьютерной эпохи шло наращивание количества слотов до 8, но потом выгодным стало использование 2 или 3 слотов. Внедрение принципа многоканальной памяти увеличило количество слотов до 4 и 6. Для примера современного состояния дел на рис. 7.16 представлена материнская плата для CPU Core i7. Шесть 64-разрядных слотов, предназначенных для установки 240-контактных DIMM-модулей, организованы для трех каналов доступа к памяти, а в каждом канале допустимо использовать 1 или 2 модуля.

SIP-модули

SIP-модули (*Single In-line Package* — модули, имеющие однорядное расположение выводов) представляли собой небольшую плату с установленными на ней микросхемами DRAM (рис. 7.17). Такая плата имела 30 выводов; ее размеры: длина около 8 см и высота — примерно 1,7 см.

SIP-модули устанавливались в соответствующие разъемы на материнские платы с процессором 80386. Иногда помимо них дополнительно устанавливались элементы DRAM.

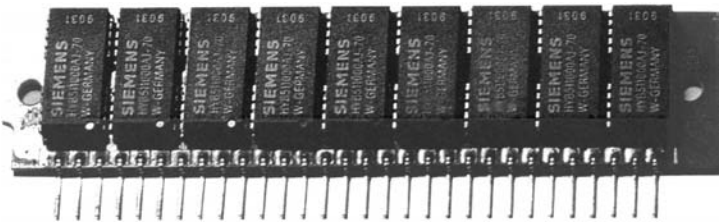


Рис. 7.17. SIP-модули, имеющие время доступа 70 нс

SIMM-модули

SIMM-модуль (*Single In-Line Memory Module*) имеет примерно такой же размер, как и SIP-модуль. Различие, прежде всего, заключается в конструкции контактов. Кроме того, выводы SIMM-модуля выполнены в виде так назы-

ваемых контактов типа PAD (вилка). Это луженые или позолоченные печатные контакты. Они расположены с обеих сторон платы и попарно соединены. SIMM-модули (рис. 7.18) устанавливаются в специальные слоты на материнской плате. Благодаря такой конструкции SIMM-модулей существенно повышается надежность электрического контакта в разъеме и прочность модуля в целом, тем более что все контакты изготовлены из высококачественного материала и позолочены.

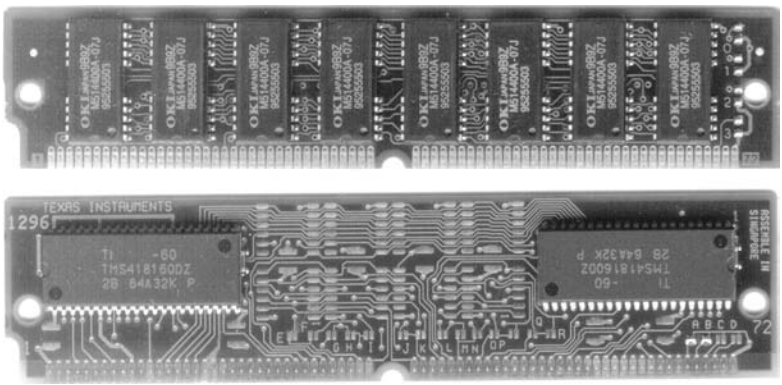


Рис. 7.18. SIMM-модули, имеющие время доступа 60 нс

Отказы в работе оперативной памяти чаще всего происходят не из-за повреждения SIMM-модулей, а вследствие некачественной обработки контактов разъемов на материнской плате.

Кроме того, удобная конструкция SIMM-модулей позволяет пользователям самостоятельно изменять конфигурацию памяти, не опасаясь повредить выводы.

Первые SIMM-модули имели 30 выводов (короткие), позже появились 72-контактные (длинные) модули.

Организация

Емкость и время доступа SIMM-модуля определяются суммарной емкостью и временем доступа установленных на нем микросхем памяти, а его разрядность — количеством линий ввода/вывода данных (суммарной разрядностью установленных микросхем памяти). На SIMM-модуле с контролем четности устанавливается дополнительная микросхема памяти.

30-контактные SIMM-модули без контроля четности (*non Parity*) — 8-разрядные, с контролем четности (*Parity*) — 9-разрядные. 72-контактные SIMM-модули без контроля четности — 32-разрядные, с контролем четности или контролем и коррекцией ошибок (*ECC*) — 36- и 40-разрядные.

Примечание

Для проверки сохраняемых в памяти данных на предмет отсутствия ошибок используется *метод контроля четности*. Суть метода заключается в том, что при записи данных в память для каждых младших 8 бит вычисляется контрольная сумма, которая сохраняется вместе с данными в виде бита четности. При считывании данных вновь вычисляется контрольная сумма и сравнивается со значением бита четности.

В современных системах подобная схема встречается крайне редко. На смену ей пришел более прогрессивный метод — ECC (*Error Cheking and Correction*), который позволяет не только фиксировать, но и исправлять ошибки в памяти без остановки системы.

Необходимо, чтобы чипсет поддерживал ECC.

Компоненты

Кроме микросхем DRAM, на SIMM-модуле, как правило, располагаются миниатюрные конденсаторы, предназначенные для сглаживания кратковременных скачков питающего напряжения и предотвращения выхода из строя микросхем. Эти конденсаторы могут находиться либо около каждого элемента DRAM, либо под ним, а также могут быть установлены 1—2 конденсатора, "обслуживающие" все микросхемы.

На некоторых SIMM-модулях установлены так называемые резисторы PRD (*Presense Detect*), комбинация которых определяет "электронную" маркировку модуля, считываемую контроллером памяти. Для 72-контактных модулей под PRD зарезервированы контакты 67—70. Первая пара контактов отвечает за информацию о емкости модуля, а вторая — за время доступа.

В PC с CPU 80386 и ранних моделях с CPU 80486 использовались 30-контактные SIMM-модули памяти (DRAM), при этом на материнской плате могло быть от 4 до 8 слотов. В более поздних моделях PC с CPU 80486 стали использоваться 72-контактные SIMM-модули с микросхемами FPM DRAM, а в PC с CPU Pentium — с микросхемами EDO DRAM.

SIMM-модули длительное время являлись стандартом в современных вычислительных системах, однако в 1997 г. им на смену пришли новые — DIMM-модули.

DIMM-модули

В отличие от SIMM-модулей, в DIMM-модулях (*Dual In-line Memory Module*) контакты с двух сторон электрически независимы. Наиболее распространенными являются 168-контактные 64-разрядные модули DIMM, имеющие по 84 контакта с каждой стороны (рис. 7.19).

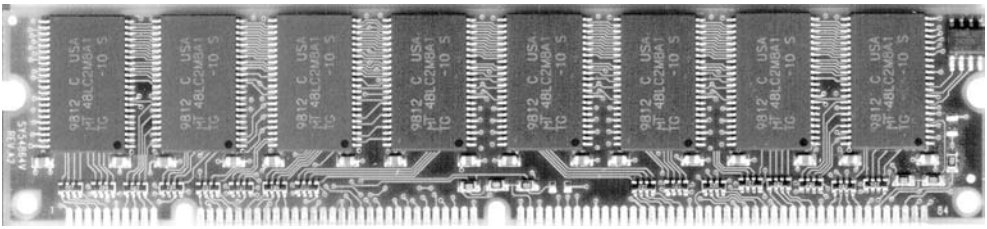


Рис. 7.19. 168-контактный DIMM-модуль

DIMM-модули имеют внутреннюю архитектуру, схожую с архитектурой 72-контактных SIMM-модулей, но благодаря более широкой шине их можно устанавливать по одному на материнские платы с 64-разрядной системной шиной (для CPU класса Pentium).

Для установки в портативные PC (notebook) разработан DIMM-модуль малого размера (*Small Outline DIMM — SO DIMM*). Наиболее распространены 72- и 144-контактные SO DIMM-модули.

На DIMM-модули, как правило, устанавливаются микросхемы SDRAM (реже EDO DRAM). Кроме микросхем памяти, на модули, работающие на тактовой частоте более 66 МГц, должны быть установлены микросхемы буфера ввода/вывода и SPD.

Микросхема SPD (*Serial Presense Detect*) — это микросхема энергонезависимой памяти EEPROM (объемом 2 Кбит), в которой записаны характеристики микросхем памяти, необходимые BIOS для правильной конфигурации системы. Кроме того, в SPD находится информация о производителе.

Существуют модули (как правило, 168-контактные с микросхемами EDO DRAM), которые снабжаются специальной микросхемой (буфером), служащей для хранения поступивших данных, освобождая тем самым контроллер. Буферизованный DIMM-модуль, как правило, несовместим с небуферизованным, поэтому эти два типа модуля имеют разное положение одного из ключей, расположенного на плате DIMM-модуля со стороны разъема (рис. 7.20).

В конструкции модулей предусмотрены два ключа для правильного позиционирования DIMM-модулей в слоты на материнской плате.

- Первый ключ расположен между контактами 10 и 11; он служит для определения типа памяти модуля (EDO DRAM или SDRAM).
- Второй ключ расположен между контактами 40 и 41; он служит для определения напряжения питания модуля (5 В или 3,3 В).

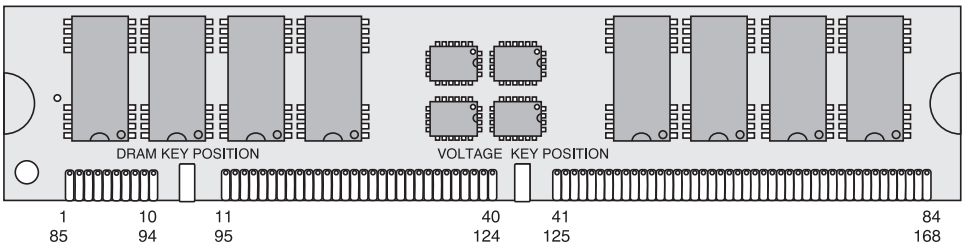


Рис. 7.20. Расположение ключей DIMM-модуля

PC100

Как уже отмечалось, для устойчивой работы системы с тактовой частотой системной шины 100 МГц корпорацией Intel была разработана спецификация PC100 на элементы SDRAM и DIMM-модули.

В этой спецификации для модулей PC100 DIMM (в отличие от "обычных" DIMM-модулей) оговариваются следующие моменты:

- строго регламентирована длина сигнальных проводников на печатной плате модуля памяти, ширина и зазоры между проводниками;
- печатная плата должна иметь шесть слоев с обязательным выделением отдельных слоев под питание и корпус (ранее было 4);
- на концах сигнальных проводников должны быть установлены резисторы, уменьшающие переотражение сигналов (терминация сигналов);
- каждый модуль памяти должен быть оборудован микросхемой SPD;
- толщина золотого покрытия контактов должна быть не менее 0,8 мкм (ранее 0,1—0,3 мкм).

Все модули памяти спецификации PC100 должны иметь не более 24 микросхем. В противном случае материнские платы не будут с ними работать. На модули памяти должна быть нанесена соответствующая маркировка.

Существуют два класса модулей PC100: так называемые *небуферизованные* (PC100 SDRAM Unbufferd DIMM) и *буферизованные* (PC100 SDRAM Registred DIMM — RDIMM).

DDR

64-разрядные модули памяти *DIMM* (Dual In-line Memory Module) появились в 1997 г. У этого поколения модулей памяти насчитывается 168 контактов (рис. 7.21), расположенных с двух сторон текстолитовой платы (по 84 контакта с каждой стороны).

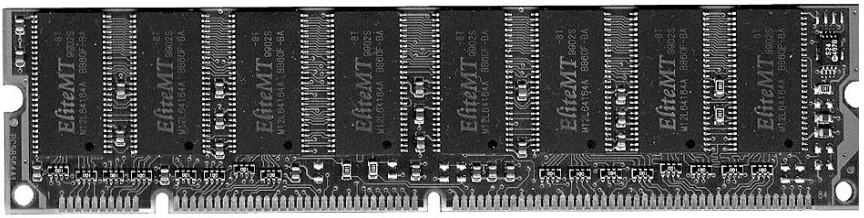


Рис. 7.21. 168-контактный модуль оперативной памяти DIMM

Для идентификации типа модуля форм-фактора DIMM по объему памяти и типу используемых микросхем на модуле устанавливается микросхема флэш-памяти с записанной в нее служебной информацией (*SPD* — Serial Presence Detect), доступ к которой происходит по интерфейсу I^2C.

Чтобы нельзя было установить неподходящий тип DIMM-модуля, в текстолитовой плате модуля делается несколько прорезей (ключей) среди контактных площадок, а также справа и слева в зоне элементов фиксации модуля на системной плате. Для механической идентификации различных DIMM-модулей используется сдвиг положения двух ключей в текстолитовой плате модуля, расположенных среди контактных площадок. Основное назначение этих ключей — не дать установить в разъем DIMM-модуль с неподходящим напряжением питания микросхем памяти. Кроме того, расположение ключа или ключей определяет наличие или отсутствие буфера данных и т. д.

Для модернизированных модулей DIMM типа DDR SDRAM число контактов увеличено до 184 (рис. 7.22). На работу с такими модулями рассчитаны различные модификации процессоров Pentium 4 и Celeron, а также Athlon и Semptron. Для идентификации напряжения питания модулей DDR SDRAM служат соответствующие ключи.

На модулях типа *Registered DIMM* (с буферизацией данных) между контактами и микросхемами DRAM устанавливается одна или две микросхемы временного хранения данных. В низкопрофильных модулях микросхемы буферизации устанавливаются в середине модуля (или под основными микросхемами).

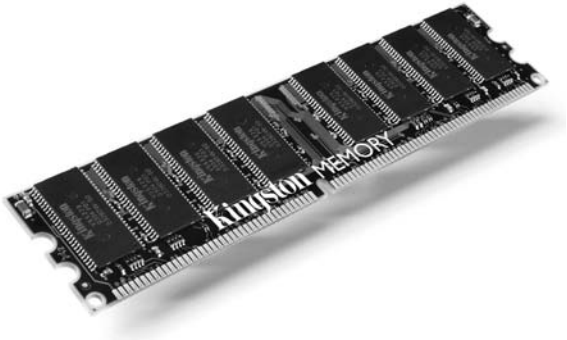


Рис. 7.22. 184-контактный модуль DDR400 SDRAM производства компании Kingston

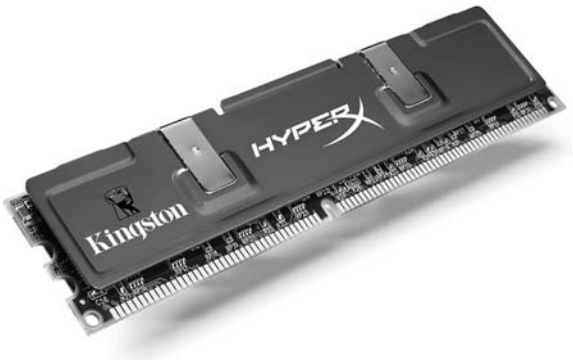


Рис. 7.23. 184-контактный модуль DDR400 SDRAM с радиатором охлаждения микросхем производства компании Kingston

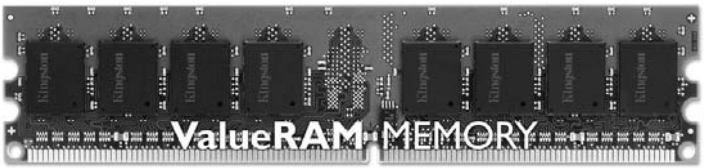


Рис. 7.24. 240-контактный модуль DDR2 SDRAM производства компании Kingston

Так как скоростные микросхемы памяти, как и процессоры, выделяют очень много тепла, то наиболее продвинутые модули оснащаются радиаторами (рис. 7.23). В некоторых тяжелых случаях необходимо использование принудительного охлаждения модулей, в частности, если выполняется разгон памяти.

В модулях DDR2 SDRAM число контактов увеличено до 240 (рис. 7.24). Для идентификации модулей DDR2 SDRAM служат соответствующие ключи.

В модулях DDR3 SDRAM число контактов оставлено 240 (рис. 7.25), как и у модулей DDR2, но изменено положение ключа. По разводке контактов и напряжению питания модули DDR2 и DDR3 несовместимы. Ключ у модулей DDR3 сдвинут относительно ключа DDR2 примерно на десяток контактных площадок.

Внимание!

Модули DDR2 и DDR3 похожи друг на друга и имеют одинаковое количество контактов. Отличие в месте расположения ключа (прорези на модуле памяти), который у DDR3 смещен вправо на десяток контактов относительно ключа модуля памяти DDR2.

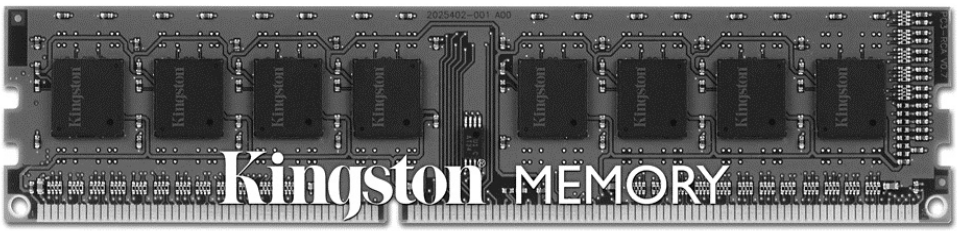


Рис. 7.25. 240-контактный модуль DDR3-1066 SDRAM производства компании Kingston

Маркировка модулей памяти

Если микросхемы памяти в мире выпускает около двух десятков производителей, то производителей модулей памяти гораздо больше. Как правило, дешевые модули вообще не маркируются: часто вместо маркировки на корпусе микросхемы имеется лишь логотип производителя, страна-производитель или номер партии.

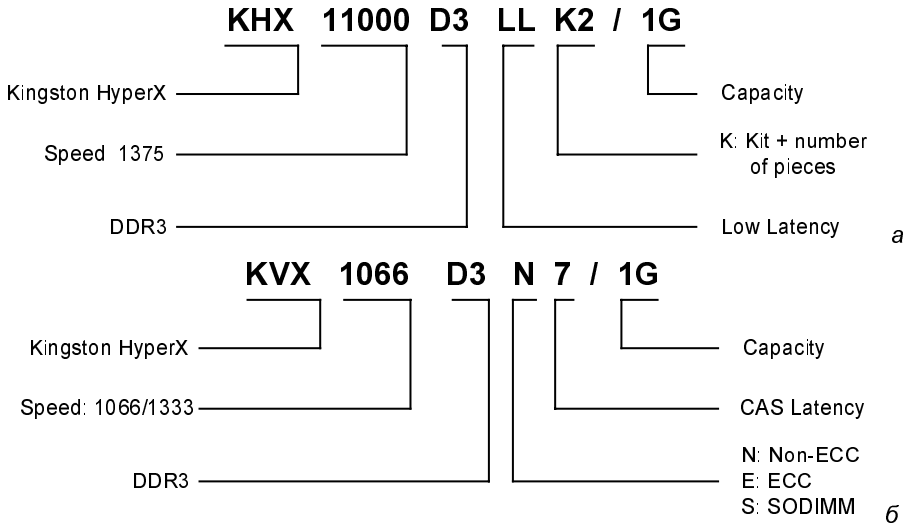


Рис. 7.26. Принцип маркировки модулей памяти серии HyperX корпорации Kingston

Если на корпус модуля памяти нанесена маркировка, то это вовсе не значит, что вы сможете ее прочитать. Пример кодировки модулей памяти приведен на рис. 7.26. Обычно по первым буквам маркировки можно определить фирму — изготовителя модуля, а последние цифры довольно часто обозначают время доступа или ее объем, однако расшифровать информацию об организации модуля, напряжении питания и т. п. удается далеко не всегда. Поэтому следует обратиться за дополнительной информацией на сайт производителя.

Упаковка модулей

На модулях памяти серьезных производителей всегда имеются две наклейки, как видно на рис. 7.27. Слева — это информация о типе модуля, а справа — голографическая наклейка с логотипом производителя. Отсутствие данных наклеек однозначно говорит о неизвестном происхождении модуля памяти, и, как правило, о плохом качестве. Наклейка посередине — всего лишь внутренняя маркировка магазина.

В настоящее время уважающие себя производители поставляют для розничной продажи модули памяти в пластиковых контейнерах (рис. 7.28, *а*), опечатанных *стикером* (sticker). На стикере указывается полная информация о мо-

дуле и его характеристиках. Внутрь упаковки вкладывается краткое руководство пользователя.

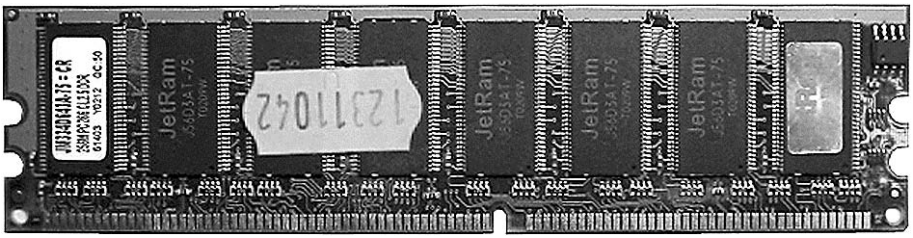


Рис. 7.27. Наклейки (стикеры) на 184-контактном модуле DDR SDRAM

а *б*

Рис. 7.28. Пластиковый контейнер:
а — для одиночного модуля памяти; *б* — для двух модулей памяти, протестированных для двухканального режима

В тех случаях, когда поставляются модули памяти, протестированные для работы в двухканальном режиме, используется контейнер для упаковки двух модулей памяти (рис. 7.28, *б*). Для энтузиастов выпускаются комплекты из трех модулей памяти.

Для наиболее дорогостоящих модулей в качестве дополнительной упаковки используется картонная коробка, как и для остальных компьютерных комплектующих.

Логическое распределение оперативной памяти

Логическое распределение оперативной памяти (рис. 7.29) определяется не только применяемой операционной системой, но и особенностями аппаратной реализации IBM-совместимых компьютеров.

Примечание

Современные операционные системы не используют распределение памяти, как это показано ниже. Все нижесказанное справедливо для работы подсистемы BIOS во время начальной загрузки компьютера.

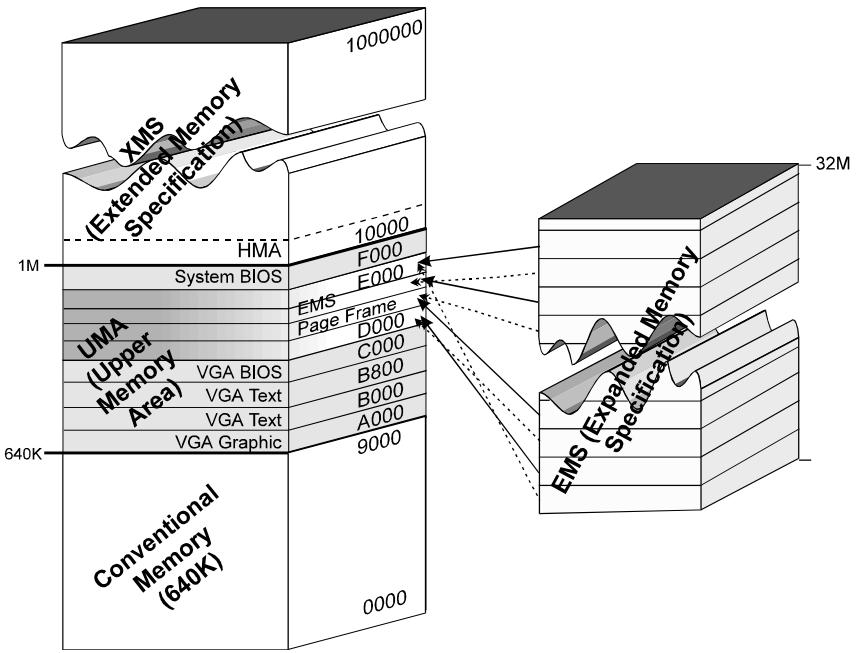


Рис. 7.29. Распределение памяти для PC AT

Знание строения RAM необходимо для программной оптимизации системы. Оптимизация системы не всегда пропорциональна денежным вложениям в новейшие быстродействующие программные продукты. Используя простые уловки и хитрости, можно повысить производительность PC внутрисистемными методами.

Можно выделить пять важнейших логических областей оперативной памяти.

- Стандартная оперативная память (*Conventional Memory*)
- EMS (*Expanded Memory Specification*)
- UMA (*Upper Memory Area*)
- HMA (*High Memory Area*)
- XMS (*Extended Memory Specification*)

Стандартная оперативная память

С уверенностью можно сказать, что с точки зрения аппаратной спецификации стандартная память является наиважнейшей. Как правило, в ней располагается большая часть прикладных программ и данных.

В то время как внутри PC обычно все выражается в двоичной системе счисления (0 или 1), для адресации памяти применяется шестнадцатеричная система счисления, обозначаемая наличием символа "h" после написания определенного значения.

> ***Примечание***
>
> Шестнадцатеричная система счисления — это система с основанием 16, в отличие от десятичной системы с основанием 10. К 10 цифрам от 0 до 9, используемым в десятичной системе, добавляются еще и буквы от A до F. Значение шестнадцатеричного F соответствует значению десятичного числа 15. В двоичной системе F (соответственно 15) выражается как 00001111. В шестнадцатеричной системе байт (состоящий из 8 бит) всегда можно выразить через два шестнадцатеричных числа. Чтобы числу F "не было одиноко" (не перепутать его с буквой F), впереди него ставят ноль. Совершенно корректная запись десятичного числа 15 в шестнадцатеричной системе — 0Fh. Чтобы усложнить дело еще больше, адреса ячеек памяти обозначают не просто шестнадцатеричными цифрами, а составляют из двух конструкций, разделенных двоеточием. Эти части адреса называются сегментами (номер шестнадцатибайтного блока памяти) и смещением (относительно начала сегмента). Таким образом, запись 1000h:0112h соответствует адресу 10112h.

Стандартная память начинается от адреса 0000:0000 и продолжается до адреса A000:0000. Верхний предел был установлен процессорами 8088 и 8086. Эти процессоры имели 20-разрядную адресную шину и поэтому могли адресовать только 1 Мбайт памяти (2^{20} = 1 048 576 байт). В пределах этой памяти

выше уровня 640 Кбайт фирмой IBM были зарезервированы 384 Кбайт для выполнения внутренних функций, которые будут рассмотрены далее. Распределение памяти для PC с CPU 80386 и выше показано на рис. 7.30.

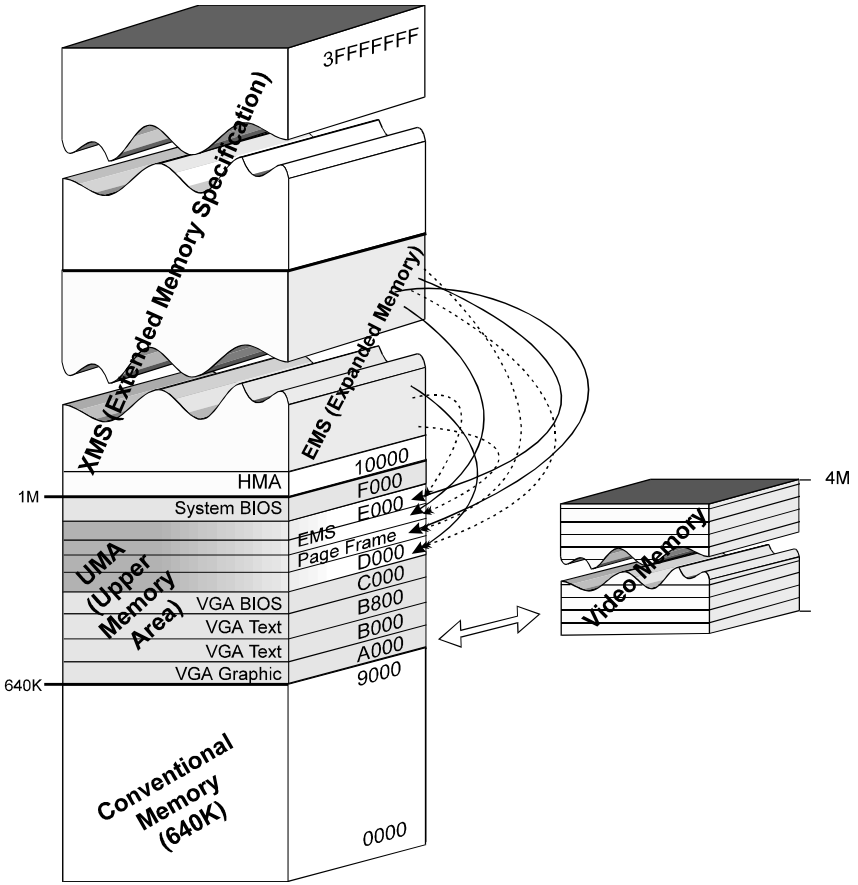


Рис. 7.30. Распределение памяти для PC с CPU 80386 и выше

Таблица векторов прерываний

Само название говорит, что речь идет о таблице (состоящей из 256 элементов по 4 байта), в которой находятся векторы прерываний — адреса сервисных программ, входящих в состав операционной системы и BIOS. При этом речь идет о таких базовых функциях, как отображение символа на экране монито-

ра, организация доступа к дисководу или жесткому диску и т. п. Но поскольку существуют различные операционные системы и версии BIOS, эти программы обработки прерываний могут располагаться в различных местах стандартной оперативной памяти. В таблице векторов прерываний указано их реальное местоположение. Таблица начинается с адреса 0000h:0000h и занимает 1024 байта (1 Кбайт).

Область данных BIOS

Вслед за таблицей прерываний расположена область данных BIOS объемом 768 байт. Здесь размещены счетчик таймера, буфер клавиатуры и другая внутренняя информация.

Область для операционной системы

После области данных BIOS в стандартной оперативной памяти располагается область для загрузки операционной системы. Конечно, система загружается в RAM не полностью, а только частично (например, ядро DOS, Windows). Часть ядра операционной системы — процессор команд, более известный под именем COMMAND.COM. Ядро операционной системы не имеет постоянного адреса памяти. Его местоположение и размер занимаемой им памяти зависят от версии операционной системы. Впрочем, имеется возможность перераспределить стандартную память, поместив ядро системы в другие области памяти.

Основная область памяти

Далее до адреса A000h:0000h все принадлежит только программам и данным. Этот адрес известен как граница 640 Кбайт.

UMA

После первых 640 Кбайт оперативная память становится "аппаратной". Здесь находится информация, которая служит для сопряжения прикладных программ с различными картами расширений, установленными в PC, а поскольку иногда карты расширения, например видеокарту, называют *адаптером* (*Adapter*), эту область памяти иногда называют сегментом адаптера или правильнее, т. к. речь идет об области памяти с более высокими адресами —

UMA (*Upper Memory Area*). Верхняя память (*Upper Memory*) располагается по адресам в диапазоне A0000h—FFFFFh (от 640 Кбайт до 1 Мбайт), ее размер составляет 384 Кбайт.

Рассматриваемая область памяти неоднородна. В UMA размещается видеопамять и ROM BIOS, а также могут находиться модули постоянной и оперативной памяти, конструктивно расположенные на картах расширения, подключенных к PC. Поэтому среди этих блоков некоторые зарезервированы, другие — свободны. Свободные блоки называются UMB (*Upper Memory Block*).

Область памяти графической карты находится в пределах адресов от A000h:0000h до C000h:0000h и занимает 128 Кбайт. Конструктивно она располагается на видеокарте, а логически помещена в адресное пространство памяти PC.

С видеопамятью работают сразу два компонента PC: процессор и монитор. Процессор помещает в нее данные, а монитор обращается к видеопамяти для вывода этих данных на экран. Процессор обращается к видеопамяти только при необходимости изменить выводимые данные, а монитор считывает данные из нее непрерывно для отображения их на экране.

Еще совсем недавно видеокарты поставлялись с видеопамятью объемом от 2 до 8 Мбайт, а сейчас видеопамять составляет 32, 64, 128 и даже 256 Мбайт. В этой памяти хранится изображение. Соответствующая программа обращается к нему через "окно" размером 64 Кбайт, адрес которого приходится на начало блока A000h:0000h или блока B000h:0000h. При этом программа управляет значением в специальном индексном регистре, которое показывает, какие 64 Кбайт видеопамяти отображаются в окне. Этот способ несколько напоминает ситуацию с памятью EMS, речь о которой пойдет далее.

Выше адреса C000h:0000h вплоть до C800h:0000h находится VGA BIOS (размером 32 Кбайт), где записаны основные функции для представления изображений. Некоторые прикладные программы охотно обращаются к VGA BIOS, потому что доступ к программам BIOS в области памяти сегмента адаптера намного быстрее, чем к соответствующим программам, находящимся в ROM BIOS видеокарты.

Выше адреса C800h:0000h все по-настоящему запутано. Здесь находятся несколько свободных блоков, которые могут быть использованы различным образом. Большинство изготовителей плат пользуются этим с целью ускорения доступа к своим платам и располагают здесь информацию о них, например, о SCSI-Host-адаптере или сетевой карте. При отсутствии таких карт вы

можете использовать эту память для размещения в ней операционной системы (это можно сделать с помощью драйвера EMM386.EXE, входящего в поставку DOS или Windows). Кроме того, 64 Кбайт резервируются для страниц дополнительной памяти (EMS), если она будет использоваться. Как это сделать, описано далее.

В последних 64 Кбайт памяти UMA выше адреса F000h:0000h располагается область памяти ROM BIOS. Здесь, например, находится информация, внесенная в CMOS Setup при конфигурировании PC. Предположительно в вашем CMOS Setup имеется опция System BIOS Shadow RAM, которую стоит активизировать (об этом будет написано далее).

EMS

Как уже упоминалось ранее, в верхней памяти (UMA) имеются изрядные "дыры", которые представляют собой свободную память, самостоятельно не идентифицируемую системой. Пустуют, как правило, область расширения системного ROM BIOS или часть области под дополнительные модули ROM. Использовать эту память позволяет метод EMS (*Expanded Memory Specification*), появившийся прежде всего потому, что программы, использующие большой объем памяти, не могут разместиться в оперативной памяти емкостью 640 Кбайт. Возможно, вы уже встречались с типичным сообщением на экране монитора:

```
Insufficient Memory
```

Чтобы преодолеть этот барьер, фирмы Lotus, Intel и Microsoft (отсюда название *LIM*) создали стандарт, который основывается на так называемом переключении банков (*Bank Switchings*) или блоков (страниц) памяти. В области UMB между видеобуфером и системной ROM BIOS выделяется незанятое окно (*Page frame*) размером 64 Кбайт, разделенное на 4 логические страницы по 16 Кбайт каждая. С помощью специального драйвера, например EMM386.EXE, строятся "отображения" до четырех произвольных физических страниц в логические из дополнительной (*Expanded*) памяти, расположенной на специальной карте расширения. Поэтому эту память часто называют *отображаемой памятью*. При необходимости обращения к данным, расположенным в дополнительной памяти, с помощью драйвера выбирается соответствующее ранее построенное "отображение" физических страниц в логические.

Когда CPU обращается к области памяти, входящей в окно (адрес памяти которого ниже 1 Мбайт), аппаратно происходит обращение к соответствующим страницам дополнительной памяти на плате расширения. Таким образом, по-

средством адресации, реализуемой драйвером EMS, можно обращаться к 8 Мбайт (стандарт LIM 3.2) или к 32 Мбайт (стандарт LIM 4.0) дополнительной памяти, которая конструктивно расположена на отдельной карте расширения. На PC с процессорами 80386 и выше такая отдельная карта стала уже не нужна. EMS здесь может эмулироваться с помощью соответствующих драйверов в расширенной (Extended) памяти.

Для того чтобы использовать EMS-память, необходимо выполнение двух условий.

- Прикладные программы должны уметь обращаться к драйверу EMS-памяти.
- Необходим специальный менеджер (*Expanded Memory Manager, EMM*), который организует страницы памяти и управляет ими.

Ранее для старых материнских плат драйвер управления памятью поставлялся на отдельной дискете. В настоящее время этот драйвер входит в стандартные поставки DOS и Windows, в этом случае он соответствует последнему стандарту LIM и называется EMM386.EXE. Этот драйвер позволяет программно эмулировать дополнительную (Expanded) память в расширенной (Extended) памяти. В CONFIG.SYS этот драйвер определяется, как правило, следующим образом:

```
Device = C:\DOS\EMM386.EXE xxxx
```

или

```
Device = C:\Windows\EMM386.EXE xxxx
```

Параметр `xxxx` определяет в килобайтах величину эмулируемой Expanded-памяти.

Командная строка C:\DOS\EMM386.EXE 1024 файла CONFIG.SYS резервирует 1 Мбайт дополнительной памяти, что можно проверить, например, с помощью утилиты SysInfo, входящей в пакет Norton Utilities (рис. 7.31). Посмотреть распределение памяти можно с помощью команды MEM (рис. 7.32).

Эмулировать дополнительную память необходимо только в том случае, если выполняются соответствующие программы. Такие программы, как AutoCAD или операционная система Windows, нуждаются скорее в памяти XMS, которая будет рассмотрена далее.

Так как драйвер EMM386.EXE служит для идентификации и управления блоками верхней памяти (UMB), рекомендуется использовать его всегда. В CONFIG.SYS запишите следующую командную строку:

```
Device = C:\DOS\EMM386.EXE NoEms
```

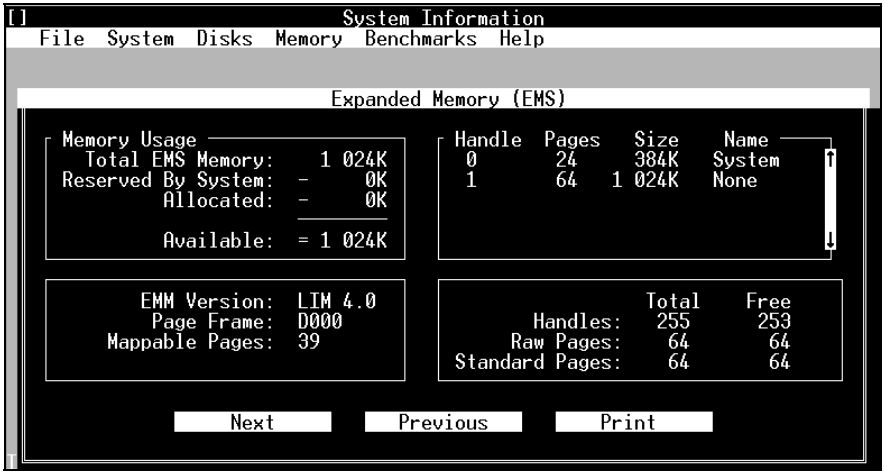


Рис. 7.31. Информация о EMS-памяти, представленная с помощью утилиты SysInfo из пакета Norton Utilities

```
C:\NC>mem

Memory Type        Total      Used      Free
----------------  --------  --------  --------
Conventional         640K       37K      603K
Upper                107K      107K        0K
Reserved             384K      384K        0K
Extended (XMS)     7 061K    7 061K        0K
----------------  --------  --------  --------
Total memory       8 192K    7 589K      603K

Total under 1 MB     747K      144K      603K

Largest executable program size       603K (617 056 bytes)
Largest free upper memory block         0K       (0 bytes)
MS-DOS is resident in the high memory area.
```

Рис. 7.32. Распределение памяти PC, показанное с помощью команды MEM DOS

Параметр `NoEms` обозначает, что в области памяти свыше 1 Мбайт под дополнительную память не выделяется ни одного байта (что очень ценно для Windows).

HMA

Первый блок величиной 64 Кбайт непосредственно выше границы 1 Мбайт оперативной памяти обозначают *HMA* (*High Memory Area*). Своему существованию эта область целиком обязана несколько "ущербной" эмуляции про-

цессора i8088 процессором 80286. Дело состоит в следующем. Вся стандартная память, помимо того, что может быть представлена в виде 16 непересекающихся блоков размером 64 Кбайт каждая (0—F), также может быть представлена и в виде перекрываемых областей по 64 Кбайт каждая, называемых сегментами, которые, вообще говоря, могут начинаться через каждые 16 байт.

Максимальный полный адрес в виде сегмент:смещение, по которому может обратиться процессор i8088, — это FFFF:000Fh (20 адресных линий). Если увеличить это значение хотя бы на единицу, то произойдет циклический перенос (*Wrap around*) и значение адреса станет 0000:0000. Для CPU 80286 и более старших моделей в общем случае этого не произойдет, т. к. адресная шина этих процессоров имеет больше 20 разрядов, но адрес памяти при этом превысит границу 1 Мбайт. Чтобы исправить эту ошибку, фирма IBM предусматривает на материнских платах PC специальные аппаратные средства, заставляющие процессор 80286 выполнять переход на низшие адреса, как это было при работе процессора i8088. Однако такой переход может быть отменен чисто программным путем.

Таким образом, PC с CPU не ниже 80286 в реальном режиме может дополнительно адресовать память в пределах FFFF:0010—FFFF:FFFFh, т. е. практически целый сегмент размером 64 Кбайт минус 16 байт. Особенно важным для понимания является тот факт, что область HMA доступна, по сути, в реальном режиме работы процессора. Необходимую программную поддержку выполняет специальный драйвер HIMEM.SYS, соответствующий спецификации XMS, о которой речь пойдет далее.

Если вы не совсем разобрались во всем вышеизложенном и вас мало интересует, какое управление адресами обеспечивает доступ к HMA, запомните только, что в файле CONFIG.SYS должна содержаться следующая строка:

```
Device = C:\DOS\HIMEM.SYS
```

XMS

Это последний тип памяти, но с помощью аппаратных средств едва ли можно сделать что-то большее. XMS (*eXtended Memory Specification*) обозначает всю память выше границы 1 Мбайт, включая также HMA. Правда, следует отметить, что спецификация XMS дает возможность одновременного доступа к HMA только одной программе DOS, например для загрузки в HMA ее резидентной части.

Информацию о XMS-памяти можно получить с помощью утилиты SysInfo, входящей в пакет Norton Utilities (рис. 7.33).

Чтобы иметь доступ к этой памяти, необходим специальный драйвер, с помощью которого данные пересылаются из стандартной памяти в расширенную и обратно. Выполнение программ, размещенных в расширенной памяти, не предусмотрено. Драйвер, реализующий XMS, переводит CPU в защищенный режим, т. е. режим, в котором можно адресовать всю память.

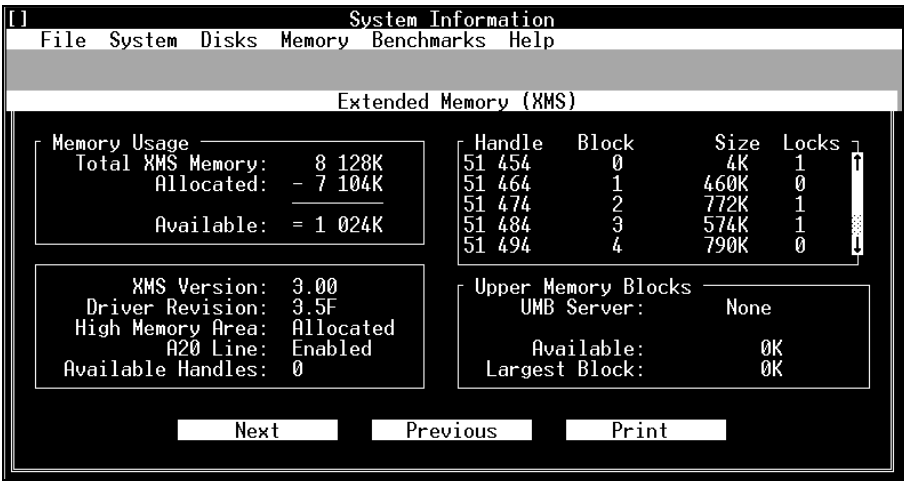


Рис. 7.33. Информация о XMS-памяти, представленная с помощью утилиты SysInfo

Этот драйвер мы уже упомянули в предыдущем разделе. Он, как и EMM386.EXE, поставляется вместе с DOS и Windows и называется HIMEM.SYS. Определяется в файле CONFIG.SYS в командной строке типа:

```
Device = C:\DOS\HIMEM.SYS
```

Дальнейшие сведения, касающиеся распределения оперативной памяти с помощью файлов CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT, представлены в главе 30.

Виртуальная память

Объем оперативной памяти системы определяется объемом модулей памяти, установленных на материнской плате. Программы в процессе их работы и данные располагаются в ячейках этой памяти, откуда могут быть востребованы процессором по мере необходимости.

Для увеличения объема памяти системы была разработана концепция *виртуальной памяти*. Суть этой концепции заключается в том, что на жестком диске создается файл размером несколько десятков мегабайт (*Swap-файл* — файл обмена), являющийся как бы расширением оперативной памяти. Когда все ячейки реальной оперативной памяти заняты, а для работы программ необходима память, менеджер виртуальной памяти освобождает физическую память, перенося часть информации, которая давно не использовалась, в файл обмена.

Предположим, что операционной системе необходимо 80 Мбайт памяти, чтобы загрузить все запущенные программы, но на PC установлено только 32 Мбайт RAM. В этом случае запускается менеджер виртуальной памяти, который создает на жестком диске файл обмена размером 80 – 32 = 48 Мбайт. Процессор будет обращаться к 80 Мбайт памяти, "не подозревая", что не все из этих ячеек памяти располагаются в модулях памяти, что часть их находится на жестком диске.

Концепция виртуальной памяти широко применяется в многозадачных операционных системах (Windows 95/98, Windows NT и др.). Без виртуальной памяти мы не смогли бы, например, готовя итоговый отчет, одновременно работать с большой таблицей Excel, набирать текст в текстовом редакторе, работать с базой данных и получать сообщения по e-mail. Для этого необходима оперативная память очень большого объема, которой, как правило, всегда не хватает.

Не следует забывать, что жесткий диск работает в тысячи раз медленнее, чем оперативная память, поэтому попытка загрузить одновременно большое количество программ приведет к непрерывному обращению к жесткому диску и в конечном счете к зависанию системы.

Необходимый объем оперативной памяти

Максимальное количество памяти, поддерживаемое системой, определяется следующими факторами:

- разрядностью адресной шины процессора;
- возможностями чипсета (каждый чипсет может управлять оперативной памятью определенного объема);
- количеством разъемов для установки модулей памяти на материнской плате;
- финансовыми возможностями пользователя.

От объема памяти, установленной в PC, во многом зависит производительность всей системы, хотя объем памяти никак не влияет ни на скорость обмена данными, ни на скорость работы процессора и другие компоненты системы.

Все многозадачные операционные системы используют виртуальную память, которая "вводит в заблуждение" PC. Она "считает", что на материнской плате установлено гораздо больше памяти, чем имеется на самом деле.

Когда количество используемой виртуальной памяти превышает количество реальной памяти, операционная система тратит много времени на постоянное обращение к жесткому диску, что очень замедляет выполнение программ.

PC с процессором Pentium 133 МГц, оборудованный 8 Мбайт, будет работать медленнее, чем PC с CPU 80486DX2-66, имеющий 32 Мбайт RAM, потому что бóльшую часть времени будет тратить на обмен данными с жестким диском.

Какой же объем оперативной памяти является достаточным для нормальной работы вашего PC? Ответ на этот вопрос зависит от задач, решаемых с помощью PC. Как правило, в документации на программные приложения и компьютерные игры указан объем оперативной памяти, необходимой для их нормальной работы. Если памяти не достаточно, многие приложения отказываются работать, выдавая соответствующие сообщения.

В процессе работы многие приложения создают на жестком диске временные файлы. Если на вашем PC установлено большое количество оперативной памяти, вы можете зарезервировать часть ее под виртуальный диск, например, с помощью утилиты ramdrav.sys в Windows 95/98. Поскольку в этом случае вы освобождаете систему от обращения к медленному жесткому диску, то ее производительность возрастет.

Кэш-память

В основе концепции кэширования (складирования, от англ. *cache* — убежище, склад) лежит правило, получившее название "80/20", согласно которому приблизительно около 20% приложений и данных PC при вычислении используют около 80% машинного времени (например, эти 20% могут включать код для отправления и удаления электронной почты, код сохранения данных на жесткий диск, код распознавания скан-кодов клавиатуры). Поэтому имеется большая вероятность того, что процессор вновь потребует эти коды и данные.

Для того чтобы снабжать процессор наиболее часто востребованными данными и командами, применяется кэш-память, которая в отличие от RAM расположена вблизи процессора и имеет меньшее время доступа (10—15 нс).

Кэш-память напоминает "горячий список" команд, необходимых процессору. Контроллер памяти сохраняет в кэш-памяти любую команду, запрошенную CPU, и каждый раз, когда процессор получает команду из кэш-памяти ("удачное обращение в кэш"), эта команда перемещается в вершину "горячего списка". Если кэш-память полностью заполнена, а процессор запрашивает новую команду, то происходит обращение к RAM и затем система записывает код этой команды в кэш-память поверх данных, которые не использовались в течение самого длинного периода времени. Таким образом информация, которая редко используется CPU, выбывает из кэш-памяти.

Такой способ обмена данными имеет то преимущество, что при повторном обращении к памяти уже нет необходимости считывать данные из медленной оперативной памяти, поэтому информация предоставляется в распоряжение CPU без задержки. Координацию потока этих данных осуществляет кэш-контроллер, который сообщает CPU, имеются ли еще в кэш-памяти необходимые данные.

В настоящее время кэш-память как правило интегрирована на кристалле процессора. Однако возможны и другие конфигурации. В некоторых случаях система может иметь кэш-память, расположенную в процессоре, и кэш-память, расположенную на материнской плате неподалеку от процессора, или же в процессор могут быть интегрированы два компонента кэш-памяти.

В любом случае, независимо от конфигурации кэш-памяти, каждому компоненту кэш-памяти назначается "уровень" в соответствии с его близостью к ядру процессора. Например, кэш-память, которая наиболее близко расположена к процессору, называют *кэш-памятью первого уровня* — Level 1 (L1), далее следует кэш-память второго уровня (L2), третьего уровня (L3) и т. д.

Впервые кэш-память появилась на материнской плате с процессором 80386. Емкость ее для процессоров этого класса составляла в среднем 128 Кбайт. Поскольку она располагалась вне CPU, то ее часто также называли "внешней кэш-памятью". Для повышения производительности систем на базе процессоров 80486 и Pentium кэш-память была интегрирована на кристалле процессора (8 или 64 Кбайт) (кэш-память первого уровня). Кэш-память второго уровня ("внешняя кэш-память") располагалась на материнской плате.

С увеличением тактовой частоты работы CPU скорость обмена данными между процессором и внешней кэш-памятью стала "тормозить" производительность системы. Была разработана отдельная шина для кэш-памяти второго

уровня, названная *двойной независимой шиной* (*Dual Independent Bus, DIB*) и в процессоре Pentium Pro внешняя кэш-память перекочевала в ядро процессора. Обмен данными между CPU и кэш-памятью второго уровня стал осуществляться на частоте процессора.

В компьютерах с процессором Pentium II кэш-память второго уровня размещена в картридже на плате процессора и работает на тактовой частоте, равной половине тактовой частоты процессора.

В CPU Pentium III и Pentium 4 обмен информации между CPU и кэш L1 осуществляется на частоте процессора.

Физически кэш-память объемом 64—512 Кбайт обычно состоит из элементов SRAM с малым временем доступа. В последнее время вместо элементов SRAM стали использоваться более быстрые элементы памяти BSRAM и CSRAM. Объем кэш-памяти второго уровня увеличился. Например, для процессора Pentium II Xeon (Deschutes) он составляет уже 2 Мбайт.

В процессорах Intel Itanium появилась кэш-память третьего уровня.

Кэш-память винчестера

Принцип кэширования обмена данными применяется также и при чтении/записи данных с винчестера. В этом случае кэш-память винчестера обеспечивает синхронизацию времени доступа к данным на диске (несколько миллисекунд) с быстродействием шины данных. В процессе кэширования диска данные записываются в кэш-память, элементы которой размещены на самом винчестере, так что при повторном обращении к нему уже нет необходимости в механическом считывании этих данных. Емкость кэш-памяти винчестера обычно составляет от 256 до 2048 Кбайт.

> ***Примечание***
>
> Не путайте аппаратное кэширование диска с программным, которое только эмулирует принцип кэширования.

Память для долговременного хранения

NVRAM используется для долговременного хранения данных, которые ни при каких обстоятельствах не должны быть утеряны. Буквы *NV* в названии

обозначают *Non Volatile* (не временная). Элементы NVRAM не нуждаются в электропитании и сохраняют данные в течение длительного времени. Энергонезависимая память используется для хранения кода BIOS компьютера, BIOS карт расширения, конфигурации периферийных устройств, скан-кодов клавиатуры и др.

Существует несколько типов энергонезависимой памяти. Они различаются по способу перезаписи информации и применяются в разных областях.

ROM

Микросхемы ROM (*Read Only Memory*) в настоящее время практически не применяются, поскольку не позволяют изменять записанную в них информацию. Программирование этих микросхем осуществляется на этапе их производства. При изменении кода необходимо было разрабатывать новую микросхему.

PROM

Микросхемы PROM (*Programmable Read Only Memory*) нашли более широкое применение. Эти микросхемы программируются специальными программаторами однократно после изготовления. Кроме того, микросхемы PROM практически не чувствительны к электромагнитным полям.

EPROM

Стираемые и многократно перепрограммируемые микросхемы EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) до недавнего времени были самыми распространенными носителями BIOS системы и карт расширения. Кроме того, микросхемы EPROM применяются в качестве знакогенератора принтера.

В отличие от PROM, которая программируется только один раз, микросхемы EPROM можно перепрограммировать с помощью специального программатора, подключаемого к PC через COM- или LPT-порт.

Стирание записанной информации осуществляется путем применения ультрафиолетового излучения через специальное окно, имеющееся в корпусе микросхемы. Некоторые микросхемы не имеют окна; стирание информации

в них происходит с помощью рентгеновского излучения. Под воздействием излучения вся информация стирается одновременно за несколько минут.

Запись может производиться побайтно в любую ячейку микросхемы с помощью электрических сигналов. После записи окно заклеивается с целью защиты записанной информации.

EEPROM, Flash memory

В отличие от EPROM, информация в микросхеме EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) удаляется с помощью электрического сигнала.

Flash EEPROM (*Flash Memory*) может быть перезаписана без помощи специального программатора, а непосредственно в PC. Основные ее преимущества по сравнению с EEPROM — малое время доступа и малая длительность процесса стирания информации. Работа запоминающей ячейки этого типа памяти основана на физическом эффекте Фаули—Нордхайма (*Fowler—Nordheim*).

Большинство микросхем BIOS относятся к типу Flash EEPROM. Для установки новой версии BIOS необходима специальная программа ("прошивальщик"), которая, как правило, поставляется вместе с материнской платой (на дискете или компакт-диске), и файл с новой системой BIOS.

В настоящее время микросхемы флэш-памяти выпускают практически все крупные фирмы — производители микросхем памяти.

Флэш-память широко используется не только в PC, но и в сотовых телефонах, сетевом оборудовании, принтерах, факсах и т. д.

Несмотря на неисчерпанные возможности совершенствования флэш-памяти, многие аналитики склонны считать, что на рынке портативных устройств ее вскоре сможет потеснить память нового типа — ферроэлектрическая память (*Ferroelectric RAM, FRAM*).

Глава 8

Чипсет

Чипсет (*Chipset, системная логика*) — это набор микросхем, установленных на материнской плате для обеспечения обмена данными между CPU, оперативной памятью и различными устройствами, подключенными к шинам (ISA, PCI, USB). Кроме того, чипсет управляет потоком данных к (и от) жестким дискам и другим устройствам, подключенным к каналам IDE. Именно чипсет определяет функциональные возможности материнской платы: тип устанавливаемых процессоров, тип и объем оперативной памяти, тактовую частоту системной шины, поддерживаемые шины и др.

По мере совершенствования процессоров, памяти и других компонентов PC постоянно совершенствуется и чипсет.

В эпоху "царствования" CPU 80486 основными производителями чипсетов являлись корпорации Opti, SiS и VIA. В середине 1990-х гг. чипсет 430FX (Triton I) принес известность корпорации Intel как производителя лучших чипсетов для CPU класса Pentium. В дальнейшем на рынке появилась продукция компаний ATI, AMD, nVIDIA и ряда других. Но в настоящее время, после освоения процессорами частот выше 2 ГГц, а модулями памяти частот за пределами 1 ГГц, на рынке чипсетов остались только наиболее мощные компании, которые смогли ежегодно вкладывать большие средства в освоение новых и очень сложных техпроцессов. Фактически сегодня для современных процессоров семейства x86 выпускают чипсеты только корпорации Intel, AMD(ATI), Via и nVIDIA. Также можно упомянуть компанию SiS, которая продолжает выпускать чипсеты, но, увы, не для топовых процессоров. Остальные компании не выдержали технологической гонки и, если выпускают чипсеты, то для более простой продукции.

Говорить о том, какой чипсет и какой фирмы лучше, нельзя, т. к. все чипсеты имеют свои достоинства и недостатки, и разрабатываются для определенных областей применения. Так как количество выпущенных чипсетов значительно превышает количество моделей процессоров, то ниже рассматриваются

примеры наиболее популярных в свое время чипсетов, чтобы читатель мог сравнить современные решения в области чипсетостроения и увидеть направление развития технологий.

При изучении возможностей чипсетов пользователям следует обратить внимание, что если ранее разработка нового чипсета знаменовалась значительным увеличением производительности компьютера и появлением новых функций, то в настоящее время разработчики исповедуют идеологию "ползучей" модернизации, когда следующий тип чипсета мало отличается от предшественника. Иначе говоря, в новом чипсете совершенствуют какую-то одну функцию или добавляют поддержку того или иного стандарта, например, работу с той или иной памятью. Кроме того, имеет место разработка в рамках одного типа чипсета целого набора микросхем (несколько вариантов южного и северного мостов), которые производители системных плат могут произвольно комбинировать. В частности, в качестве южного моста могут применяться микросхемы, разработанные для предыдущего типа чипсета.

Чипсеты для шестого поколения процессоров

С появлением процессоров шестого поколения (Pentium Pro/Pentium II/ Pentium III) корпорация Intel заняла ведущие позиции и на рынке чипсетов, т. к. (в отличие от конкурентов) начала разработку соответствующих микросхем параллельно с разработкой своих процессоров. Для шестого поколения стал образцом набор Intel 440. В это семейство набора микросхем входит большая серия чипсетов с маркировкой 440 и различными буквенными суффиксами. Один из вариантов этого семейства показан на рис. 8.1, а технические характеристики приведены в табл. 8.1.

> ***Примечание***
>
> Для предыдущего поколения популярность чипсетам Intel принес набор микросхем семейства Intel 430BX, который не только обладал неплохими характеристиками, но позволял модернизировать компьютер. Компьютеры с этим набором микросхем до сих пор используются, например, для обучения детишек компьютерной грамотности.

Дальнейшим развитием стал чипсет Intel 810 (Whitney), который был разработан для процессоров Celeron, и рассчитан на использование в недорогих материнских платах. Одними из главных отличий Intel 810 от чипсетов пре-

дыдущих поколений являются: интегрированное графическое ядро с аналогом видеопроцессора Intel 752, хабовая структура[1] и интегрирванный AC 97-кодек (Audio Codec 97 Component Specification).

Рис. 8.1. Микросхемы 440EX

Чипсет i820, который по замыслу производителей должен был прийти на смену чипсету i440BX, не получил популярности из-за ориентации на поддержку дорогостоящей памяти RDRAM. Чипсет i820 обеспечивал функционирование системной шины на тактовой частоте 133 МГц, шины AGP4× и был предназначен для CPU Pentium III. Под давлением производителей материнских плат корпорация Intel разработала специальный контроллер — Memory Translator Hub (MTH), предназначенный для совместимости чипсета i820 с модулями памяти PC100 SDRAM. Однако в течение нескольких месяцев выяснилось, что применение контроллера MTH приводит к ошибкам в работе системы. Ошибки были настолько существенными, что корпорация Intel была вынуждена отозвать все материнские платы с установленным контроллером MTH.

Проблемы, связанные с задержкой широкого внедрения памяти Rambus, и неудачи с использованием контроллера MTH совместно с чипсетом i820 вынудили Intel в середине 2000 г. выпустить сразу два набора микросхем, поддерживающих модули памяти PC100 и PC133 SDRAM — i815 (Solano) и i815E. Оба набора микросхем используют хаб GMCH, который включает контроллер памяти SDRAM и интегрированную графическую подсистему (цифроаналоговый преобразователь данных — RAMDAC 233 МГц, 3D-ускоритель, контроллер AGP).

---

[1] В данном контексте хабы — это специализированные микросхемы, обеспечивающие передачу данных между своими внешними интерфейсами.

Таблица 8.1. *Основные характеристики чипсетов шестого поколения*

Характеристика	Intel 450GX	Intel 450KX	Intel 440FX	Intel 440LX	Intel 440EX	Intel 440BX
Область применения	Pentium Pro	Pentium Pro	Pentium Pro/Pentium II	Pentium II	Celeron	Pentium II
Год появления на рынке	1995	1995	1996	1997	1997	1998
Тактовая частота системной шины, МГц	60, 66	60, 66	60, 66	60, 66	60, 66	66, 100
Множитель частоты процессора	2×, 2,5×, 3×	2×, 2,5×, 3×	2×, 2,5×, 3×, 3,5×, 4×, 4,5×, 5×	3,5×, 4×, 4,5×, 5×	3,5×, 4×, 4,5×, 5×	3,5×, 4×, 4,5×, 5×
Максимальное количество CPU	4	2	2	2	1	2
Максимальный объем RAM	8 Гбайт	1 Гбайт	1 Гбайт	1 Гбайт EDO/ 512 Мбайт SDRAM	256 Мбайт	1 Гбайт EDO/ 512 Мбайт SDRAM
Тип памяти	FPM (4-Way Interleaved)	FPM (2-Way Interleaved)	FPM, EDO, BEDO	EDO, SDRAM	EDO, SDRAM	EDO, SDRAM
Тип модуля памяти	SIMM	SIMM	SIMM, DIMM	SIMM, DIMM	SIMM, DIMM	SIMM, DIMM
Поддержка контроля четности и ECC	+	+	+	+	—	+
Стандарт шины PCI	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1
Режим PIO	4	4	4	4	4	5

Таблица 8.1 (*окончание*)

Характеристика	Intel 450GX	Intel 450KX	Intel 440FX	Intel 440LX	Intel 440EX	Intel 440BX
Режим DMA	2	2	2	3 (Ultra DMA)	3 (Ultra DMA)	3 (Ultra DMA)
Поддержка AGP	—	—	—	+	+	+

Intel 440BX AGPset

Чипсет Intel 440BX предназначен для материнских плат, ориентированных на работу с CPU Pentium II/III с тактовой частотой 350, 400 МГц и выше. Наиболее существенным в этом чипсете оказалось то, что тактовая частота системной шины была увеличена с 66 МГц до 100 МГц и обеспечена поддержка двух процессоров (рис. 8.2).

Южный и северный мосты в чипсете

В комплект чипсета может входить различное количество микросхем, но в последнее время наиболее популярно решение из 1—2 микросхем.

Для двух базовых микросхем современного чипсета, чисто условно, были придуманы названия South Bridge (южный мост) и North Bridge (северный мост), которые произошли от местоположения микросхем на блок-схемах (рис. 8.2): верх — север, низ — юг. Самое любопытное, такие названия прижились и стали широко использоваться не только специалистами, но и пользователями.

С точки зрения специализации, на северный мост ложатся функции обмена между процессором и скоростными устройствами, например, памятью и шиной PCI Express или AGP. Южный мост предназначен для работы с низкоскоростными интерфейсами. Для обмена информацией между северным и южным мостом в современных компьютерах используются различные типы скоростных шин, которые у каждого разработчика чипсетов разные, например, для чипсетов VIA — это V-Link, SiS — MuTIOL (Multi Threaded I/O Link). Ранее связь между мостами осуществлялась через шину PCI, но скорость передачи данных через нее просто недостаточна для современных технологий.

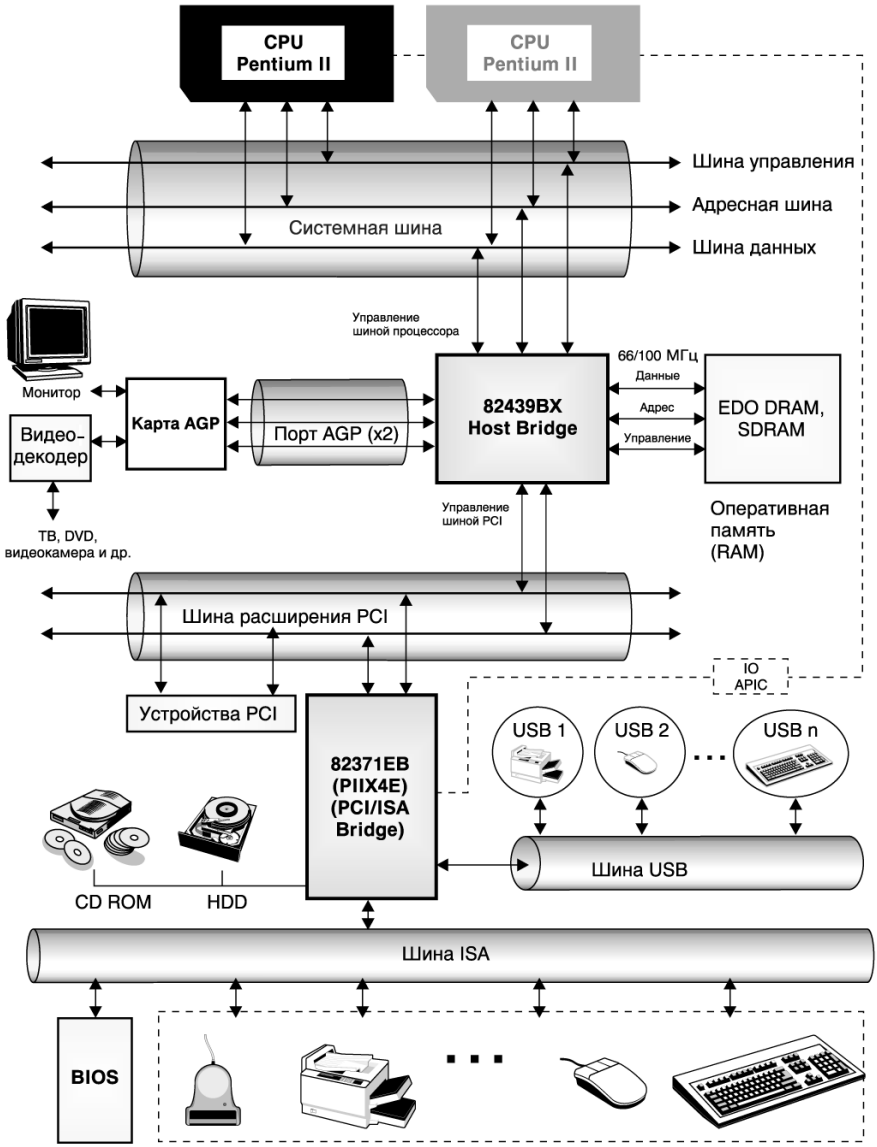


Рис. 8.2. Принцип функционирования чипсета Intel 440BX

В современных решениях после передачи функций управления оперативной памятью непосредственно блокам на кристалле процессора северный мост, практически, используется только для работы с видеоподсистемой и передачи данных для южного моста. В новых процессорах, которые готовятся к

производству, видеоподсистема будет также интегрирована на кристалле процессора, и, видимо, для бюджетных решений деление чипсета на южный и северный мосты станет неактуальным, т. е. разработчики опять вернутся к самому старому варианту, когда использовалась только одна большая микросхема для системной логики.

Intel 810

В чипсете Intel 810 (рис. 8.3) впервые применена хабовая архитектура. Конструктивно чипсет состоит из трех микросхем (хабов), которые для взаимодействия используют не шину PCI (имеющую пропускную способность 133 Мбайт/с), а специально разработанную шину с пропускной способностью 266 Мбайт/с.

В состав чипсета входят:

- контроллер памяти и видео (*Graphic&Memory Controller Hub* — GMCH);
- контроллер ввода/вывода (*I/O Conroller Hub* — ICH);
- контроллер специального программного обеспечения (*Firmware Hub* — FWH).

Как видно на рис. 8.3, шина PCI, которая ранее соединяла системный контроллер и контроллер ввода/вывода и IDE-интерфейса, теперь используется для подключения карт расширения (как еще недавно шина ISA). Компоненты компьютерной системы могут взаимодействовать друг с другом, минуя CPU.

ICH

Хаб ICH (*I/O Conroller Hub*) конструктивно находится в микросхеме Intel 82801XX и выполняет функции ввода/вывода, таймера, а также контроллеров DMA и прерывания. Он включает контроллеры IDE, PCI, AC 97, LPC I/F, SMBus (*System Management Bus*) и USB.

Контроллеры дисководов и портов, которые раньше подключались к шине ISA, теперь подключаются через шину LPC (*Low Pin Count*). Шина LPC — это 4-битная шина, которая функционирует на тактовой частоте 33 МГц. Можно сказать, что это урезанная шина ISA, работающая на более высокой частоте.

Интегрированный в ICH AC 97-кодек обеспечивает 16-битную стереофоническую обработку звука. Синтез звука на основе таблиц волн эмулируется программно.

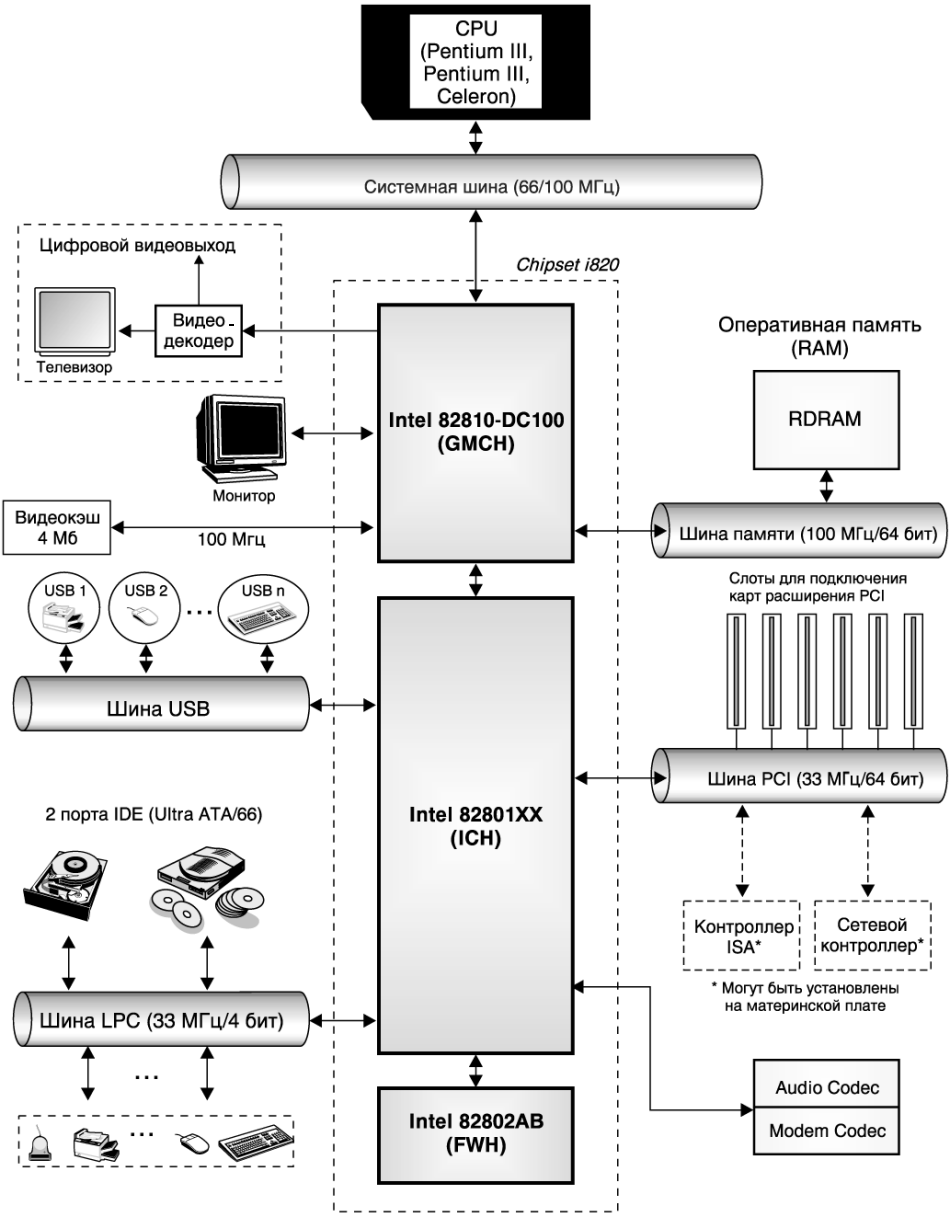


Рис. 8.3. Блок-схема чипсет i810

Таким образом, воспроизведение звука сопряжено с дополнительной загрузкой CPU. Однако, учитывая, что во многих современных компьютерных иг-

рах используются аудиотреки на CD, то интегрированный AC 97-кодек вполне устроит большинство пользователей. "Гурманы" могут установить в слот PCI любую "солидную" звуковую карту и отключить AC 97-кодек с помощью BIOS Setup.

Чипсет для CPU седьмого поколения процессоров

Для процессоров седьмого поколения (Pentium 4 и аналоги от AMD) было разработано необычайно много самых разнообразных чипсетов, т. к. было выпущено довольно большое количество самых разнообразных моделей процессоров от Intel и AMD.

Первым чисетом для процессоров Pentium 4 стали наборы микросхем i850 и i850E. Чипсеты являются последователями хабовой архитектуры, заложенной в чипсет i810. Наборы микросхем включают в себя хаб контроллера памяти (MCH) и контроллер ввода/вывода (ICH2). Но особой популярности данные чипсеты не имели из-за необходимости использования дорогостоящей памяти RDRAM.

Большую популярность получило семейство микросхем i845, которое многократно в дальнейшем модернизировалось и дожило до снятия процессоров Pentium 4 с производства. Но т. к. производство линейки процессоров продолжалось длительное время, то для них было выпущено просто огромное количество чипсетов от всех главных производителей. Причем большую популярность имели чипсеты не от корпорации Intel, а от компаний VIA и nVIDIA, за счет более расширенных функций и доступности по цене.

Чипсет Intel 845

Чипсет i850 был ориентирован на использование дорогой памяти DRDRAM, и данный факт несколько тормозил распространение CPU Pentium 4. Кроме того, в 2001 г. корпорации SiS и VIA выпустили чипсет для Pentium 4 с поддержкой SDRAM, что вызвало неудовольствие корпорации Intel. Однако к лету 2001 г. Intel была вынуждена уступить и выпустила чипсет i845 (Brookdale), ориентированный на работу с CPU Pentium 4 и память PC133 SDRAM. Пропускная способность шины памяти чипсета i845 с памятью SDRAM была в три раза ниже, чем в системах, собранных на базе чипсета i850 и памяти RDRAM, но зато система чипсета i845/SDRAM была дешевле.

В начале 2002 г. Intel представила на рынок чипсет i845 с поддержкой памяти DDR SDRAM (DDR200 и DDR266), а впоследствии DDR333.

Похоже, что с выпуском чипсета i845E чрезмерное увлечение Intel памятью RDRAM закончилось.

Все чипсеты семейства i845 созданы, как и i850, на основе двухшинной архитектуры и ориентированы на процессоры Pentium 4 и Celeron, которые устанавливаются в разъем Socket 478.

Микросхема северного моста (MCH) чипсета i845 впервые изготовлена Intel по 0,18 мкм технологии и располагается в специальном корпусе Flip Chip BGA, ранее чипсет изготавливался по 0,25 мкм технологии.

Intel 865

В начале 2003 г. Intel представила на рынке чипсет серии Intel 865 (рис. 8.4), ориентированный на процессор Pentium 4 (табл. 8.2).

Таблица 8.2. *Основные отличия чипсета семейства i865x*

Характеристика	i865	i865P	i865G
Тактовая частота системной шины*, МГц	200/133/100 (800/533/400)	133/100 (533/400)	200/133/100 (800/533/400)
Тип памяти	Двухканальная DDR 400/333/266	Двухканальная DDR 333/266	Двухканальная DDR 400/333/266DDR 333/266
Внешний графический интерфейс	AGP 8x	AGP 8x	AGP 8x
Интегрированная графика	–	–	Intel Extreme Graphic
Интегрированный звук	Dolby Digital 5.1, 6 каналов	Dolby Digital 5.1, 6 каналов	Dolby Digital 5.1, 6 каналов
USB-контроллер/ количество портов	USB 2.0 6 портов	USB 2.0/ 6 портов	USB 2.0/ 6 портов

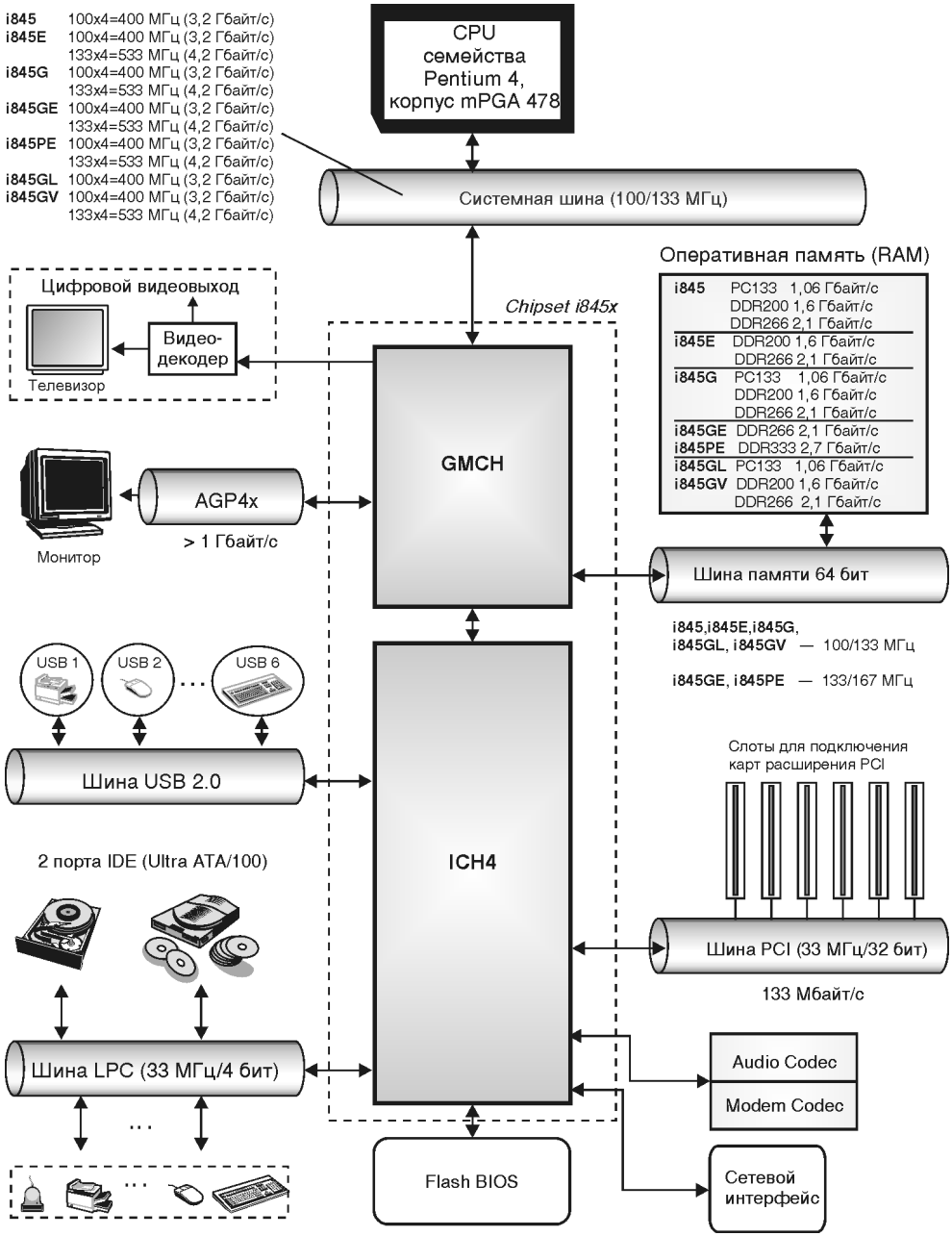


Рис. 8.4. Блок-схема чипсет семейства i845x

В чипсет серии i865 впервые включена поддержка двух независимых контроллеров Serial ATA и выделенной сетевой шины для производительных сетей Gigabyte Ethernet (архитектура Intel Communication Streaming).

Кроме того, в одну из двух микросхем чипсета i865G интегрировано новое графическое ядро Intel Extreme Graphics 2, обеспечивающее высокую производительность при обработке двух- и трехмерных изображений и видео, а также более реалистичное предсталение трехмерных изображений.

Чипсеты для современных компьютеров

Современным компьютером сегодня можно считать те системы, которые оснащены процессором Core 2 Duo или Core i7, а от корпорации AMD каким-либо многоядерным процессором линейки AMD64, например Athlon 64 X2 или Phenon. Чипсеты для них делают как сами производители процессоров, так и компании nVIDIA и VIA.

> ***Примечание***
>
> Говорить о поколениях для современных процессоров сегодня очень трудно. Пока смену поколений определяла единолично корпорация Intel, это было справедливо, но сегодня существуют альтернативные процессоры корпорации AMD, которые ею позиционируются как 8 и 10 поколения линейки x86.

Чипсеты Intel

После начала выпуска процессоров Core 2 Duo корпорация Intel модернизировала наиболее удачные чипсеты для новых процессоров. На рис. 8.5, *а* приведена блок-схема чипсета Intel 975X Express, предназначенного для новых процессоров Intel Core 2 Duo.

На блок-схеме северный мост — это микросхема 82975X MCH, а южный мост — это 82801GR ICH7R. Для работы видеоподсистемы предназначена шина PCI Express x16. Так как чипсет Intel 975X Express предназначен для высокопроизводительных решений, то имеется поддержка памяти DDR2. Для подключения внешних устройств чипсет не только поддерживает традиционную шину PCI, но и шины PCI Express x1 и x4. Для дисковой подсистемы используется интерфейс SATA. Для звуковой подсистемы внедрена технология Intel High Definition Audio, которая является развитием технологии AC 97.

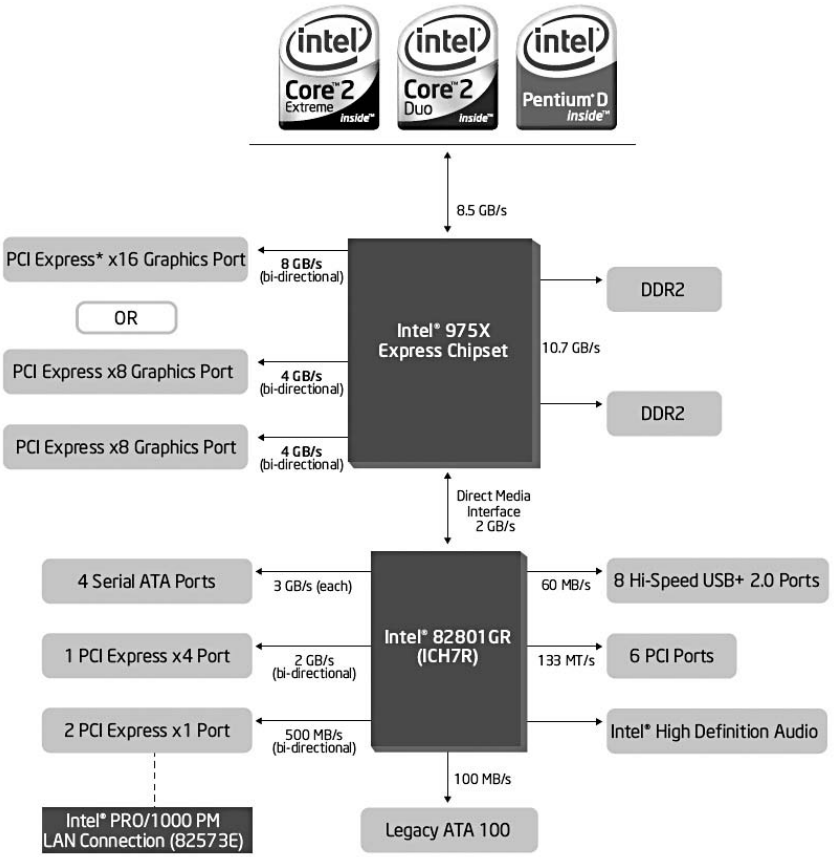


Рис. 8.5. Блок-схема чипсета Intel 975X Express

В конце 2008 г. корпорацией Intel был начат выпуск новых чипсетов, в которых были внедрены современные технологии, разработанные под использование с новыми высокопроизводительными процессорами. На рис. 8.6 приведена блок-схема третьего поколения чипсетов Intel G35, предназначенного для новых процессоров Intel Core 2 Duo. Северный мост — это микросхема G35 GMCH (MCH) (рис. 8.7), а южный мост — это ICH8R (ICH). Как видно, к северному мосту подключаются наиболее производительные блоки: процессор, память и видеоадаптер, а к южному — вся остальная периферия. Связь между мостами осуществляется со скоростью 2 Гбайт/с. Обратите внимание, что производителям системных плат предлагается выбор между одним слотом PCI Express x16 или двумя PCI Express x8.

Для сравнения различных современных чипсетов Intel (для высокопроизводительных решений) в табл. 8.3 приведены технические характеристики наиболее интересных серий чипсетов. Следует обратить внимание, что разработчики последовательно улучшают характеристики чипсетов, вводят новые технологии, например вместо памяти DDR2 предлагают DDR3, а также увеличивают частоту системной шины.

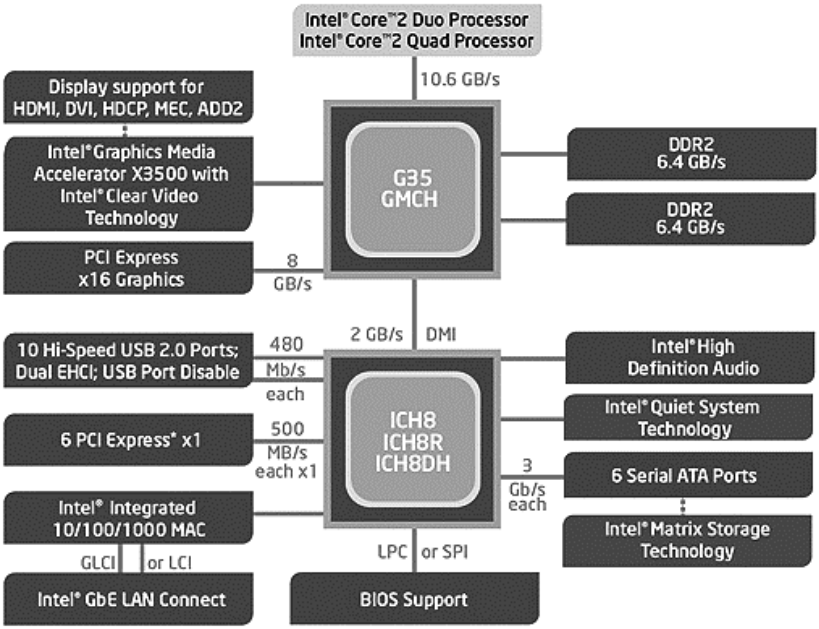


Рис. 8.6. Блок-схема чипсетов Intel G35

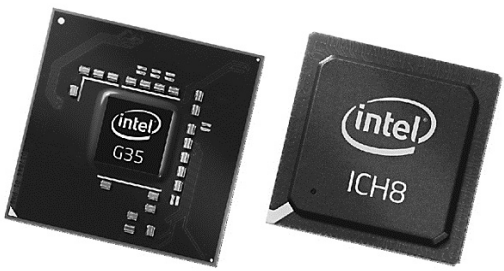


Рис. 8.7. Микросхемы чипсета Intel G35

Таблица 8.3. *Чипсеты для высокопроизводительных ПК производства корпорации Intel*

Характеристика	Чипсет			
	X58	**X48**	**X38**	**975X**
Процессор	Core i7-965 EE, Core i7-940, Core i7-920	Core 2 Duo, Core 2 Quad, Intel Core2 E	Core 2 Duo, Core 2 Quad, Core 2 Extreme	Pentium 4 HT, Pentium D, Pentium 4 EE HT, Pentium EE Core 2 Duo, Core 2 Extreme
Сокет	LGA1366	LGA775	LGA775	LGA775
Hyper-Threading	Оптимизирован			
Частота системной шины, МГц	QPI 6.4 GT/s и 4.8 GT/s	1600/1333/1066/800	1333/1066/800	1066/800
Макс. объем памяти, Гбайт	8	8	8	8
Поддерживаемая память	DDR3	DDR3 (No ECC)	DDR3 и DDR2, DDR2 ECC	DDR2
Видеоинтерфейс	PCI E 2.0 2x16 (4x8 и 1x4)	PCI E 2.0 2x16	PCI E 2.0 2x16	Dual PCI E x16
Поддержка PCI	PCI E x1 (6)	PCI E x1 (6)	PCI E x1 (6)	PCI E x1 (4 или 6)
Интерфейс SATA/IDE	SATA 3.0/6, eSATA	SATA 3.0/4—6, eSATA	SATA 3.0/4—6, eSATA	SATA 3.0/4, PATA/1
Тип микросхемы	82X58 I/O Hub	82X48 MCH	82X38 MCH	82975X MCH
Контроллер ввода/вывода	ICH10	ICH9	ICH9	ICH7
PCI-слоты	—	—	4	6
USB-порты	12	12	12	8
Звук	HDA	HDA	HDA	HDA, AC 97/20

Разработка новых процессоров Intel Core i7 вызвала необходимость выпуска новых типов чипсетов для обеспечения их работы. На рис. 8.8 показана блок-схема чипсета X58. Из всех новинок, внедренных корпорацией Intel, отметим только то, что модули памяти теперь непосредственно управляются процес-

сором, минуя посредника в виде северного моста. Вместо шины FSB теперь используется интерфейс QPI, похожий на технологию HyperTransport у процессоров AMD.

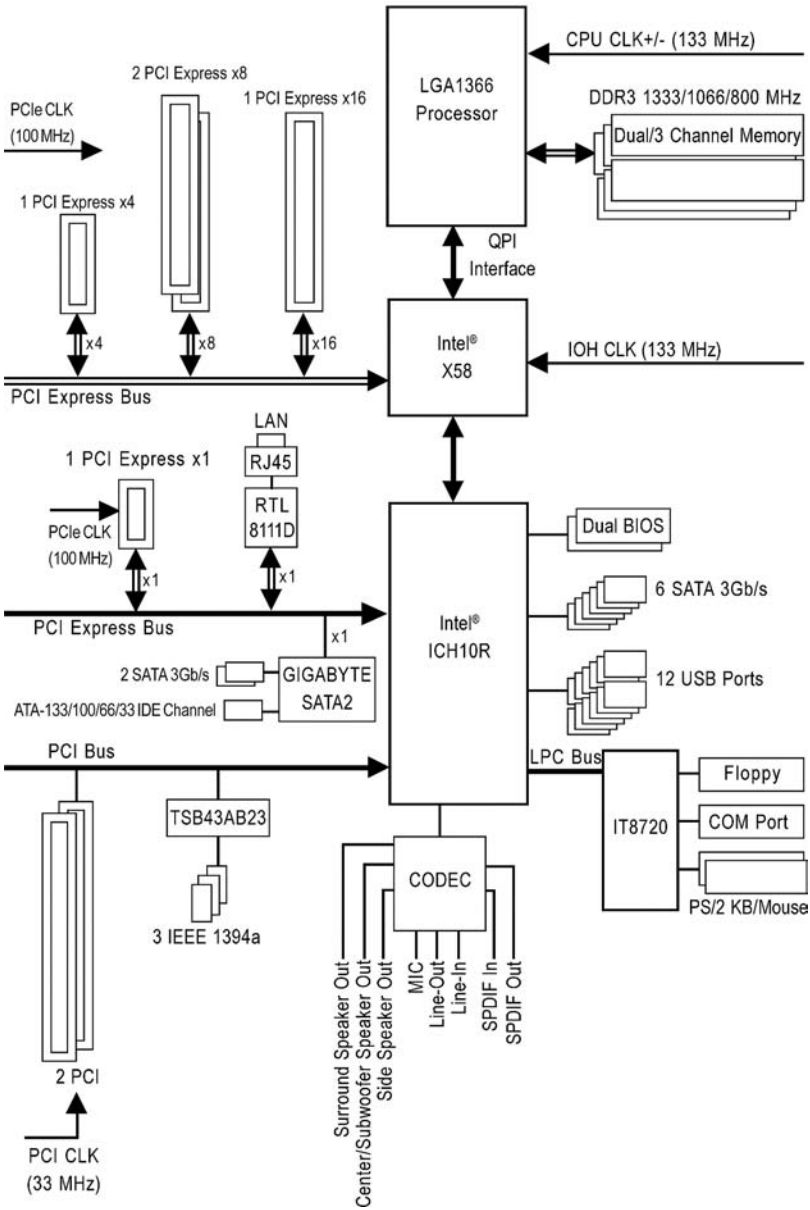


Рис. 8.8. Блок-схема чипсета Intel X58

По остальным особенностям чипсета следует внимательно сравнить блок-схемы на рис. 8.5 и 8.6. Следует отметить, что проведена лишь модернизация узлов, правда, без внесения революционных изменений.

Характеристики чипсетов AMD

Длительное время корпорация AMD самостоятельно не разрабатывала чипсеты для своих процессоров, а те, которые выпускали, обладали не слишком привлекательными характеристиками. В основном, производители материнских плат использовали для процессоров AMD чипсеты от компаний SiS, VIA и nVIDIA. В настоящее время корпорация AMD предлагает чипсеты 7-й серии, разработанные специально для многоядерных процессоров AMD Phenom и графических устройств нового поколения. Новые чипсеты используют новейшие технологии, например, PCI Express 2.0 и HyperTransport 3.0.

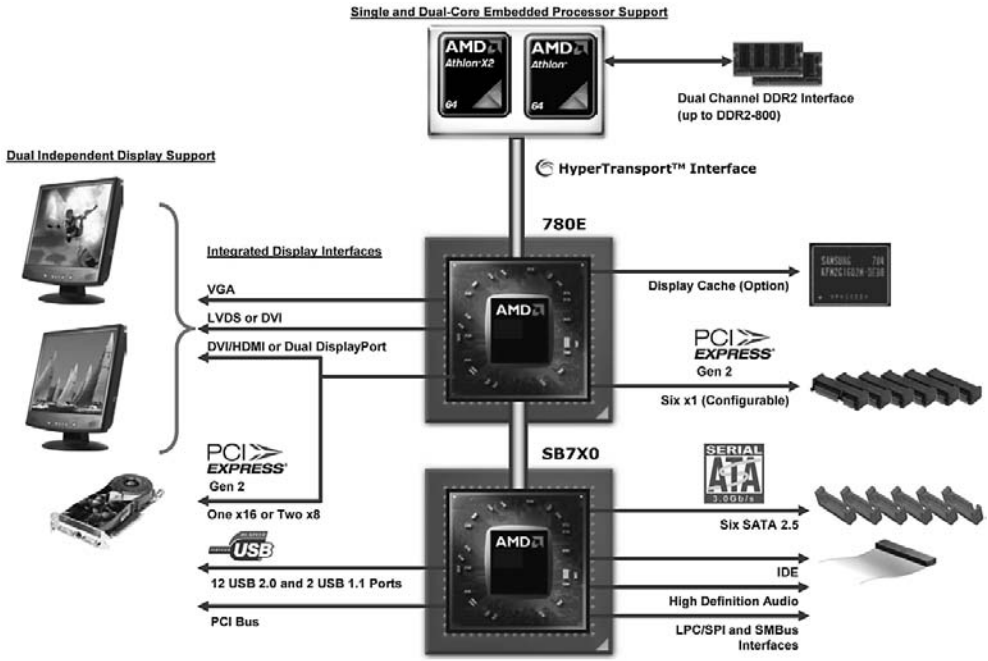


Рис. 8.9. Блок-схема чипсета AMD 780E

Для сравнения с чипсетами Intel на рис. 8.9 показана блок-схема чипсета AMD 780E. Как и для процессоров Intel Core i7 память управляется непосредственно схемами, расположенными на кристалле процессора. Для связи с северным мостом используется шина "точка-точка", которая у AMD называется HyperTransport. В остальном, принципы построения чипсета и его характеристики довольно близки к аналогичным изделиям от других производителей.

Примечание

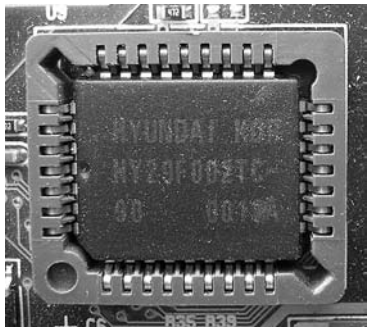
Сегодня очень трудно говорить о том, какая платформа от AMD, Intel или nVIDIA лучшая, заметим, что под этим термином понимается комплекс из процессора, чипсета, системной платы, модулей памяти, видеокарты и винчестера, а также операционной системы. Простое сравнение по отдельным характеристикам, таким как частота ядра и шин или объем памяти, не отражает реального положения дел. В какой-то степени можно ориентироваться на различные синтетические тесты, с помощью которых можно проверить производительность железа для тех или иных областей применения. При сравнении этих тестов считается, что большие значения "попугаев" — более выгодные и производительные характеристики. Но следует отметить, что каждый производитель отлично умеет рекламировать свою продукцию и доказывать превосходство над конкурентами.

Глава 9

ROM BIOS

Подсистему ROM BIOS часто называют просто BIOS (*Basic Input Output System*). Аппаратно она представляет собой элемент памяти (микросхема ROM) емкостью от 64 Кбайт у старых компьютеров и примерно до 2 Гбайт у современных моделей. На материнской плате микросхема ROM может быть припаяна непосредственно к плате (рис. 9.1, *а*) или установлена в DIP-разъем (рис. 9.1, *б*).

а



б

Рис. 9.1. Типичные элементы ROM BIOS для современных материнских плат

Как правило, для хранения BIOS используют микросхемы электрически стираемой программируемой постоянной памяти (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM*), относящейся к микросхемам ПЗУ, которые можно стирать и перепрограммировать непосредственно в PC. Такой элемент BIOS называют *Flash-BIOS*. Производители выпускают обновленные версии BIOS, которые доступны через Интернет, поэтому грамотный пользователь может загрузить нужное обновление и записать его в микросхему *Flash-ROM* материнской платы.

Ведущими изготовителями ROM BIOS являются фирмы AMI, Award и Phoenix. Функции, выполняемые системами BIOS, одинаковы и не зависят от фирмы-изготовителя.

ROM BIOS выполняет четыре основные функции:

- предоставляет операционной системе драйверы основных устройств, находящихся на материнской плате, и осуществляет сопряжение между материнской платой и остальными средствами PC; ROM BIOS должен соответствовать конкретной материнской плате;
- содержит тестовую программу проверки системы, так называемую POST (*Power On Self Test*), которая при включении PC проверяет все важнейшие компоненты компьютера;
- содержит программу CMOS Setup для установки параметров BIOS и аппаратной конфигурации PC;
- содержит программу начальной загрузки системы (INT 19h) Bootstrap, которая инициируется после успешного завершения программы POST.

Обозначение *ROM* расшифровывается как *Read Only Memory* (память только для чтения, ПЗУ), т. е. информацию из этой памяти можно только считывать, но данные записывать в память нельзя.

BIOS (*Basic Input Output System* — базовая система ввода/вывода) содержит набор основных функций управления стандартными внешними устройствами PC. Возникает вопрос: где хранятся значения, которые устанавливаются в CMOS Setup, если в ROM BIOS невозможно записать новую информацию? Изменения конфигурации (например, информация о новом винчестере) записываются в специальную область памяти (и оттуда считываются ROM BIOS), называемую CMOS RAM. Эта область памяти (емкостью 100—129 байт) расположена в контроллере периферийных устройств, который находится, как правило, в южном мосте чипсета. Для того чтобы записанные значения не были потеряны, контроллер обеспечивается питанием от аккумуляторной батареи. Таким образом, информация о конфигурации PC остается в памяти, даже если долго не включать компьютер.

Эта аккумуляторная батарея (рис. 9.2) внешне чаще всего представляет собой "большую таблетку", установленную в специальный разъем на материнской плате, она обеспечивает хранение установок CMOS Setup и работу системного таймера. Если вы заметили, что системное время "убегает", замените аккумуляторную батарею или установите внешний аккумулятор, как правило, с напряжением 3 В. Из-за дефектной или разрядившейся батарейки не только нарушится правильный отсчет времени, но одновременно потеряется и ин-

формация CMOS RAM, которая содержит, например, параметры винчестера и установки оптимальной конфигурации чипсета.

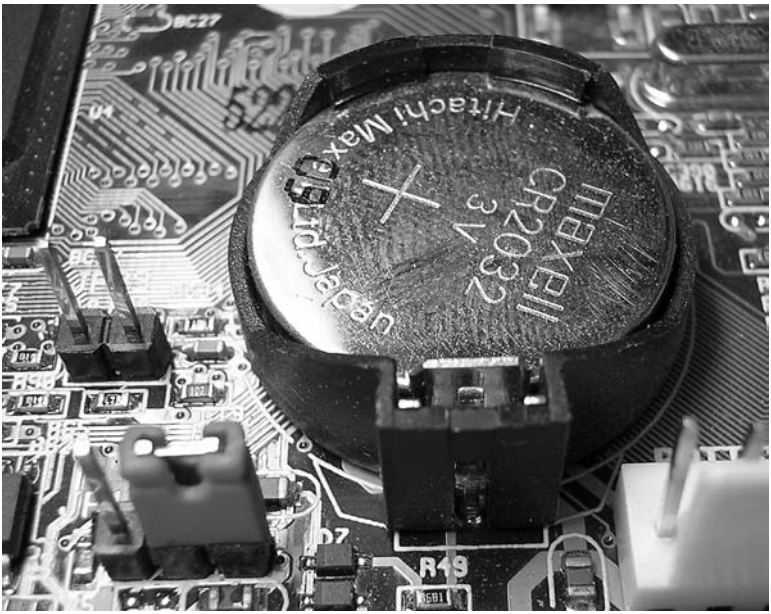


Рис. 9.2. Батарейка CMOS

Скажем несколько слов о POST. Этот самостоятельный тест поможет вам при идентификации ошибок, если вы установили в PC новую материнскую плату, и при этом что-то не функционирует.

Во время выполнения программы POST на экране монитора появляются два типа сообщений:

- информационные
- сообщения об ошибках (на экране монитора и звуковые)

С помощью информационных сообщений можно идентифицировать версию и производителя BIOS, производителя материнской платы, чипсет, установленный на материнской плате, и др. Кроме того, на экране появляется информация об объеме установленной памяти (рис. 9.3, 9.4), подключенных устройствах (HDD, FDD, CD-ROM и др.). С помощью идентификационной строки, расположенной в нижней части экрана монитора, можно определить производителя материнской платы.

Примечание

Начальная заставка BIOS на экране монитора (рис. 9.3 и 9.4) имеет один и тот же вид уже несколько десятилетий.

Рис. 9.3. Сообщение AMI BIOS при включении PC

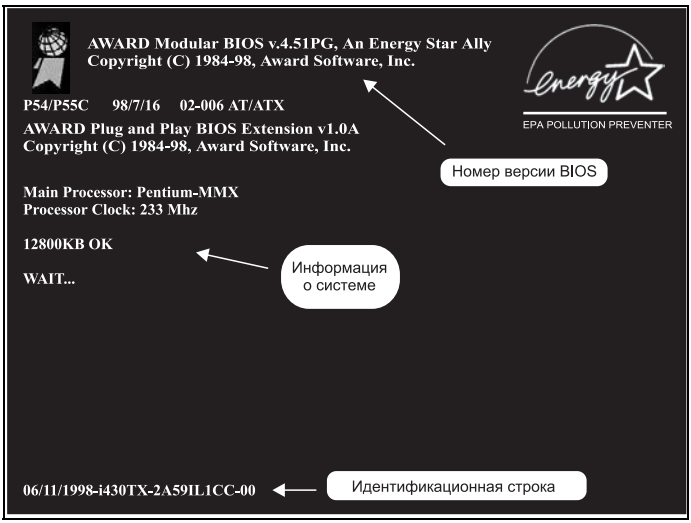


Рис. 9.4. Сообщение Award BIOS при включении PC

Периодически разработчики BIOS и материнских плат предлагают "особый" дизайн, но каким-либо успехом у пользователей данные новации не пользуются. В ряде BIOS могут быть встроены функции мультимедиа, например для проигрывания музыкальных компакт-дисков, что позволяет создать звуковой фон при установке операционной системы.

Сообщения об ошибках системы, определяемых POST, могут быть как в виде текстовых сообщений на экран монитора или специальный двузначный светодиодный индикатор на системной плате, так и в виде звуковых сигналов, издаваемых встроенным динамиком. В частности, по числу "писков" можно быстро идентифицировать источник ошибки. Естественно, динамик должен быть подключен к системе.

Центральный процессор имеет доступ к BIOS через систему программных прерываний. Каждое прерывание дает доступ к соответствующей подпрограмме BIOS. Векторы прерываний системы BIOS представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. *Векторы прерываний системы BIOS*

Программное прерывание	Функция	Обозначение в BIOS
0	Деление на ноль	D-EOI
1	Пошаговое прерывание	D-EOI
2	NM1 (немаскируемое прерывание)	NMI-INT
3	Точка останова	D-EOI
4	Переполнение	D-EOI
5	Печать экрана	PRINT-SCREEN
6	Резерв	D-EOI
7	Резерв	D-EOI
8	Таймер (IRQ 0, часы реального времени)	TIMER-INT
9	Клавиатура (IRQ 1)	KB-INT
A	Резерв (IRQ 2)	D-EOI
B	COM2 (IRQ 3 последовательного порта)	D-EOI

Таблица 9.1 (*окончание*)

Программное прерывание	Функция	Обозначение в BIOS
C	COM1 (IRQ 4 последовательного порта)	D-EOI
D	Резерв (IRQ 5)	D-EOI
E	Прерывание дисковода (IRQ 6)	DISK-INT
F	Прерывание принтера (IRQ 7)	D-EOI
10	Сервис видеоадаптера	VIDEO-IO
11	Диагностика оборудования	EQUIPMENT
12	Тестирование памяти	MEMORY-SIZE-DETERMINE
13	Сервис FDD/HDD	DISKETTE-IO
14	Последовательная передача данных	RS232-IO
15	Работа с кассетой	CASSETTE-IO
16	Работа с клавиатурой	KEYBOARD-IO
17	Работа с принтером	PRINTER-IO
18	Обращение к ROM-BASIC (в IBM PC)	F600:0000
19	Начальная загрузка ("теплый старт", первичный загрузчик)	BOOT-STRAP
1A	Запрос времени суток	TIME-OF-DAY
1B	Прерывание клавиатуры	DUMMY-RETURN
1C	Прерывание реального времени	DUMMY-RETURN
1D	Инициализация видеопараметров	VIDEO-FARMS
1E	Инициализация параметров дискеты	DISK-BASE
1F	Параметры для видео-BIOS	0

Например, прерывание 12h отвечает за тестирование памяти и может использоваться для определения необходимого объема RAM.

Программисты при отладке системы могут уточнить время создания BIOS, набрав в командной строке команду DEBUG, которая загружает программный отладчик. В качестве приглашения к вводу команд программа DEBUG использует дефис (-). В строке приглашения введите:

```
-d f000:fff5 fffc
```

Компьютер выдаст примерно следующее:

```
30 38   2F-30   38   2F   39   33    08/08/99
```

Последние цифры указывают дату создания BIOS для вашего PC. Чтобы выйти из DEBUG в DOS, введите команду Q.

Каждая система BIOS в адресной области FE00h—FFFD9h имеет определенные подпрограммы, которые специально подобраны для используемой материнской платы. По этой причине системы BIOS PC для каждой модели материнской платы не взаимозаменяемы.

Plug&Play

Современные микросхемы BIOS поддерживают так называемый стандарт *Plug&Play* ("Подключай и работай"). В BIOS, поддерживающих этот стандарт, включено 13 дополнительных системных функций, используемых операционной системой PC.

Стандарт Plug&Play (рис. 9.5), разработанный корпорацией Intel, позволяет системам и адаптерам, поддерживающим его, автоматически настраивать друг друга.

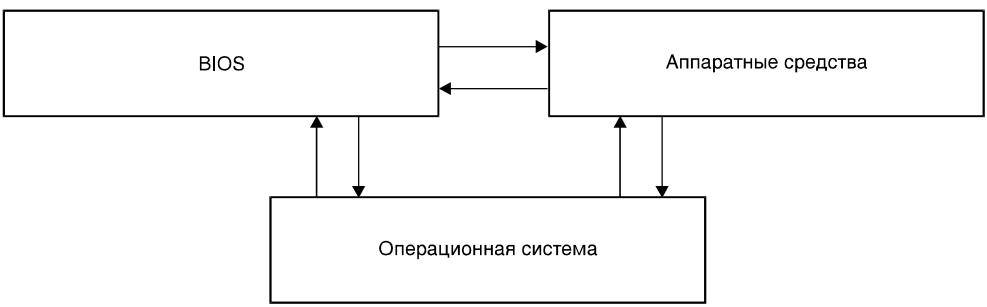


Рис. 9.5. Реализация технологии Plug&Play

Все устройства PC (карты расширения, клавиатура, мышь и др.) используют определенное адресное пространство, требуют для себя линии прерываний (IRQ), каналы прямого доступа (DMA) и адреса ввода/вывода (I/O). По мере увеличения количества устройств заметно усложняется задача грамотного распределения ресурсов PC. Стандарт Plug&Play разработан для автоматического распознавания и согласования всех изменений в конфигурации PC, тогда пользователю не надо переустанавливать джамперы и вручную распределять ресурсы.

В реализации стандарта Plug&Play принимают участие:

- аппаратные средства
- BIOS
- операционная система

Аппаратные средства, поддерживающие стандарт Plug&Play, информируют BIOS и операционную систему о необходимых им ресурсах и, в свою очередь, самонастраиваются на основании полученной информации.

В BIOS возможности Plug&Play реализуются в процессе выполнения программы проверки системы (POST). BIOS распознает установленные аппаратные средства, подключенные к материнской плате и адаптерам PC, анализирует распределение ресурсов этих устройств, считывает информацию, содержащуюся в ROM подключенных устройств, настраивает адаптеры Plug&Play.

Операционная система, поддерживающая технологию Plug&Play (например, Windows 95/98), берет на себя управление всеми внешними устройствами, загружая соответствующие драйверы. Кроме того, операционная система сообщает о конфликтах устройств, которые не были устранены BIOS. С помощью операционной системы можно настроить параметры адаптеров вручную (с экрана монитора) или после изменения положения джамперов на картах расширения. Стандарт Plug&Play поддерживают операционные системы Windows 95/98, Windows NT и др.

CMOS Setup

К изменению CMOS Setup необходимо подходить с осторожностью, потому что некоторые изменения могут привести к фатальному исходу для PC (например, он больше не будет загружаться).

Прежде чем проводить изменения в CMOS Setup, запишите установленные или, что проще, распечатайте таблицы на принтере с помощью клавиши <Print Screen>. Заставка CMOS Setup показана на рис. 9.6. В этом случае при необходимости можно вернуться к стандартным значениям. Впрочем, CMOS Setup при выходе из нее всегда позволяет вам отменить введенные изменения.

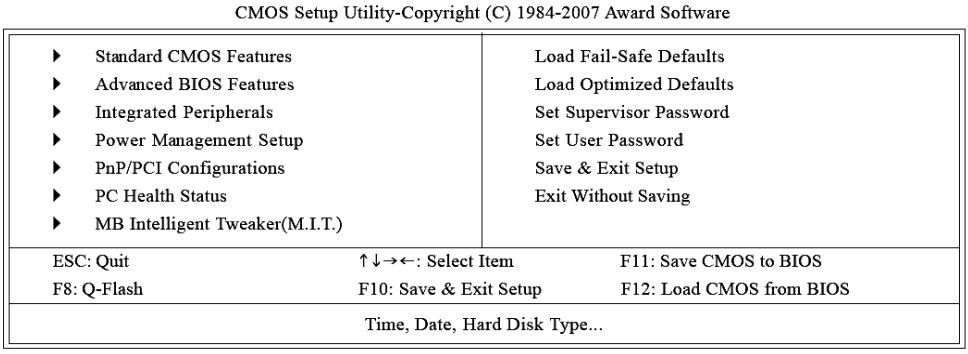


Рис. 9.6. Заставка CMOS Setup AMI BIOS

Хотя имеется большое число различных типов и версий BIOS, отдельные установки CMOS Setup всегда присутствуют. Если в последующем обзоре вы не найдете опций конфигурации для вашего PC, то либо ваш компьютер имеет BIOS старого типа, либо для чипсета вашей материнской платы не предусмотрены рассмотренные ниже установки. И если какие-то параметры установить с помощью CMOS Setup невозможно, то значит, это и не нужно делать.

> ***Примечание***
>
> CMOS является сокращенным названием полупроводника определенного типа (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*).

Клавиши, которые нужно нажать, чтобы войти в CMOS Setup, определяются фирмой — изготовителем BIOS. Обычно на экране монитора при загрузке системы появляется примерно такое сообщение:

```
Press <DEL> if you want to run Setup
```

(для AMI BIOS) или

```
Press <Ctrl><Alt><Esc> if you want to run Setup
```

(для Award BIOS)

Из главного меню программы BIOS Setup доступны вспомогательные подменю, предназначенные для изменения конфигурации компьютера, и несколько системных функций. К сожалению, разработчики BIOS постоянно экспериментируют с различными группировками пунктов в подменю, плюс, появление новых процессоров и технологий заставляет вводить новые пункты в меню и даже целые подменю, поэтому рассчитывать на то, что вы, зайдя в меню BIOS, увидите стандартные названия пунктов меню, не следует. Но, как правило, используются следующие варианты названий подменю:

- **Standard CMOS Features** — это меню отвечает за стандартные настройки аппаратных средств и установку системной даты и времени. При плохой батарейке CMOS пользователю регулярно приходится открывать это меню и восстанавливать текущую конфигурацию;
- **Advanced BIOS Features** — установка стартовой конфигурации компьютера и ряда параметров BIOS. Наиболее популярный пункт в данном меню — это выбор порядка загрузки компьютера. Изменения остальных пунктов могут как улучшить быстродействие компьютера, так и вызвать обратный эффект. Особо навредить себе при неправильных действиях в этом меню пользователь может, как правило, лишь с большим трудом;
- **Advanced Chipset Features** — меню служит для настройки параметров чипсета. Опытный пользователь может существенно улучшить работу компьютера, но при этом должен отлично знать "железо" и понимать, что он изменяет. Начинающему не рекомендуется "играть" с параметрами в этом меню, особенно, когда настраивается современная системная плата;
- **Integrated Peripherals** — изменение параметров периферийных устройств. Какие-либо изменения в этом меню рекомендуется делать только при проблемах со старым оборудованием;
- **Power Management Setup** — настройка параметров энергосбережения. Для настольных компьютеров в большинстве случаев данное меню не актуально;
- **PnP/PCI Configurations** — изменение конфигурации шины PCI. Интерес к этому меню может возникнуть, скорее всего, когда используется больше четырех PCI-карт;
- **Load Fail-Safe Defaults** и **Load Optimized Defaults** — эти пункты позволяют восстановить настройки BIOS. К сожалению, для тех конфигураций компьютеров, которые обычно создаются пользователем самостоятельно, использование этих функций может привести к некорректной загрузке компьютера, что потребует кропотливой настройки параметров в различных меню;

- **Set Password** — установка пароля на BIOS. Пункт может заинтересовать тех пользователей, которые обеспокоены по поводу доступа к компьютеру посторонних, но, увы, если вытащить батарейку или закоротить контакты, предназначенные для сброса CMOS, то парольная защита исчезнет[1];
- **Save & Exit Setup** — выбор данного пункта приводит к записи в CMOS новой конфигурации и к перезапуску компьютера;
- **Exit Without Saving** — воспользуйтесь этим пунктом, если не хотите вносить какие-либо изменения в конфигурацию компьютера;
- **SoftMenu III Setup** — этот пункт меню появился в компьютерах с современными процессорами и системными платами, позволяющими выставлять параметры процессора без использования джамперов. Неверная установка параметров в меню **SoftMenu III Setup** может привести к выходу из строя процессора!
- **PC Health Status** — это меню предназначено для мониторинга температуры узлов современного компьютера. Периодически рекомендуется сюда заглядывать, чтобы узнать самочувствие вашего компьютера. Кроме того, в этом меню могут быть пункты для настройки оповещения о перегреве и аварийного выключения компьютера. Ряд дешевых системных плат имеют упрощенную версию BIOS, где нет этого меню.

В различных версиях BIOS количество пунктов в главном меню и их назначение могут быть иными. В частности, в старых персональных компьютерах, например, был очень популярен пункт IDE HDD AUTO DETECTION, позволяющий запустить процедуру автоматической идентификации винчестера. И еще отметим, что у очень старых компьютеров вообще возможно только одно меню для настройки стандартной конфигурации.

[1] Для ряда BIOS имеются стандартные пароли.

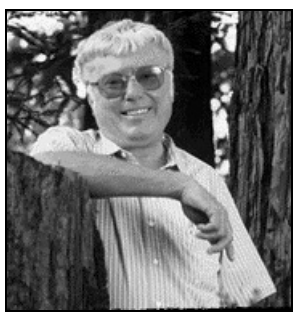
Глава 10

Накопители на гибких дисках

Дисководы (*Floppy Disk Drive, FDD*) являются старейшими периферийными устройствами PC (рис. 10.1). В качестве носителя информации в них применяются дискеты (*Floppy*) диаметрами 3,5" и 5,25". Дисководы для дискет 3,5" функционируют по тем же принципам, что и их старшие и бóльшие по размерам "братья" — 5,25" FDD.

Рис. 10.1. Конструкция дисководов

Немного истории



Алан Шугарт

История создания дисководов неразрывно связана с именем Алана Шугарта, который в 1967 г. возглавил исследовательскую группу лаборатории фирмы IBM в г. Сан-Хосе (штат Калифорния). Первый гибкий магнитный диск был разработан в 1968 г., имел диаметр 8" (1 дюйм = 25,4 мм) и размещался в защитном чехле с тканевой прокладкой. Емкость такого диска составляла 160 Кбайт. Начиная с 1971 г. к разработке и выпуску накопителей на дискетах приступили и другие фирмы, что привело к выпуску дисков различных размеров — от 2 до 12 дюймов. В 1974 г. Алан Шугарт представил дисковод для гибких дисков с диаметром 5,25 дюймов, который стал стандартом на два десятилетия, однако в начале 1990-х гг. их вытеснили дискеты 3,5".

Информация на дискете запоминается путем изменения намагниченности ее магнитного покрытия. Изменение поля ориентирует магнитные частицы дискеты в направлении север-юг или юг-север. Так представляются логические состояния "1" или "0".

Принцип действия

Конструктивно FDD состоит из большого числа механических элементов и малого числа электронных, поэтому для надежной работы дисковода в значительной степени необходима устойчивая работа механики привода. В дисководе имеются четыре основных элемента.

- Шпиндельный двигатель.
- Магнитные головки.
- Шаговые двигатели.
- Управляющая электроника.

Шпиндельный двигатель

Двигатель включается только тогда, когда в дисковод вставлена дискета и задвижка дисковода защелкнута (для 5,25" FDD). Двигатель обеспечивает постоянную скорость вращения дискеты: для 3,5" FDD — 300 об./мин, для 5,25" FDD — 360 об./мин. Для запуска двигателю необходимо в среднем 400 мс.

Магнитные головки

Дисковод оснащается двумя комбинированными магнитными головками (для чтения и записи каждая), которые располагаются над рабочей поверхностью дискеты. Магнитные головки накопителей на гибких дисках при записи или считывании контактируют с поверхностью носителя информации. Так как обычно дискеты являются двухсторонними, т. е. имеют две рабочие поверхности, то одна головка предназначена для верхней, а другая для нижней поверхности дискеты.

Шаговый двигатель

Позиционирование магнитных головок выполняется при помощи шагового двигателя. Он издает характерный звук ("крякает") уже при включении PC.

Этот шаговый двигатель перемещает головки для проверки работоспособности привода при их позиционировании.

Управляющая электроника

Электронные схемы дисковода чаще всего размещаются с его нижней стороны. Они выполняют функции передачи сигналов к контроллеру, т. е. отвечают за преобразование информации, которую считывают или записывают головки. Чтобы не нарушалась постоянная скорость вращения привода, он всегда должен работать только в горизонтальном или вертикальном положении.

В табл. 10.1 приведены наиболее важные сведения о дисководах.

Таблица 10.1. *Технические характеристики дисководов*

Параметры	Тип дисковода [1]			
	3,5" DD	3,5" HD	5,25" DD	5,25" HD
Ширина, мм	101,6	101,6	146	146
Высота[2], мм	25,4	25,4	41	41
Длина, мм	150	150	203	203
Неформатированная емкость, Мбайт	1	2	1	2
Форматированная емкость, Кбайт	720	720/1440	360/1200	360
Скорость вращения[3], об./мин	300	300	300	360
Плотность дорожек[4], шт./дюйм	135	135	48	96
Количество дорожек на рабочей поверхности	80	80	40	80
Скорость обмена данными, Кбайт/с	250	500	250	500
Время позиционирования головки, мс	94	94	67	91
Время позиционирования головки между соседними дорожками[5], мс	6	3	4	3

Таблица 10.1 (*окончание*)

Параметры	Тип дисковода [1]			
	3,5" DD	**3,5" HD**	**5,25" DD**	**5,25" HD**
Время доступа, мс	175	100	250	200
Время безотказной наработки, ч	10 000	12 000	12 000	12 000

[1] HD и DD обозначают соответственно High Density и Double Density (высокая плотность и двойная плотность; более подробно об этом рассказано в последующих разделах данной главы).

[2] Рабочая высота дисководов 3,5" для PC типа laptop и notebook составляет 19,5 мм.

[3] Скорость вращения: rpm = rotations per minute (количество оборотов в минуту).

[4] Плотность дорожек: tpi = tracks per inch (количество дорожек на дюйм).

Подключение кабелей

На всех дисководах есть два разъема для подключения к PC (рис. 10.2, 10.3). Первый из них (информационный) предназначен для подключения 34-жильным плоским кабелем к контроллеру. Другой разъем (питающий) предназначен для подключения кабеля питания дисковода. В табл. 10.2 приведено назначение контактов кабеля питания, а в табл. 10.3 — назначение контактов в информационном кабеле.

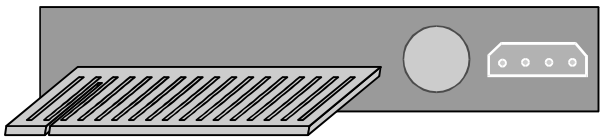


Рис. 10.2. Питающий и информационный разъемы 5,25" FDD

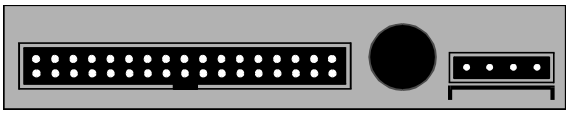


Рис. 10.3. Питающий и информационный разъемы 3,5" FDD

Таблица 10.2. *Назначение контактов кабеля питания дисковода*

Контакт	Напряжение	Цвет провода
1	+5 В	Красный
2	Корпус	Черный
3	Корпус	Черный
4	+12 В	Желтый

При подключении информационного кабеля возможны ошибки. Различны не только разъемы, как видно на рис. 10.2 и 10.3, но и сам кабель может быть подключен разными способами, но только один из них является правильным.

На рис. 10.4 изображен универсальный кабель для подключения двух дисководов при конфигурации, когда дисководом A: является FDD1 (3,5" FDD или 5,25" FDD), а дисководом B: — FDD2 (3,5" FDD или 5,25" FDD). Этот кабель можно узнать не только по его 34 проводникам, но и по наличию шести перекрученных жил, расположенных между разъемами для подключения к дисководам (рис. 10.4). По этим жилам передаются сигналы выбора накопителя и включения двигателя привода. Перекручивание жил кабеля необходимо для присвоения разных имен приводам FDD (A: или B:).

Внимание!

Как правило, сегодня на информационном кабеле для подключения дисководов гибких дисков устанавливают всего лишь один разъем для подключения 3,5" FDD.

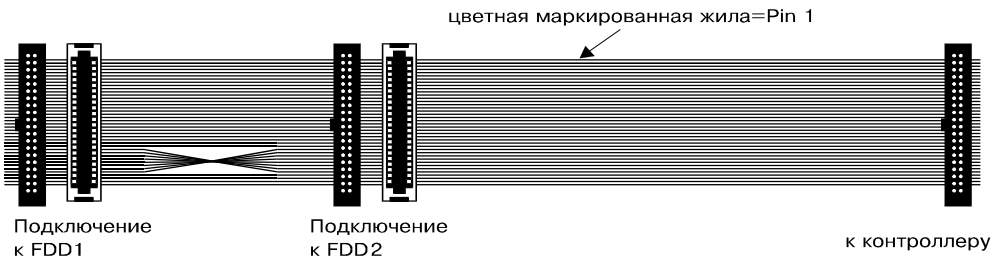


Рис. 10.4. 34-жильный кабель для подключения дисководов

Если при подключении большинства винчестеров их определяют с помощью джамперов непосредственно на плате привода, то при подключении FDD необходимо учитывать, что:

- последовательность подключения разъемов кабеля к дисководам однозначно определяет, какой из них A:, а какой — B:;
- помимо подключения дисководов определенной последовательности, нужно сообщить системе (или, скорее, BIOS) тип каждого FDD и его обозначение. Для этого в CMOS Setup требуется установить соответствующие параметры (*см. главу 26*).

Таблица 10.3. *Назначение контактов 34-штырькового разъема контроллера дисководов*

Контакт	Категория	Сигнал	Назначение
2	Вход	High/normal density	Высокая/нормативная плотность (записи)
4	Вход	Unused	Спецификация изготовителя
6	Вход	Unused	Спецификация изготовителя
8	Выход	Index	Идентификация индексного отверстия
10	Вход	Motor Enable 0	Двигатель дисковода A: включен
12	Вход	Drive Select 1	Активизация привода B:
14	Вход	Drive Select 0	Активизация привода A:
16	Вход	Motor Enable 1	Двигатель дисковода B: включен
18	Вход	Direction Select	Указание направления для головки
20	Вход	Step	Импульс для движения головки
22	Вход	Write Data	Запись данных
24	Вход	Write Gate	Сигнал для перезаписи данных
26	Выход	Track 00	Головка стоит на нулевой дорожке
28	Выход	Write Protect	Наличие защиты диска от записи
30	Выход	Read Data	Чтение данных

Таблица 10.3 (*окончание*)

Контакт	Категория	Сигнал	Назначение
32	Вход	Side Select	Доступ на первую или вторую сторону
34	Выход	Drive Status	Готовность привода

Привод для дискет емкостью 2,88 Мбайт

В процессе совершенствования запоминающих устройств и носителей информации большой емкости был разработан новый стандарт для дискет размером 3,5" емкостью 2,88 Мбайт. В настоящее время этот стандарт, так и не получив широкого распространения, фактически нигде не используется.

Дискеты емкостью 2,88 Мбайт называют ED-дискетами (*Extra High Density*). Имейте в виду, что:

- обычные HD-дисководы не могут работать с ED-дискетами при требуемой для них точности позиционирования головок;
- элемент BIOS PC должен поддерживать подобный дисковод. BIOS более старых версий этого сделать не может. В разделе **Standard CMOS Setup** вы можете посмотреть пункт **Floppy Drive** и проверить, в состоянии ли компьютер работать с этой дискетой.

Дискеты

В качестве носителя информации для приводов FDD служит дискета (*Floppy Disk*, сокращенно *Floppy*). На заре компьютерной эры применялись дискеты формата 8", затем в течение почти двух десятилетий стандартными стали дискеты размером 5,25" а в настоящее время используются дискеты 3,5" (рис. 10.5).

Конструкция дискет одинакова для всех форматов. Внутри футляра находится пластмассовый диск с нанесенным на него магнитным слоем. В процессе форматирования дискета разбивается на дорожки и секторы — подготавливается для записи на нее информации. На всех дискетах имеется

вырез, предназначенный для защиты от случайной записи. После установки дискеты в дисковод для головок чтения/записи доступна лишь небольшая ее часть, ограниченная вырезом. Размеры этого выреза варьируются в зависимости от размера дискеты. Поскольку пластмассовый диск постоянно вращается внутри футляра, то головки просматривают всю область дискеты. Головка привода при этом находится (в отличие от винчестера) в постоянном механическом контакте с поверхностью дискеты.

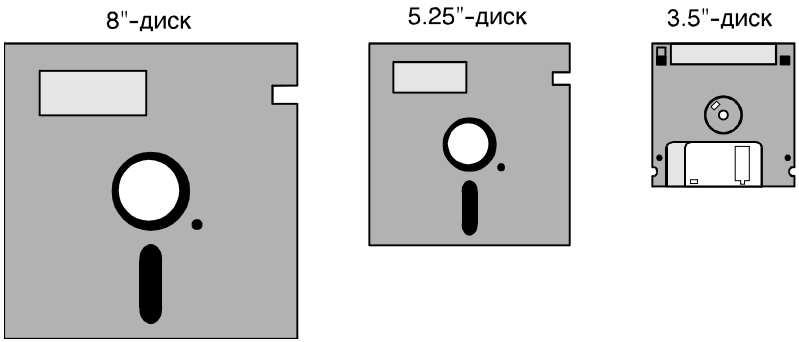


Рис. 10.5. Дискеты различных форматов

Независимо от типа дискеты срок хранения информации, записанной на нее, зависит от бережного отношения к дискете. Следует иметь в виду следующие правила обращения с дискетами:

- их нельзя переламывать, гнуть или подвергать механическим нагрузкам;
- нельзя касаться пальцами рабочей поверхности дискеты;
- дискеты никогда нельзя подвергать воздействию магнитных полей. Магнитные поля приводят к нарушению намагниченной структуры на дискете. При этом неизбежна потеря хранимой информации. Длительное пребывание дискеты возле силовой сети или монитора PC также приводит к потере данных;
- хранить их следует в специальных упаковках;
- дискеты следует использовать только при температурах от +10° до +53 °C;
- из дисковода дискеты можно извлекать только после того, как погаснет индикатор его работы на передней панели накопителя, чтобы не повредить рабочую поверхность дискеты или головку чтения/записи.

Дискеты 3,5"

Дискеты размером 5,25" имели два существенных недостатка — небольшую емкость и большие размеры; кроме того, их можно было легко повредить, что приводило к потере информации.

Поэтому появились дискеты размером 3,5", которые имеют более прочный корпус.

Конструкция трехдюймовой дискеты имеет несколько преимуществ по сравнению с пятидюймовой. Трехдюймовая дискета помещена в жесткий конверт (рис. 10.6), который хорошо защищает магнитный диск.

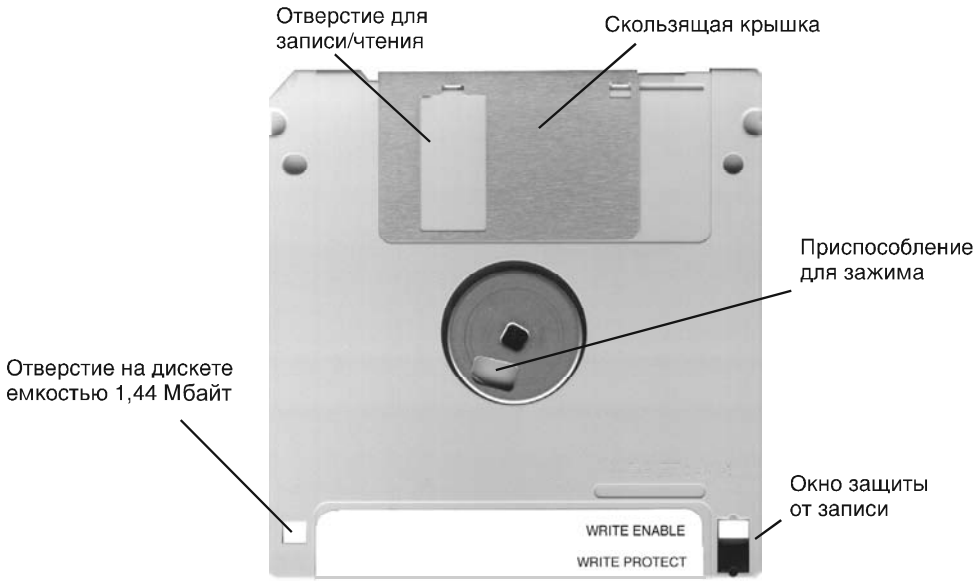


Рис. 10.6. Дискета 3,5"

В отличие от пятидюймовой дискеты, в конверте которой имеется большой открытый вырез для доступа головок чтения/записи, у трехдюймовой дискеты он закрыт металлической или пластиковой шторкой для того, чтобы пыль не попадала на рабочую поверхность диска. Эта шторка открывается автоматически только в том случае, если дискета вставлена в дисковод. Один угол дискеты срезан таким образом, что диск начинает вращаться только тогда, когда он правильно вставлен в дисковод. Это служит защитой от некорректной установки. Трехдюймовая дискета снабжена отверстием со скользящей пластиковой

задвижкой, служащей для защиты дискеты от записи. Если задвижка закрывает отверстие, то возможны чтение, запись и форматирование дискеты; если не закрывает — дискета защищена от записи. Устройство дискеты 3,5" показано на рис. 10.7.

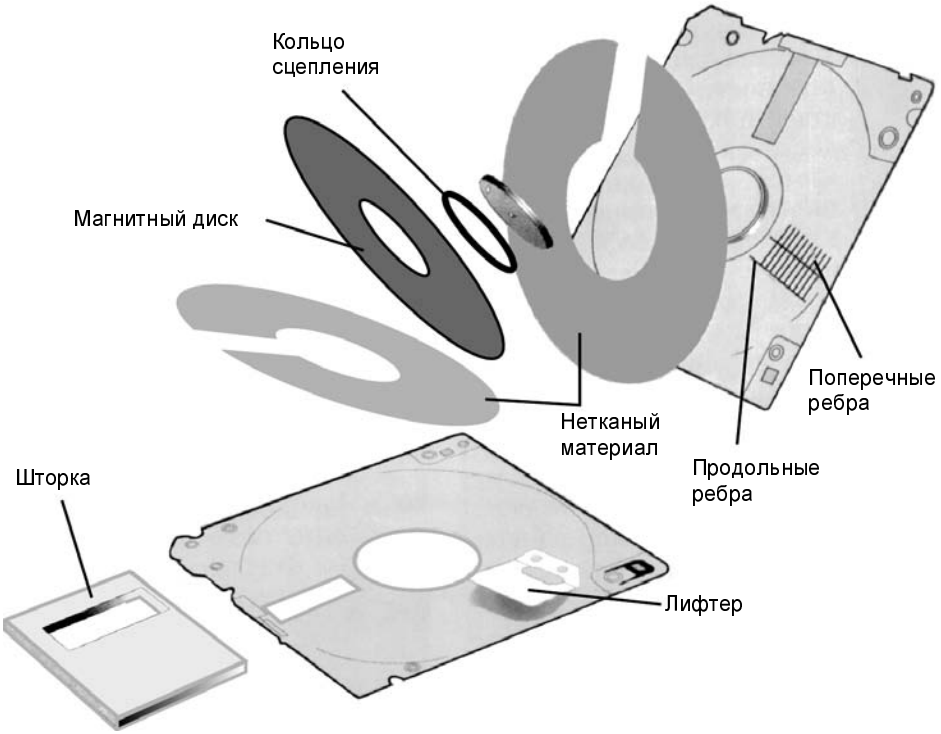


Рис. 10.7. Устройство дискеты 3,5"

Хотя площадь рабочей поверхности трехдюймовой дискеты в два раза меньше, чем пятидюймовой, на ней можно хранить больше информации — 1,44 Мбайт или 2,88 Мбайт. Это является результатом использования улучшенного магнитного покрытия и улучшения конструкции. Повышение износостойкости центрального кольца магнитного диска достигается за счет использования металлического кольца.

Почти во всех современных компьютерах применяются накопители на дискетах 3,5" емкостью 1,44 Мбайт. Емкость новейших дисков достигает 2,88 Мбайт. Однако в старых PC иногда применяются диски емкостью 720 Кбайт (стандарт DD — двойной плотности). Диски, используемые в PS/2, позволяют повысить

плотность записи на каждой дорожке в два раза (18 секторов на дорожку), благодаря чему объем хранимой информации увеличивается до 1,44 Мбайт. Дискеты стандарта QD (*Quadro Density* — учетверенная плотность) не нашли широкого применения. На диске высокой плотности имеется прямоугольное отверстие, расположенное напротив окна защиты записи (рис. 10.6). Его наличие свидетельствует о том, что этот диск имеет высокую плотность.

Кроме того, существуют трехдюймовые дискеты со сверхвысокой плотностью записи (стандарт ED), обеспечивающие хранение информации объемом до 2,88 Мбайт (36 секторов на дорожку). Основу их магнитного слоя составляет феррит бария, а само покрытие толще, чем у дисков других стандартов. Это позволяет использовать метод вертикальной записи, при котором магнитные домены оказываются ориентированными в вертикальной, а не в горизонтальной плоскости. Они располагаются более компактно, вследствие чего достигается высокая плотность записи подобных носителей.

Сравнительные характеристики дискет наиболее употребляемых стандартов (а также некоторых устаревших) приведены в табл. 10.4

Таблица 10.4. *Параметры гибких магнитных дисков*

Параметр	Емкость, Кбайт		
	2880 ED	**1440 HD**	**720 DD**
Количество рабочих сторон	2	2	2
Количество дорожек на каждой стороне	80	80	80
Количество секторов на дорожке	36	18	9
Размер сектора, байт	512	512	512
Количество секторов в кластере	2	1	2
Общее количество секторов на дискете	5760	2880	1440
Ширина дорожки, мм	0,115	0,115	0,115
Основа магнитного слоя	FeBa	FeCo	FeCo
Коэрцитивная сила, Э	750	720	600
Толщина магнитного слоя, мкм	2,5	1	1,75

Логическая структура дискет

Дисководы служат для считывания и записи информации, содержащейся на дискетах. Они механически и электрически управляют соответствующими конструктивными элементами. Для записи и чтения информации необходимо разбиение дискеты на определенные участки, т. е. нужно создать логическую структуру. Это выполняется путем форматирования с помощью специальной программы, которую можно запустить на выполнение соответствующей командой, например, для DOS — командой FORMAT.

Таким образом, дискета разбивается на дорожки (*Tracks*) и секторы (*Sectors*). На рис. 10.8 показано это разбиение: секторы — как бы куски торта, а дорожки — сплошные концентрические кольца.

Рис. 10.8. Логическое разбиение дискеты на дорожки и секторы

Количество байт, которое может быть записано в сектор, произвольно: для DOS — это 512 байт, другие операционные системы устанавливают свои размеры секторов.

Емкость дискеты вычисляется при помощи формулы, которая, впрочем, легко может быть преобразована и для винчестеров:

Число сторон □ Число дорожек на стороне □ Число секторов на дорожке □

□ Число байт в секторе = Емкость всей дискеты

Для дискеты 3,5" HD формула примет вид:

$$2 \times 80 \times 18 \times 512 = 1\ 474\ 560 \text{ байт}$$

Однако не весь объем дисковой памяти доступен пользователю. Операционная система для манипулирования данными резервирует определенные области дисков.

При логическом разбиении дисков операционная система разделяет их на две части (рис. 10.9).

- Системная область
- Область данных

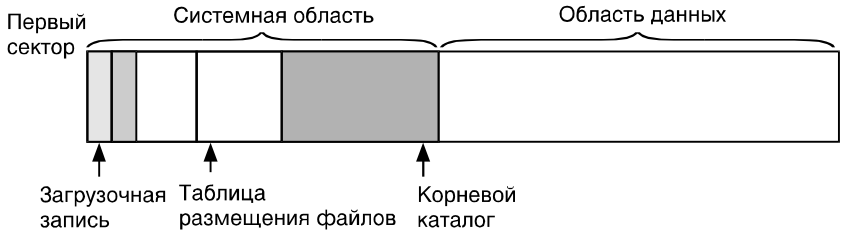


Рис. 10.9. Структура диска

Системная область

В системной области располагаются:

- загрузочная запись диска;
- таблица размещения файлов (две копии);
- корневой каталог файлов.

Загрузочная запись, или блок начальной загрузки, является самой первой частью диска. Она содержит короткую программу (длиной всего несколько сот байт), которая инициирует загрузку операционной системы в память компьютера. Загрузкой (*Booting*) называется процедура запуска компьютера.

Нулевая дорожка первого сектора нулевой стороны диска — это так называемый *загрузочный сектор* (*Boot-сектор*). В этом месте загрузочной (системной) дискеты, содержащей компоненты операционной системы, находится программа для загрузки системы.

Следующая часть системной области диска называется таблицей размещения файлов (*File Allocation Table, FAT*). FAT помещается дважды (с копией) и требует также определенное количество секторов. Эта таблица необходима для того, чтобы система могла узнать, какая информация располагается на

дискете и в каких областях она находится. Таким образом, FAT содержит как бы опись дискеты. В FAT отражается каждое изменение данных, хранящихся на дискете. Для управления областью данных диска операционная система разделяет ее на кластеры. Размер кластера зависит от типа диска. Кластеру может соответствовать сектор или несколько секторов. В табл. 10.5 приведены размеры кластеров DOS гибких дисков (размер одного сектора составляет 512 байт или 0,5 Кбайт).

Таблица 10.5. *Размеры кластеров DOS гибких дисков*

Тип гибкого диска	Емкость диска, Мбайт	Размер кластера, байт
3,5"	2,88	1024
3,5"	1,44	512
3,5"	0,72	1024
5,25"	1,20	512
5,25"	0,36	1024

В зависимости от емкости диска длина элементов FAT составляет 12 или 16 бит. Чем длиннее элемент FAT, тем за большим числом кластеров может следить операционная система и, следовательно, работать с дисками большей емкости. В случае гибких дисков длина элементов FAT равна 12 битам, а для жестких дисков — 16.

Таблица размещения файлов, т. е. FAT, предоставляет операционной системе возможность учета распределения дискового пространства, поэтому FAT является наиболее критичной частью диска и требует максимальной защиты. Вот почему на каждом диске записываются две отдельные копии FAT, причем используется только первая копия (вторая копия применяется для восстановления поврежденных дисков).

Последней частью системной области диска является корневой каталог, или встроенное оглавление содержащихся на диске файлов. На дисках можно организовывать и подкаталоги, но они образуют необязательную часть диска и создаются по мере необходимости. Для каждого файла имеется элемент каталога, который содержит имя файла из восьми символов, трехсимвольное расширение имени файла, размер файла, а также информацию о дате и времени последнего изменения файла. Кроме того, в элементе каталога записываются номер начального кластера файла и атрибуты файла, которые приме-

няются для регистрации характеристик файла. Например, подкаталоги имеют особую отметку атрибута; системные файлы DOS имеют два специальных атрибута, называемых *системным* и *скрытым*. Атрибут *только для чтения* защищает файлы от изменения и удаления, а атрибут *архивный* показывает, какие файлы на диске уже имеют резервные копии, а какие — нет.

Для каждого типа диска размер корневого каталога фиксирован. Каждый элемент каталога имеет длину 32 байта, в одном секторе размещаются 16 элементов. Например, на гибком диске формата 3,5" емкостью 1,44 Мбайт для корневого каталога выделено 14 секторов, в которых может быть записана информация о 224 файлах ($16 \times 14 = 224$). На жестких дисках для корневого каталога обычно выделяются 32 сектора.

Область данных

Область данных предназначена для хранения файлов. Следует отметить, что в результате выполнения нескольких операций записи файлы данных могут быть размещены на диске в несмежных кластерах. Диск, на котором значительное число файлов размещено отдельными фрагментами по всей поверхности, называется *фрагментированным*. В этом случае возрастает среднее время доступа к данным. Поэтому в целях поддержания высокой производительности накопителя следует регулярно выполнять дефрагментацию диска с помощью соответствующих утилит.

Глава 11

Винчестеры

Трудно представить современный компьютер без жесткого диска, или как его еще называют — винчестера. Но первый персональный компьютер, который появился в августе 1981 г., был оснащен лишь дисководом для односторонних дискет 5,25" емкостью 160 Кбайт. Выпуск PC со встроенным жестким диском объемом 10 Мбайт начался весной 1983 г. (IBM PC XT). Хотя еще в 1954 г. в корпорации IBM был изобретен жесткий диск, который имел емкость 5 Мбайт и был предназначен для использования в больших универсальных ЭВМ.

Немного истории

В развитие технологии производства жестких дисков внесли большой вклад Файнис Коннер и уже упоминавшийся Алан Шугарт. В 1979 г. они основали фирму Seagate Technology и организовали производство жестких пятидюймовых дисков. Созданный в этом же году накопитель на жестком диске модели ST-506 (емкостью 6 Мбайт) считается предтечей всех последующих накопителей для PC. В 1982 г. фирмой Seagate был разработан накопитель ST-412 (емкостью 12 Мбайт), который был использован в 1983 г. в первом компьютере IBM PC XT. После этого IBM на многие годы стала основным заказчиком для фирмы Seagate.

Интерфейс ST-506/412 для накопителей на жестких дисках, разработанный А. Шугартом, на протяжении многих лет фактически был стандартом для накопителей на жестких дисках и лег в основу интерфейсов ESDI и IDE. А. Шугартом также разработан интерфейс SCSI, используемый в современных персональных компьютерах. В конце 1980-х гг. Ф. Коннер возглавил компанию Conner Peripherals, основанную фирмой Compaq.

По сравнению с дискетами, описанными в предыдущей главе, винчестеры имеют два важнейших достоинства:

- современные винчестеры имеют дисковый объем в 60—2000 Гбайт, что многократно превосходит емкость дискет;
- время доступа для винчестеров на порядок меньше, чем для приводов дискет.

Принцип работы

В своей работе винчестеры используют принцип магнитной записи, который впервые был применен при записи звука на магнитную ленту. Данные записываются и считываются специальными головками с поверхности вращающихся магнитных дисков.

Если при записи на головку подается сначала положительный сигнал, а затем отрицательный (или наоборот), то магнитные поля доменов ориентируются в соответствии с направлением магнитных полей, создаваемых головкой записи (рис. 11.1).

Рис. 11.1. Изменение направления магнитного поля в обмотке головки и доменов

Во время чтения головка регистрирует моменты изменения полярности и выдает ряд импульсов, каждый из которых соответствует моменту изменения полярности. Импульсы декодируются в последовательность двоичных данных. Соответственно при записи цифровые данные преобразуются в электрические сигналы.

Во избежание потерь или искажения информации необходима синхронизация записывающей и считывающей головок. Как правило синхросигнал объединен с сигналом данных и передается вместе с ним по одному каналу в соответствии с используемым методом кодирования.

За прошедшие годы было разработано множество различных методов кодирования сигналов, но широко использовались только FM, MFM и RLL.

Самым первым был *метод частотной модуляции* — FM (Frequency Modulation). При использовании данного метода каждая битовая ячейка начинается с повторного изменения полярности магнитных доменов. Таким образом единичный бит записывается в виде двух близко расположенных зон изменения полярностей, а при записи "0" расстояние между зонами удваивается (рис. 11.2).

а

б

Рис. 11.2. Запись кода символа "X" (01011000) при кодировании методом FM (*а*) и RLL 2,7 (*б*)

В настоящее время при кодировании данных используется метод RLL (*Run Lenght Limited*), который позволяет разместить на диске в три раза больше информации, чем при FM-кодировании. Суть метода в увеличении числа ячеек между зонами изменения полярностей. Существуют различные модификации метода RLL. На практике обычно используют метод RLL 2,7: здесь первая цифра обозначает минимальное, а вторая максимальное количество бит, которое можно расположить между двумя зонами смены полярностей. Существуют различные таблицы кодировок по методу RLL, применяемые различными фирмами. В качестве примера в табл. 11.1 приведена схема кодировки, разработанная корпорацией IBM (рис. 11.2, *б*).

Таблица 11.1. *Кодирование данных по методу RLL 2,7 корпорации IBM*

Бит данных	Последовательность зон смены полярностей доменов
10	❍◖❍❍
11	◖❍❍❍
000	❍❍❍◖❍❍
010	◖❍❍◖❍❍
011	❍❍◖❍❍❍
0010	❍❍◖❍❍◖❍❍
0011	❍❍❍❍◖❍❍❍

Технологии магнитной записи

Традиционным методом считается технология продольной (горизонтальной) магнитной записи, как это показано на рис. 11.1, которая используется во всех бытовых магнитофонах. В современных винчестерах принцип записи данных точно такой же, но для повышения плотности информации на магнитном слое используются самые разнообразные приемы. В частности, для записи данных до сих пор применяется магнитная головка, а вот для чтения более популярным решением является считывающий сенсор, в котором используется другой физический принцип, например магнито-резистивный эффект. Кроме того, производители почти отказались от традиционного способа записи данных на магнитном слое, и сегодня все топовые модели винчестеров используют принцип перпендикулярной магнитной записи.

Традиционная технология магнитной записи в течение нескольких десятилетий совершенствовалась, и современная блок-схема продольной записи показана на рис. 11.3, *а*. Основная идея этой технологии основана на том, что элементарные магнитики — магнитные домены — расположены горизонтально в плоскости магнитного диска (они показаны стрелочками с названиями полюсов S и N). Магнитная головка, проходя мимо домена, перемагничивает его, т. е. поворачивает на 180□ или оставляет без изменения. Изменение намагничивания домена происходит только в области зазора магнитной головки, где магнитное поле наиболее велико, а за пределами зазора поле так быстро убывает, что не влияет на соседние домены. Читающая го-

ловка (иногда она выполнена отдельно от записывающей головки) реагирует на смену полярности у магнитных доменов. Так как магнитные домены лежат в плоскости магнитного диска, то сделать их совсем небольшими не удается. И это хорошо иллюстрирует тот факт, что технология продольной записи позволяла создавать винчестеры объемом всего в несколько гигабайт. Дальнейшее увеличение объема винчестера наталкивается на ограничение размера магнитных доменов, которые не могут быть бесконечно малыми.

Для увеличения плотности записи сегодня применяется метод перпендикулярной, или иначе вертикальной записи, когда магнитные домены не лежат в плоскости магнитного диска, а располагаются перпендикулярно ей. Блок-схема этой технологии показана на рис. 11.3, *б*. На первый взгляд разница малосущественна, но незначительные изменения в конструкции магнитной головки приводят к поразительным результатам, позволяя увеличить объем винчестера чуть ли не в тысячу раз.

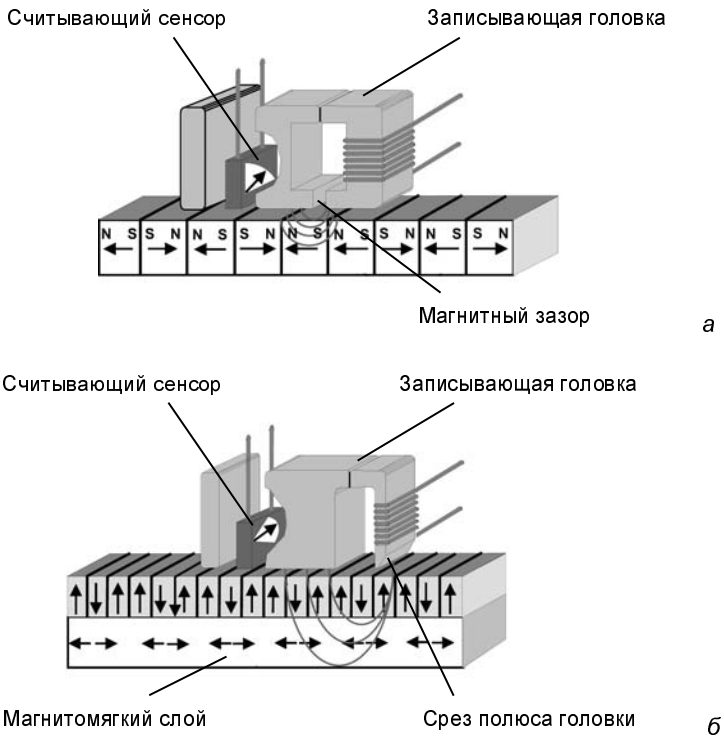


Рис. 11.3. Методы магнитной записи по материалам компании Hitachi:
а — продольная (горизонтальная) запись;
б — перпендикулярная (вертикальная) запись

На рис. 11.3, *б* можно обратить внимание, что на магнитном диске появилось два слоя: в верхнем, как и раньше, располагаются магнитные домены, которые теперь уже размещены вертикально — перпендикулярно. Этот принцип расположения магнитных доменов как раз и позволяет увеличить плотность информации на магнитном диске. Под слоем с магнитными доменами дополнительно расположен слой с магнитомягким материалом, который не запоминает информацию, а распределяет равномерно магнитное поле от магнитной головки по большой зоне и не влияет на намагниченность доменов. У магнитной головки теперь уже нет магнитного зазора, как это понималось в параллельной записи, а два полюса стали разными. Один полюс очень узкий, а второй широкий. Это позволяет перемагничивать домены только под узким полюсом, где напряжение магнитного поля максимально. Широкий полюс замыкает магнитные линии в большой области, в которой напряженность магнитного поля невелика и не влияет на намагниченность доменов.

Головка чтения почти во всех современных винчестерах выполняется отдельно, а в ее принципе работы используется туннельный магниторезистивный эффект (TMR Heads).

Конструкция

На рис. 11.4 показан внешний вид модели современного винчестера формфактора 3,5". Если снять защитную алюминиевую крышку, то под ней можно рассмотреть внутренние элементы винчестера (рис. 11.5).

Рис. 11.4. Внешний вид винчестера производства корпорации Hitachi (SATA)

Рассмотрим подробнее механические элементы винчестера, как это приведено на рис. 11.6. В корпусе из прессованного алюминия объединены такие

элементы винчестера, как двигатель, вращающий диски, носитель информации (диски), головки чтения/записи и электроника.

Рис. 11.5. Внутреннее устройство винчестера SpinPoint P80 Serial ATA производства корпорации Samsung

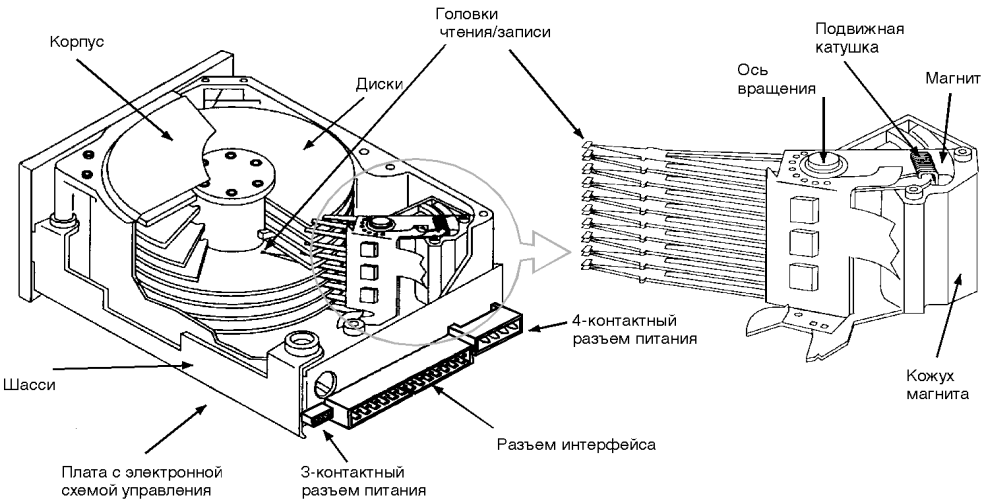


Рис. 11.6. Основные узлы накопителя на жестком диске

Диски

В принципе жесткие диски подобны дискетам. В них информация также записывается на магнитный слой диска. Однако этот диск, в отличие от дискет, сделан из жесткого материала, на который нанесен ферромагнитный (рабо-

чий) слой. Как правило, диски изготавливаются из алюминия, но одно время для их производства использовалась стеклокерамика, например в винчестерах IBM.

В качестве рабочего слоя ранее использовали полимерное покрытие с наполнителем из окислов железа, которое получали путем разбрызгивания суспензии порошка оксида железа с последующей полировкой и обработкой специальными полимерами. В настоящее время используется так называемый тонкопленочный рабочий слой винчестера, который прочнее, тоньше и качественнее. Тонкопленочный рабочий слой создается на диске либо путем электролиза (погружение диска в ванны со специальными растворами), либо методом напыления (осаждение на диск газообразных веществ — фосфорита никеля и магнитного кобальтового сплава — в специальных вакуумных камерах). Толщина рабочего слоя в последнем случае составляет всего 0,025—0,05 мкм. Состав слоя и технология нанесения считается секретом компании производителя. Кроме того, как правило, на диск наносится несколько слоев с различными магнитными свойствами.

Если дискета физически состоит из одного диска, то винчестер — из нескольких одинаковых дисков, расположенных друг под другом (рис. 11.7). Количество дисков может быть от 1 до 8, но современные винчестеры чаще имеют 1— 2 диска, что обеспечивает лучшие технические характеристики в части энергосбережения, упрощения конструкции приводящего электромотора и т. д.

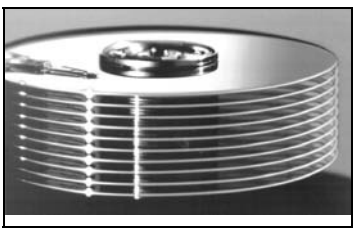


Рис. 11.7. Блок магнитных дисков

Размеры дисков зависят от форм-фактора винчестера (см. далее). В настоящее время популярны диски диаметром 3,5"; 2,5 и 1,8".

Пакет дисков, смонтированный на оси-шпинделе, приводится в движение специальным двигателем, компактно расположенным под ним. Скорость вращения дисков первых винчестеров составляла 3000—3600 об./мин, а это означает, что головки двигались с относительной скоростью 60—80 км/ч. Впоследствии скорость вращения дисков в винчестерах EIDE была увеличена

до 5400 об./мин, а SCSI — 7200 об./мин. В 1997 г. фирма Segate выпустила винчестер SCSI со скоростью вращения дисков 10 000 об./мин, а в 1998 г. — винчестер EIDE со скоростью вращения 7200 об./мин. А 1999 г. фирма Hitachi преодолела 10 000-й барьер и выпустила винчестер SCSI со скоростью вращения дисков 12 000 об./мин. Сегодня наиболее производительные винчестеры имеют скорость вращения дисков 15 000 об./мин, но для большинства компьютеров используются диски со скоростью вращения 5400—7200 об./мин, которые имеют наиболее удачное соотношение цена/объем.

Форм-фактор

Физические размеры винчестеров стандартизированы параметром, называемым форм-фактором (*form-factor*) — табл. 11.2. Так, например, все HDD с форм-фактором 3,5" имеют стандартные размеры корпуса 41,4×101×146 мм. Накопители с форм-фактором 3,5" имеют несколько стандартных значений высоты (толщины): 2,6", 1", 3/4", 0,5". Но в компьютере обычно находится диск 3,5" высотой 1", размеры которого примерно соответствуют габаритам 3,5" FDD.

Как правило, сегодня во всех настольных PC применяются HDD с форм-фактором 3,5". HDD 2,5" обычно применяются для PC типа notebook, хотя иногда используются и в настольных компьютерах. Правда, в последнее время HDD с форм-фактором 2,5" стали популярны для внешних хранилищ информации, выполненных в виде малогабаритного блока размером с записную книжку, которые можно использовать точно так же как и популярные флэш-накопители.

Таблица 11.2. *Форм-факторы винчестеров*

Тип	Ширина, мм	Высота, мм	Длина, мм	Вес, кг
5,25"	146,1	41,40	203,0	1,7—1,9
3,5"	101,6	25,40	146,0	0,5
2,5"	70,1	19,05	101,9	0,2

Головки чтения/записи

Головки чтения/записи соответствуют рабочим головкам дисковода. Для каждого диска имеется пара таких головок, которые приводятся в движение и

позиционируются соленоидным приводом или иначе называемым приводом с подвижной катушкой, работающим по принципу звуковой катушки динамика (в старых винчестерах применялся шаговый двигатель). Все головки расположены "гребенкой". Позиционирование одной головки обязательно вызывает аналогичное перемещение и всех остальных, поэтому когда речь идет о логической структуре винчестера, обычно говорят о *цилиндрах* (Cylinder), а не о дорожках.

При выключении шпиндельного двигателя винчестера, после его полной остановки, головки ложатся на поверхность диска в так называемой зоне парковки. Когда диски начинают вращаться, головки отрываются от рабочей поверхности и "парят" над ней на высоте 0,08—0,5 мкм. Мнение, что внутри корпуса дисковода создается вакуум, является ошибочным, т. к. там, где есть вакуум, конечно же, не может быть воздушных подушек.

Вследствие большой скорости вращения диска и малого расстояния, на котором расположена головка от диска, частицы грязи представляют собой потенциальную угрозу разрушения материала носителя. Для сравнения: человеческий волос примерно в 25 раз толще, чем воздушная подушка под магнитной головкой (рис. 11.8). Для головки чтения/записи встреча с такими частицами сравнима с сильным ударом. Такая коллизия может привести к отклонению головки от своей "орбиты", касанию поверхности диска и его повреждению.

Рис. 11.8. Рабочий зазор головки

К тем же последствиям (повреждение головкой поверхности диска) могут привести вибрация или перемещение винчестера во время процесса чтения/записи. Поэтому внимательно следите за тем, чтобы привод был укреплен стабильно и установлен со всем необходимым крепежом.

Внимание!

Ни в коем случае не разбирайте винчестер. Это может быть сделано в абсолютно свободном от пыли помещении, которое обычно бывает только в фирменных лабораториях, где изготавливают жесткие диски.

Емкость винчестера во многом определяется плотностью записи данных на рабочей поверхности. Плотность записи зависит не только от качества рабочей поверхности и применения наиболее совершенного способа кодирования данных, а в первую очередь от магнитной головки. В табл. 11.3 приведены основные характеристики магнитных головок.

Таблица 11.3. *Основные характеристики магнитных головок*

Наименование	Технические особенности	Отличие от предшественника	Плотность записи
Ферритовые головки (1950—70-е гг.)	Сердечник на основе прессованного феррита с обмоткой	—	—
Головки с металлом в зазоре (MIG — Metal-In-Gap) (1980-е гг.)	Заполнение магнитным сплавом технологического зазора	Увеличение магнитной индукции в рабочем зазоре головки	—
Тонкопленочные головки (Thin Film — TF) (первая половина 1990-х гг.)	Уменьшение веса и габаритов за счет использования фотолитографического способа изготовления головок и применения новых материалов для сердечника	Увеличение магнитной индукции в рабочем зазоре головки. Уменьшение расстояния (до 0,03 мкм) от головки до рабочей поверхности	600—700 Мбит/дюйм^2
Магниторезистивные MR (вторая половина 1990-х гг.)	Включение в состав головки дополнительной обмотки, через которую протекает измерительный ток	Увеличение амплитуды выходного сигнала. Применяется только для чтения (для записи — TF-головка)	до 3 Гбит/дюйм^2

Таблица 11.3 (*окончание*)

Наименование	Технические особенности	Отличие от предшественника	Плотность записи
Магниторезистивные с гигантским магниторезистивным эффектом GMR	—	—	4,1—10 Гбит/дюйм^2

Головки перемещаются над поверхностью диска и устанавливаются на заданный цилиндр с помощью механизма, называемого *приводом головок*. В первых моделях винчестеров в качестве привода головок использовался шаговый двигатель, однако затем его сменил привод с подвижной катушкой. Катушка жестко соединяется с блоком головок и находится в поле постоянного магнита. При подаче на катушку электрического тока она перемещается под воздействием электромагнитных сил. Для точного позиционирования головок используется специальный сигнал обратной связи, в котором содержится информация о взаимном расположении дорожек и головок. Для этой цели на участках между информационными дорожками диска при изготовлении записываются специальные *сервокоды*, которые не изменяются в течение всего срока его эксплуатации.

В процессе работы современных винчестеров периодически (примерно 2 раза в час) осуществляется так называемая температурная калибровка (T-cal), при которой все головки поочередно переводятся с нулевого на другой цилиндр для оценки их смещения относительно результатов предыдущей калибровки. Вычисляются необходимые поправки и записываются в память винчестера.

Для защиты поверхности рабочего слоя диска большинство современных дисков имеют функцию автоматической парковки головок и *свипирования* (*sweep*) диска.

Автоматическая парковка головок заключается в том, что при включении и выключении PC головки устанавливаются по мере необходимости на определенный, чаще всего, последний цилиндр, где не содержатся данные. Эта парковочная позиция обозначается *Landing Zone* или сокращенно *L-Zone*. В винчестерах ранних выпусков нужно было устанавливать головки в парковочную позицию при помощи специальных утилит.

Если головка долгое время находится над одной и той же дорожкой, то это может привести к преждевременному износу дорожки и возможной потере дан-

ных вследствие воздушного трения. В этом случае осуществляется свипирование диска, т. е. головка автоматически перемещается на произвольную дорожку к краю диска, где линейная скорость диска максимальна, а следовательно воздушный зазор наибольший.

Фильтр

Внутри корпуса винчестера находится воздушная щель, которая снабжена микрофильтром для того, чтобы защитить материал дисков от пыли. Через эту воздушную щель выравнивается давление воздуха между дисководом и окружающей средой. Другой фильтр удаляет частицы, образующиеся в результате работы механических частей диска (рис. 11.9).

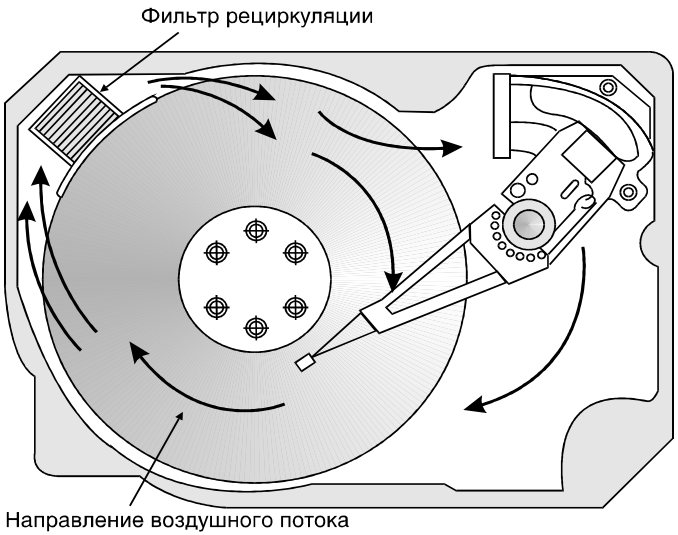


Рис. 11.9. Циркуляция воздуха в накопителе

Основные характеристики винчестеров

Основными характеристиками винчестеров, на которые следует обратить внимание при выборе устройства, являются:

- емкость
- быстродействие
- время безотказной работы

Емкость

Основным критерием для пользователя является емкость винчестера, т. е. максимальный объем данных, который можно записать на носитель.

Некоторые фирмы-производители обозначают емкость своих винчестеров не в мегабайтах, а в миллионах байтов. При этом в качестве единиц измерения указывается "MB", что можно трактовать по-разному. Помните, что 1 Мбайт равен не 1 000 000 байт, а 1024 □ 1024 = 1 048 576 байт, 1 Гбайт равен не 1 000 000 000 байт, а 1024 □ 1024 □ 1024 = 1 073 741 824 байт. Кроме того, может быть указана как форматированная, так и неформатированная емкость (последняя, конечно же, больше).

Пользователи стараются покупать как можно больше гигабайт, но при покупке диска емкостью более 100 Гбайт необходимо выяснить, поддерживает ли ваш BIOS такие винчестеры. Это прежде всего относится к владельцам старых материнских плат. Если при установке винчестера емкостью в несколько сотен гигабайт ваш PC его "не увидит", то необходимо либо "перепрошить" BIOS, либо установить плату дополнительного контролера HDD.

Быстродействие

Среднее время доступа

Одним из основных показателей быстродействия является среднее время доступа. Это время, которое требуется накопителю для того, чтобы начать обмен данными после получения запроса от контроллера. Любая прикладная программа, которая часто обращается к данным на диске (например, база данных), будет работать гораздо эффективнее, если винчестер имеет малое время доступа.

Среднее время доступа определяется тем, как организовано хранение данных на диске и насколько быстро перемещаются головки чтения/записи. Среднее время доступа современных винчестеров составляет около 7—10 мс.

Среднее время доступа складывается из среднего времени поиска и среднего времени ожидания.

Максимальное время доступа (*Maximum Seek Time*) измеряется как интервал времени, который необходим гребенке с головками, чтобы однократно переместиться по всей поверхности диска (с первой дорожки на последнюю).

Среднее время поиска

Время, которое необходимо винчестеру, чтобы переместить всю гребенку с головками от одного цилиндра к следующему. Эту величину называют средним временем поиска, или временем позиционирования головки на дорожке (*Average Seek Time*). Для того чтобы определить среднее время поиска, изготовители проверяют свои винчестеры с помощью многочисленных тестов, выполнив серию операций поиска случайно выбранных дорожек, а затем разделив общее время поиска на количество операций. Для современных винчестеров значение этого параметра составляет менее 4—7 мс.

Среднее время ожидания

После того как контроллер инициирует перемещение головок, они начинают перемещаться к соответствующему цилиндру. В идеальном случае под головкой сразу окажется нужный сектор, в наихудшем случае будет необходимо сделать целый оборот диска. Время, необходимое для подхода нужного сектора к головке, называется временем ожидания, а усредненное его значение — *средним временем ожидания* (*Average Latency Time*).

Среднее время ожидания современных винчестеров составляет 3 мс и менее.

Скорость передачи данных

Скорость передачи данных предлагается в качестве второго параметра для оценки производительности винчестера. Время доступа характеризует только скорость позиционирования головки, а то, как быстро эта информация считывается, зависит от таких характеристик винчестера, как количество байт в секторе, количество секторов на дорожке и, наконец, от скорости вращения дисков.

Зная перечисленные параметры, можно определить максимальную скорость передачи данных (*Maximum Data Transfer Rate, MDTR*) по следующей формуле:

$$\mathrm{MDTR} = \mathrm{SRT} \times 512 \times \mathrm{RPM}/60 \text{ (байт/с)},$$

где SRT — количество секторов на дорожке; RPM — скорость вращения дисков, об./мин.

Время безотказной работы

В описаниях накопителей указывается такой параметр, как *среднестатистическое время между сбоями* (Mean Time Between Failures, MTBF), характери-

зующее надежность устройства, которое обычно составляет 20 000—500 000 часов, но может равняться и 1 млн часов. Эти значения являются расчетными (ожидаемыми) с известной вероятностью, а для получения достоверных данных о надежности устройства необходимо протестировать группу одинаковых накопителей и подсчитать количество отказов за время, превышающее, как минимум, в два раза ожидаемое значение MTBF. Нетрудно вычислить, что при круглосуточной работе компьютера в течение года его наработка составит 8760 часов. Таким образом, для подтверждения заявленных 500 тыс. часов безотказной работы понадобится примерно 57 лет. Из вышесказанного можно сделать вывод: показатель MTBF далеко не всегда соответствует реальной надежности устройства.

Как показывает опыт, если накопитель на жестких дисках безотказно работает на протяжении первого гарантийного месяца, то он будет также безотказно работать до полного своего морального устаревания. Однако известны случаи, когда безотказно работавший в течение полугода накопитель вдруг начинал сбоить, а его производительность — ухудшаться. Причина этого была выявлена: оказалось, что многие фирмы-производители выпускают накопители на жестких дисках для использования их в качестве резервных устройств архивирования данных (т. е. накопителей *Slave*). Гарантийное время безотказной работы таких накопителей значительно меньше, т. к. они рассчитаны на меньшее число операций чтения/записи (стоимость их также ниже).

В большинстве современных накопителей на жестких дисках гермоблоки комплектуются противоударной подвеской. Между корпусом накопителя и монтажным каркасом устанавливаются специальные прокладки из эластичной резины (или полимерного материала), компенсирующие (частично или полностью) удары и вибрацию.

Одной из причин сокращения срока службы дисков является высокая температура среды. Как уже говорилось в других главах, для электроники, а также для отдельных механических частей высокие температуры чрезвычайно вредны. Никогда не устанавливайте PC вблизи источников тепла. Если вы принесли винчестер с улицы, где температура была ниже +10 °C, не торопитесь вскрывать заводскую упаковку, т. к. в этом случае из-за конденсата могут быть повреждены поверхность диска и механические части.

Кэш-память винчестера

Под термином *кэш-память* в данном случае подразумевается не буфер оперативной памяти PC, организованный программным путем, а фактически

имеющиеся ячейки памяти в контроллере винчестера. Эта кэш-память может существенно влиять на скорость работы винчестера, т. к. она в состоянии хранить прочитанные с упреждением данные, которые с высокой вероятностью понадобятся процессору. Для современных винчестеров ее объем составляет от 2 до 32 Мбайт.

Логическая структура жесткого диска

Подобно дискетам жесткий диск делится на дорожки и секторы (рис. 11.10). Каждая дорожка однозначно определяется номером головки и порядковым номером на диске относительно внешнего края. Секторы идентифицируются своим порядковым номером относительно начала дорожки. Нумерация секторов на дорожке начинается с единицы, а головок и цилиндров — с нуля.

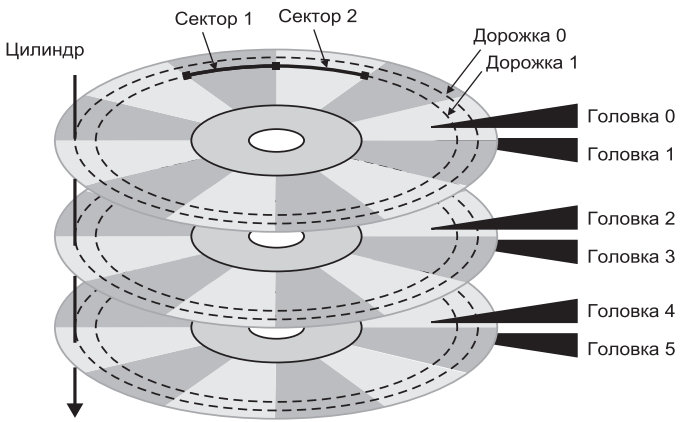


Рис. 11.10. Разбиение HDD на дорожки и секторы

Количество секторов может быть различным (от 17 до 150) в зависимости от типа накопителя. Каждый сектор содержит некоторую служебную информацию и данные. Обычно объем сектора составляет 571 байт. В начале каждого сектора записывается заголовок (*Prefix portion*), по которому определяется начало сектора и его номер, а в конце сектора (*Suffix portion* — заключение сектора) содержится контрольная сумма, необходимая для проверки целостности данных. Между заголовком и заключением сектора находится область данных объемом 512 байт (для DOS). Запись информации на дорожках осу-

ществляется не постоянным потоком, как в бытовых магнитофонах, а блоками по 512 байт.

Число дисков, головок и дорожек винчестера устанавливается изготовителем, исходя из свойств и качества дисков. Изменить эти характеристики нельзя. Количество секторов на диске зависит от метода записи, а плотность — от носителя: чем лучше материал диска, тем плотнее могут быть записаны на нем данные. Современные винчестеры содержат до 150 секторов на дорожке.

Зная эту величину, всегда можно рассчитать общий объем памяти HDD. Формула поясняет это:

$$\text{Общий объем (байт)} = C \times H \times S \times 512 \text{ (байт)},$$

где C — количество цилиндров; H — количество головок; S — количество секторов.

Однако эта общая емкость в значительной степени ограничивается логической структурой дисков. Здесь требуется (как и в случае дискет) некоторая дисковая память, необходимая для управления размещением данных. У дисков объемом 200 Мбайт это различие между емкостью "нетто" и "брутто" может составлять несколько процентов.

Описанное выше форматирование диска называется *низкоуровневым* (Low Lewel) и для современных винчестеров выполняется только на заводе.

Interleave

При вращении диска головка полностью считывает 512-байтный сектор и посылает данные в контроллер, откуда они передаются процессору. Тем временем диск продолжает вращаться, предлагая головке следующий сектор, а контроллер все еще занят обменом данными с процессором. Поэтому для того чтобы прочитать следующий сектор, головка должна ожидать полного оборота диска.

Для увеличения производительности в дисках первых выпусков данные были организованы так, что секторы располагаются не последовательно, а в другом порядке, определяемом Interleave-фактором (рис. 11.11). При этом при позиционировании головки контроллер имеет достаточно времени для передачи информации без лишнего оборота диска.

В современных винчестерах параметр *Interleave*, или как его еще называют *Interleave-фактор*, не играет заметной роли, т. к. контроллеры HDD работа-

ют по другому принципу. Для организации непрерывного чтения секторов данные считываются из нескольких секторов (так сказать, "с подозрением" на их необходимость) и запоминаются в буфере, откуда впоследствии они могут быть извлечены.

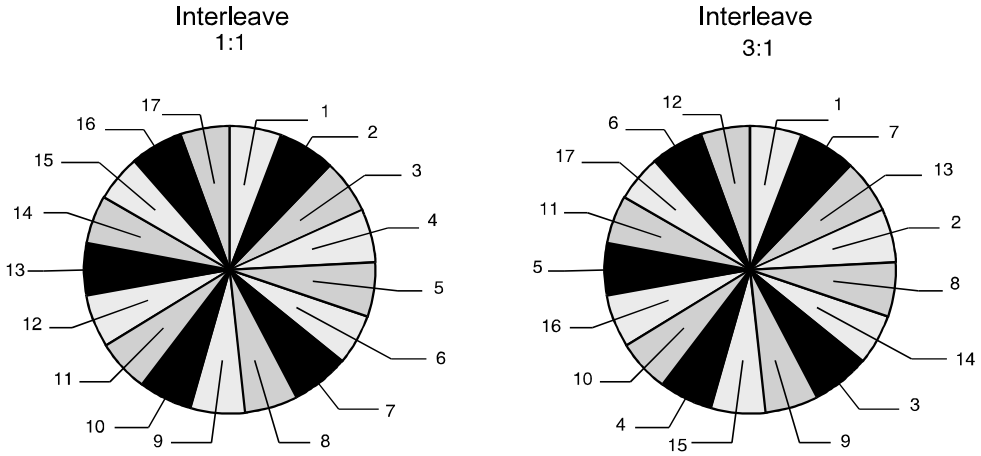


Рис. 11.11. Размещение секторов при Interleave-факторах 1 и 3

Форматирование винчестеров

После установки нового диска и объявления его в CMOS Setup сам накопитель вам еще не доступен. PC "знает", какие жесткие диски установлены, но для операционной системы они пока отсутствуют. Для того чтобы операционная система "видела" диск и загружалась с него, необходимо выполнить следующие четыре операции:

1. Отформатировать диск на низком уровне или провести физическое форматирование (только для старых моделей HDD).
2. Разбить диск на разделы.
3. Отформатировать диск на высоком уровне (отформатировать разделы).
4. Скопировать операционную систему на диск, чтобы диск стал загрузочным.

Кратко опишем эти операции.

Форматирование низкого уровня

При форматировании на низком уровне формируется логическая структура диска. Дорожки разделяются на секторы и для каждого сектора записывается служебная информация. Область данных обычно заполняется значением 0E6. Такое форматирование чаще всего выполняет изготовитель. Для этого необходимы специальные программные средства (например, Speed Store или Disk Manager) или определенные команды DOS. В состав некоторых BIOS входит программа для низкоуровневого форматирования, которую можно вызвать через CMOS Setup.

> ***Внимание!***
>
> При выполнении низкоуровневого форматирования вся информация на диске будет уничтожена. Низкоуровневое форматирование современных винчестеров пользователями в обычных условиях не выполняется, т. к. может привести к выходу винчестера из строя.

Метод зонно-секционной записи

Во всех современных винчестерах используется так называемая зонно-секционная запись, т. к. дорожки, расположенные ближе к центру, короче дорожек, расположенных ближе к краю диска. Вследствие этого плотность на внутренних дорожках выше, чем на внешних, и полезная емкость винчестера используется неэффективно.

Для компенсации различной плотности записи используется *метод зонно-секционной записи* (Zone Bit Recording). Суть метода заключается в том, что все рабочее пространство магнитного диска делится на зоны: 8 и более. В самой младшей зоне, т. е. на дорожке, которая расположена дальше всех от центра диска, содержится большее количество секторов (обычно 120—96). К центру диска количество секторов уменьшается, достигая в самой старшей зоне 64—56.

Разбиение на разделы

При разбиении диска на разделы в первый сектор записывается специальная программа, необходимая для загрузки операционной системы, и *таблица разбиения* (Partition Table, PT), в которой содержится информация о разделе.

Этот сектор называется *главным загрузочным сектором* или *главной загрузочной записью* (Master Boot Record, MBR).

Винчестер можно разделить на несколько (не более четырех) независимых частей, называемых разделами. Каждый раздел может быть выделен какой-либо операционной системе (например, DOS/Windows, Linux, Solaris), и в нем создана файловая система, соответствующая операционной системе.

В силу традиций различают три типа разделов:

- первичный раздел DOS
- расширенный раздел DOS
- раздел не-DOS

На винчестере может быть сформирован один *первичный раздел* DOS (Primary partition), один *расширенный раздел* DOS (Extended partition) и несколько разделов не-DOS (рис. 11.12).

Чтобы можно было работать в среде DOS или Windows 95/98, наличие первичного раздела DOS обязательно. В нем создается единственный логический диск (обычно с именем C:).

Расширенный раздел DOS является необязательным. Такой раздел может быть разбит на один или несколько логических дисков, которым назначаются различные имена.

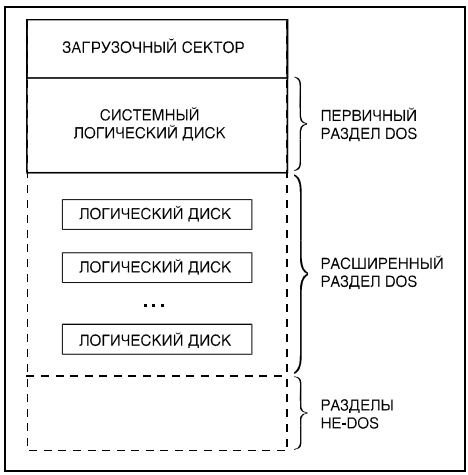


Рис. 11.12. Логическая структура винчестера

Разбиение на разделы выполняется специальной программой, вызываемой командой FDISK, которая входит в стандартную поставку DOS и Windows (начиная с Windows XP, для формирования разделов и форматирования используется подсистема **Управление дисками**).

Командой FDISK осуществляется описанное выше конфигурирование винчестера, т. е. его разбивка на разделы и формирование в разделах логических дисков. Реализующая эту команду программа работает в интерактивном режиме и выполняет функции, перечисленные далее.

- Создание первичного раздела DOS и логического диска на нем. Создание расширенного раздела DOS.
- Формирование логических дисков в расширенном разделе DOS.
- Установка или смена активного раздела, т. е. раздела, с логического диска которого будет осуществляться загрузка операционной системы после включения питания PC, нажатия кнопки Reset или клавиш <Ctrl>+<Alt>+<Del>.
- Удаление логических дисков и разделов DOS, а также некоторых типов разделов не-DOS, что обеспечивает возможность реконфигурирования винчестера.
- Отображение информации о конфигурации (разбивка на разделы и логические диски) винчестера.
- Конфигурирование другого винчестера, если таковой в PC имеется.

Кластеры

В качестве одного элемента адресации на диске используется кластер, объединяющий несколько секторов. Кластеры стали использовать с выходом файловой системы FAT16, исторически являющейся самой старой файловой системой с 16-разрядной адресацией. Для файловой системы FAT максимально возможное количество кластеров на одном логическом диске не превышает 65 536, и максимальный размер одного кластера — 32 Кбайт. Если посчитать, то максимальный размер логического диска составляет 2 Гбайт.

Один из главных недостатков файловых систем FAT — это большой размер кластера. Дело в том, что при кластере 32 Кбайт файл размером 1 байт займет на диске 32 Кбайт. Теоретически можно заполнить файлами размером 1 байт каждый логический диск емкостью 2 Гбайт 65 536, хотя физически диск будет практически пустой.

Соотношения размеров раздела и кластера для FAT16 приведены в табл. 11.4.

Таблица 11.4. *Соотношения между размером раздела диска и размером кластера на диске для FAT16*

Размер раздела, Мбайт	Размер кластера, Кбайт
Менее 128	2
128–256	4
256—512	8
512—1000	16
Более 2000	32

Попытка отказаться от ограничений классической FAT и видоизменить ее была предпринята корпорацией Microsoft в версии Windows 95 OEM Service Release 2.

В этом варианте Windows 95 таблица размещения файлов стала 32-разрядной (FAT32). Из 32 бит 4 были зарезервированы. Таким образом, максимальный размер раздела в этом варианте становится 2 Тбайт (2048 Гбайт), а раздел в 8 Гбайт получает кластер размером всего 4 Кбайт, и корневой каталог диска не имеет фиксированного размера, что снимает ограничения на количество файлов и каталогов в корневом каталоге. При этом приложения DOS не могут работать с файлами объемом более 2 Гбайт, а 32-разрядные приложения Windows могут работать с файлами объемом до 4 Гбайт.

Соотношения размеров раздела и кластера для FAT32 приведены в табл. 11.5.

Таблица 11.5. *Соотношения между размером раздела диска и размером кластера на диске для FAT32*

Размер раздела, Гбайт	Размер кластера, Кбайт
3—8	4
9—16	8
17—32	16
Более 32	32

Для операционной системы Windows NT была разработана файловая система NTFS, которая теперь применяется во всех современных операционных системах Windows XP/Vista. Существует несколько ее модернизаций. Техническая информация о файловой системе NTFS корпорацией Microsoft не раскрывается, поэтому сторонние разработчики используют реинжиниринг, чтобы обеспечить совместимость своих разработок с ОС Windows. Например, разработчики операционной системы Linux провели большую работу, и сегодня из ОС Linux можно корректно работать с данными, которые расположены на разделах NTFS.

Форматирование высокого уровня

При форматировании высокого уровня операционная система создает структуру для работы с файлами. В каждый раздел заносится *загрузочный сектор тома* (Volume Boot Sector, VBS), *таблица размещения файлов* (FAT), *корневой каталог* (ROOT Directory) и формируется область данных.

В настоящее время чаще используются файловые системы:

- FAT (*File Allocation Table*) — в ОС DOS, OS/2, Windows 95/98/2000/NT;
- NTFS (*Windows NT File System*) — в ОС Windows NT/XP/Vista.

Для примера разберем организацию данных в файловой системе FAT (рис. 11.13). В отличие от NTFS, в файловой системе FAT все дисковое пространство разбивается на кластеры, которые представляют собой объединение нескольких секторов. Размер кластера определяется в зависимости от объема дискового пространства.

Таблица разделов (PT) состоит из четырех разделов. Операционные системы DOS и Windows используют только два первых раздела, в которых содержится информация о головках, дорожках и секторах раздела, общем количестве секторов в разделе, типе файловой системы и т. п.

В загрузочном секторе тома (VBS) содержится описание файловой системы: размер кластера, размер, количество и тип FAT и др.

Корневой каталог (ROOT Directory) включает описания файлов, расположенных на диске: их имена, типы, даты создания и изменения, атрибуты, размер и др. Кроме того, в него входит указатель на первый кластер файла. Каталоги в корневом каталоге описываются как файлы. Также корневой каталог содержит указатель на первый кластер самого корневого каталога и на первый кластер родительского каталога.

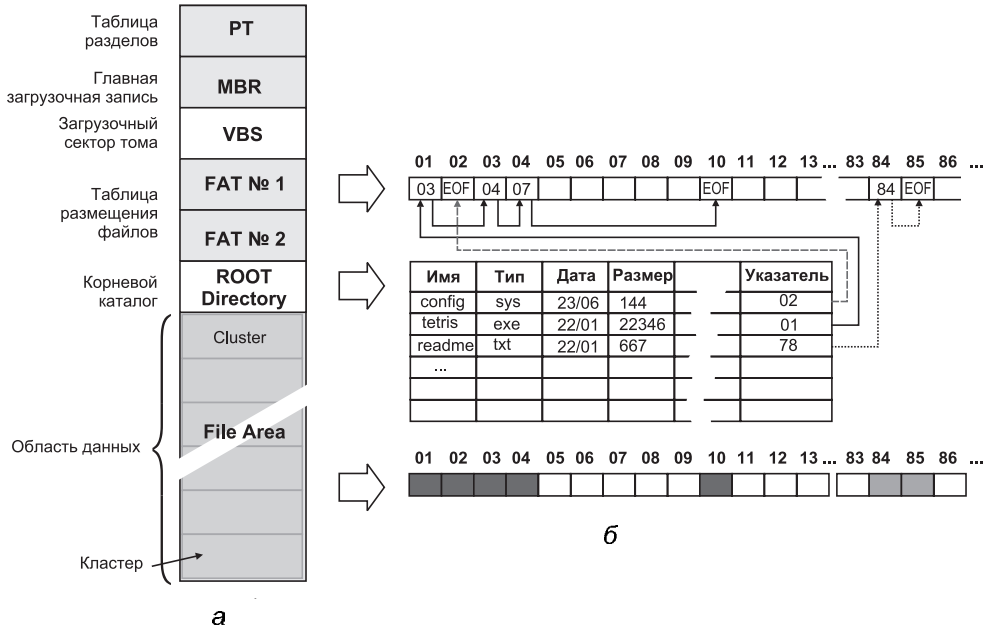


Рис. 11.13. Файловая система FAT

В таблице размещения файлов (FAT) имеется информация о связях между кластерами, в которые записан файл.

Параметры винчестеров в CMOS Setup

При конфигурировании винчестера нужно корректно установить его параметры в CMOS Setup. Типовые параметры в AMI BIOS приведены в табл. 11.6.

Таблица 11.6. *Типовые параметры винчестера в CMOS Setup AMI BIOS*

	Cyln	Heads	WPCom	Lzone	Sectors
Disk C: Type 47	1023	15	0	0	43
Disk D: Type	Not Installed (Не установлен)				

С некоторыми из этих параметров вы уже знакомы: цилиндры (`Cyln`), головки (`Heads`) и секторы (`Sectors`). Их значения определяют емкость диска и мо-

гут задаваться пользователем. Параметр `Size` недоступен для редактирования в CMOS Setup, и его значение зависит от установленных значений вышеуказанных параметров.

CMOS Setup современных BIOS содержит опцию, называемую *Автоматическим определением типа винчестера* (Auto Detect Hard Disk). Чаще всего BIOS определяет тип диска как 47 (`Users` — пользовательский). Отсюда можно узнать параметры винчестера.

> ***Внимание!***
>
> После того как параметры диска изменены в CMOS Setup, необходимо заново разбить диск на разделы и отформатировать его. Помните, что тогда все данные на диске теряются, поэтому переустановка параметров HDD имеет смысл, когда новый диск еще не заполнен информацией.

SCSI-диски в Setup PC объявляются как Not Installed. Для управления SCSI HDD предназначен отдельный BIOS SCSI-адаптер.

Параметр L-Zone (Landing Zone — зона автопарковки) определяет номер цилиндра (чаще всего последнего на диске), на котором паркуется головка чтения/записи при выключении PC.

Параметр WPCom означает компенсацию при записи (Write Precompensation). Необходимость подобной компенсации объясняется механической конструкцией диска: чем ближе к оси вращения находится головка чтения/записи, тем меньше скорость вращения диска относительно головки. С помощью параметра WPCom устанавливается номер цилиндра, начиная с которого включается компенсация этого времени.

Маркировка винчестеров

На корпус винчестера обычно наклеена этикетка с номером модели. К сожалению, единая маркировка для винчестеров различных производителей отсутствует. Если есть необходимость узнать подробнее о винчестере по его маркировке, то следует обратиться на сайт производителя, где есть исчерпывающая техническая информация.

Кроме того, рекомендуется найти описание семейства моделей вашего HDD, где будет указано назначение и область применения данного вида продукции. Сегодня группы HDD могут различаться по назначению: в качестве загрузочного (системного) или архивного, для видеомагнитофонов и систем хранения

видеоинформации, и т. д. Соответственно, каждая группа при одних и тех основных технических характеристиках (объем, скорость, интерфейс) может иметь различные характеристики по надежности, гарантийному сроку работы и т. д.

Интерфейсы винчестеров

Для подключения винчестеров в компьютерах используются около десятка различных типов интерфейсов обмена информацией и подключения питания. Но в настоящее время на рынке предлагаются, в основном, три несовместимых друг с другом интерфейса SATA, IDE и SAS, которые в свою очередь имеют различные модификации.

Наиболее "древний" интерфейс — это 16-разрядный параллельный *интерфейс IDE* (Integrated Drive Electronics), он же — AT-BUS, *ATA* (AT Attachment) и его модернизации Ultra ATA с различными тактовыми частотами: 66, 100 и 133 МГц. Интерфейс IDE за почти двадцатилетнюю историю практически не изменился, оставаясь укороченной версией системной шины IBM PC AT, и лишь периодически подвергался модернизации для увеличения скорости обмена между винчестером и системной платой. На рис. 11.14, *а* показана одна из моделей винчестеров с интерфейсом IDE.

В настоящее время стал популярным новый тип интерфейса — последовательный Serial ATA или иначе SATA. Переход на последовательный интерфейс вызван, в первую очередь, проблемами с синхронизацией параллельных сигналов интерфейса, т. к. простейший протокол обмена через интерфейс IDE не обеспечивает надежную передачу данных на высоких тактовых частотах. На рис. 11.14, *б* показана одна из моделей винчестеров с интерфейсом SATA.

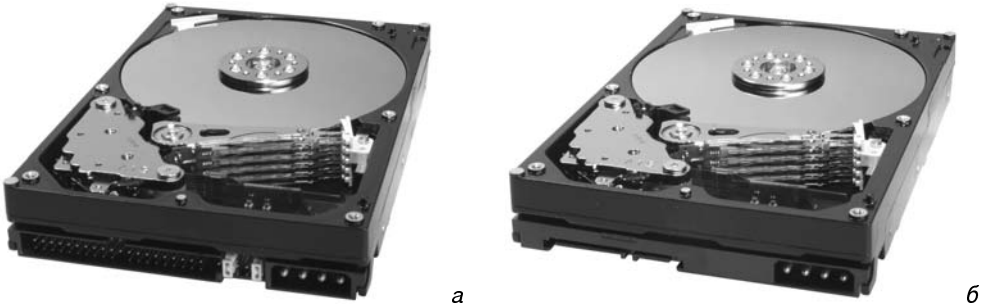
Последовательный интерфейс SATA положил конец всем тем проблемам, которые свойственны интерфейсу IDE. В первую очередь это согласование производительности и разрядности шины PCI и накопителей на жестких магнитных дисках. Кроме того, внутреннее пространство в корпусе персонального компьютера кардинально освобождается от двух IDE-шлейфов, которые создают массу хлопот — их сложно подключать, т. к. приходится работать на ощупь, а большие размеры мешают нормальному охлаждению процессора и микросхем, установленных на системной плате, и т. п.

Немаловажным достоинством интерфейса SATA является и то, что уменьшаются габариты разъемов. В совокупности со всем остальным это позволяет

начать действительно реальный процесс сокращения габаритов системных блоков персональных компьютеров. Сравнение внешнего вида разъемов двух стандартов показано на рис. 11.15.

Примечание

Можно отметить, что в 2008 г. интерфейс SATA практически полностью победил своего предка интерфейс IDE в новых компьютерах. Соответственно, винчестеры с интерфейсом IDE имеет смысл покупать только для модернизации старых компьютеров.



а *б*

Рис. 11.14. Винчестеры корпорации Hitachi с интерфейсом (гермоблок открыт): *а* — IDE; *б* — SATA

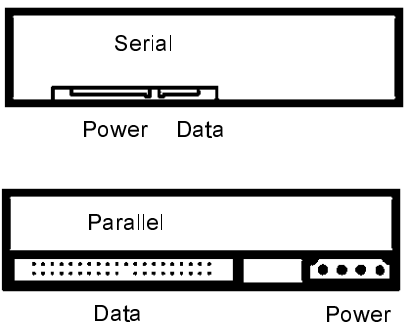


Рис. 11.15. Сравнение стандартов IDE и SATA

Для подключения внешних винчестеров (точнее, обычных винчестеров за пределами корпуса компьютера) выпускаются самые разнообразные переходники интерфейсов и боксы для винчестеров, которые позволяют преобразовать интерфейсы IDE и SATA в интерфейсы eSATA, USB и FireWare. Наиболее интересен интерфейс eSATA, который позволяет подключать

винчестер к компьютеру, сохраняя возможность использования специальных служебных функций для обслуживания винчестеров. Два последних варианта с интерфейсами общего назначения позволяют использовать обычный винчестер в качестве внешнего накопителя, но, как думается, желательно иногда подключать такой винчестер к шинам компьютера для диагностики и проверки поверхности пластин.

Интерфейс IDE

Спецификация IDE определяет, что на системной плате устанавливается контроллер IDE-интерфейса с двумя одинаковыми каналами, к каждому из которых можно подключить до 2 равноправных устройств. Таким образом, в персональном компьютере может одновременно работать до 4 винчестеров (или любых других устройств с IDE-интерфейсом, а также с интерфейсом ATAPI (ATA Package Interface), являющимся еще одной модернизацией интерфейса IDE). Заметим, что для увеличения количества подключаемых IDE-устройств можно использовать дополнительные платы IDE-контроллеров, устанавливаемые в слот PCI.

В последнее время на современных системных платах устанавливается только один разъем для IDE-интерфейса, что обусловлено переходом на использование более производительного последовательного интерфейса SATA (Serial ATA).

До скорости передачи данных в 33 Мбайт/с включительно для IDE-интерфейса применяется 40-жильный плоский кабель. При желании использовать стандарты Ultra ATA/66, Ultra ATA/100 и Ultra ATA/133 надо заменить 40-жильный кабель на 80-жильный (рис. 11.16).

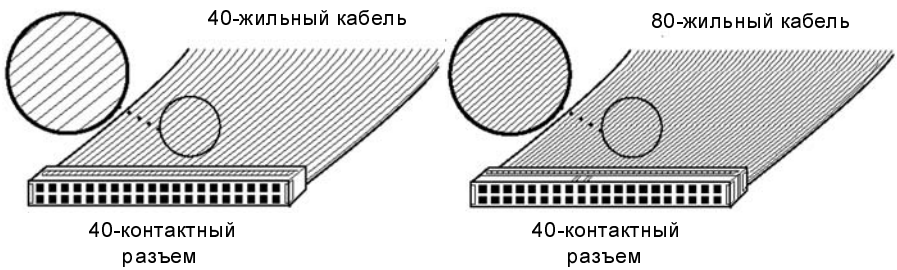


Рис. 11.16. 40- и 80-проводные шлейфы для винчестеров

Рис. 11.17. Кабель интерфейса IDE

Для интерфейса IDE используется кабель с 40-контактными разъемами (рис. 11.17) и длиной не более 46 см (18 дюймов). Практически всегда на нем установлено 3 разъема — один для подключения к системной плате и два для IDE-устройств.

Каких-либо перекруток проводов не используется!

Следует обратить внимание, что на 80-жильном кабеле также устанавливаются 40-контактные разъемы, а дополнительные 40 проводников заземляются внутри разъема.

Интерфейс SATA

Для замены устаревшего интерфейса IDE в персональных компьютерах была организована группа разработчиков, которая выпустила в 2001 г. первую версию спецификации интерфейса SATA 1.0. Но внедрение этого интерфейса для жестких дисков вначале шло довольно туго, тут и сложности перехода на новую архитектуру разработчиков как чипсетов, так и периферийного оборудования, а также излишне коммерческий подход группы SATA к своему детищу. Но, к счастью, после некоторого периода знакомства с ним разработчиков и потребителей интерфейс SATA начал победное наступление: и уже к концу 2008 г. практически вытеснил интерфейс IDE и начал успешно конкурировать с другими аналогичными последовательными интерфейсами. Правда, для этого разработчикам пришлось поработать, выпустив вторую версию спецификации SATA и начать работу над третьей версией. Официальный сайт разработчиков интерфейса SATA расположен по адресу **http://www.sata-io.org**.

Примечание

Следует отметить, что внедрение интерфейса SATA шло не так гладко, как хотелось бы, в результате первые реализации в железе этой технологии оказались с рядом проблем, которые проявились после начала эксплуатации устройств с этим интерфейсом. В частности, если системная плата выпущена примерно до 2007 г., то для подключения к ней винчестера с интерфейсом SATA лучше использовать дополнительную плату с SATA-интерфейсом для слота PCI. Например, использование встроенного на системной плате интерфейса SATA первых реализаций может привести к появлению bad-блоков и к необходимости переформатирования дискового пространства. Эта оговорка касается реализации SATA-интерфейса версии 1.0.

На конец 2008 г. существуют две версии интерфейса SATA — SATA 1 и SATA 2, и готовится к старту версия SATA 3. По аналогии с обозначением с интерфейсом IDE для обозначения версий интерфейса SATA можно встретить следующие варианты: SATA/150, SATA/300 и SATA/600. Правда, разработчики требуют не использовать приведенные выше самодельные обозначения версий интерфейса SATA, а использовать варианты: SATA 3 Мбит/с для второй версии и SATA 6 Мбит/с для будущей версии.

Первая версия интерфейса SATA была рассчитана на работу 1,5 Гбит/с, а т. к. использовалось кодирование как в интерфейсе COM (на один байт два дополнительных служебных бита), то получалось 150 Мбайт/с (SATA/150). Разница между уровнями логических сигналов в новом интерфейсе всего 0,5 В, что позволяет использовать современные технологии производства интегральных микросхем.

Производительность интерфейса SATA оказалась примерно как для UDMA/133. Но поскольку на шлейфе может находиться только одно устройство, а не два, как для IDE, то реальный результат использования интерфейса SATA чуть ли не в два раза превосходит интерфейс IDE, тем более что вариант UDMA/133 не так часто встречался (плюс проблемы правильной настройки работы режима UDMA).

В дальнейшем после исправления мелких ошибок в протоколе и увеличения скорости работы, была выпущена спецификация интерфейса SATA 3 Гбит/с, позволившая увеличить скорость работы примерно в два раза. Новая спецификация сохранила в неизменном виде для пользователей конструкцию разъемов и кабелей. Устройства с новым протоколом полностью совместимы с предыдущей версией, но для ряда винчестеров с интерфейсом SATA/300 необходимо вручную переключать джампер на корпусе, чтобы устройство могло работать с системными платами, разработанными для интерфейса

SATA/150. Если этого не сделать, то новый винчестер не будет увиден BIOS системной платы.

В 2009 г. появились устройства с третьей версией протокола SATA, в которой скорость передачи данных увеличена до 6 Гбит/с. Кроме увеличения скорости в новой версии вводятся новые функции, в частности, улучшена система управления питанием.

Примечание

Кроме данных по интерфейсу SATA передаются и служебные сигналы. В частности, протокол SATA поддерживает функцию S.M.A.R.T., которая обеспечивает раннее выявление дефектных секторов и замену их на резервные. Еще одним плюсом для интерфейса SATA стала система контроля достоверности передаваемых данных, которой не было в интерфейсе IDE.

На рис. 11.18 показано, как подключаются устройства с последовательным интерфейсом SATA. Вместо громоздкого плоского кабеля с 80 проводниками используется тонкий коаксиальный провод длиною до 1 м, по которому данные передаются в виде отдельных битов с разницей в уровнях напряжения всего 0,5 В. Назначение контактов информационного разъема SATA для версий 1 и 2 показано на рис. 11.19. Кабели интерфейса SATA могут иметь различные комбинации разъемов, показанные на рис. 11.20.

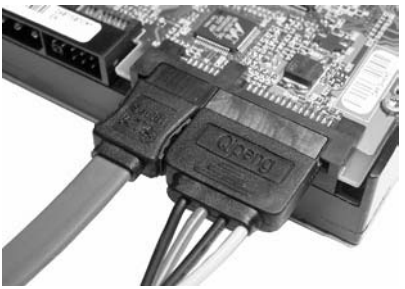
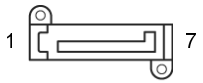


Рис. 11.18. Подключение устройств с интерфейсом SATA

Интересно, что, наконец, подвергся модификации разъем питания (рис. 11.21, *б*), в котором предложено использовать 5 линий (дополнительное напряжение 3,3 В предназначено для будущих устройств, которые, возможно, появятся). Назначение контактов разъема питания SATA показано на рис. 11.21, *а*. Как показала практика, новый разъем питания не так удобен,

как хотелось бы, поэтому выпускаются переходники для подключения питания от разъемов типа MOLEX (рис. 11.21, *в*).



Контакт	Назначение
1	GND
2	TXP
3	TXN
4	GND
5	RXN
6	RXP
7	GND

Рис. 11.19. Назначение контактов информационного разъема SATA на системной плате

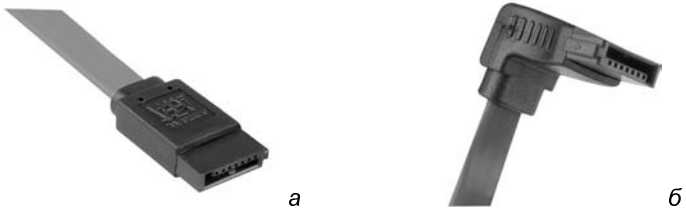


Рис. 11.20. Варианты выполнения разъемов SATA

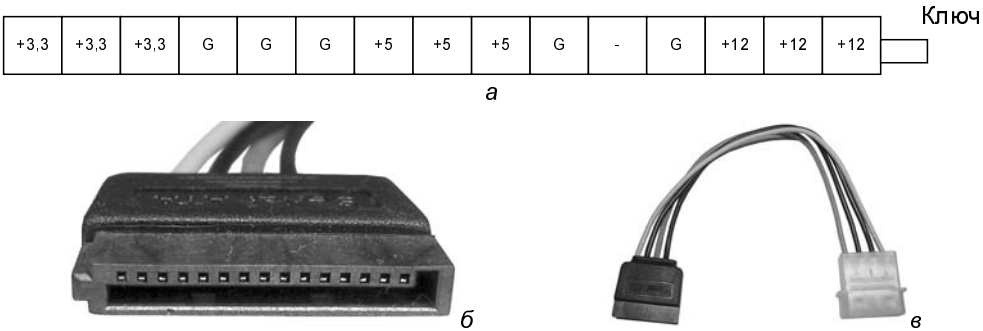


Рис. 11.21. Питание SATA-устройств:
а — назначение контактов в разъеме питания кабеля SATA;
б — разъем питания; *в* — переходник с разъема Molex

Также можно встретить винчестеры с двумя типами разъемов питания MOLEX и SATA (рис. 11.22), правда, тут возможны проблемы для некоторых ранее выпущенных винчестеров, причем довольно странные, например, если винчестер был отформатирован с подключением питания через разъем

MOLEX, то при подключении питания через SATA он не будет доступен BIOS. Кроме того, нельзя подключать питание одновременно к разъему MOLEX и SATA, чтобы вывести из строя плату контроллера винчестера.

Рис. 11.22. Винчестер с интерфейсом SATA и дополнительным разъемом питания Molex

Обратите внимание, что "стандарт" SATA "усиленно" модернизируется, соответственно, читайте документацию на системную плату и винчестер, если хотите получить максимальную производительность. Желательно, если будет использоваться вариант интерфейса SATA2 для винчестера, привода компакт-дисков и системной платы.

Интерфейс eSATA

Интерфейс eSATA (External SATA) — это доработка интерфейса SATA для подключения внешних устройств с возможностью "горячей замены". На момент написания этих строк eSATA используется, в основном, для подключения внешних винчестеров, хотя выпускается огромное количество самых разнообразных аксессуаров (переходников под разные устройства и интерфейсы). Интерфейс eSATA практически полностью повторяет по характеристикам интерфейс SATA, но для улучшения работы с внешними устройствами увеличены уровни логических сигналов увеличена возможная длина кабеля до 2 м и т. д.

Разъемы интерфейса eSATA (тип I) очень похожи на аналогичные для интерфейса SATA (тип L), и их легко спутать на первый взгляд, но основное отличие в том, что нет ключа под углом 90□. На рис. 11.23 показан кабель-

ный разъем eSATA. Для возможности многократной коммутации разъема была усилена конструкция его корпуса. При использовании интерфейса eSATA следует помнить, что количество подключений информационного разъема не такое большое и составляет порядка 9000 циклов. Для выравнивания электрических потенциалов при подключении разъема часть контактов выдвинута вперед, что позволяет включать питание на схемы управления чуть раньше, чем будет подключена информационная шина.

Рис. 11.23. Кабельный разъем eSATA

Примечание

Так как спецификация интерфейса eSATA вышла (в 2004 г.) значительно позднее появления интерфейса SATA, то ряд первых системных плат с интерфейсом SATA комплектовался внешним разъемом SATA для подключения винчестеров.

В первой редакции интерфейса eSATA оговаривается, что питание на устройство подается от внешнего источника, и только в будущей редакции планируется питание по одному кабелю. Для примера на рис. 11.24 показан бокс для винчестера, который снабжен интерфейсами eSATA и USB. Питание подается от отдельного источника питания. Можно отметить, что выпускается просто огромное число самых разнообразных боксов для винчестеров, в том числе в виде малогабаритных конструкций, например в виде портмоне.

Рис. 11.24. Бокс для винчестера с интерфейсами eSATA и USB компании Sharkoon

В компьютерах, где нет выхода интерфейса eSATA, можно использовать дополнительные платы, как показано на рис. 11.25.

Рис. 11.25. Карта с интерфейсом eSATA

Интерфейс SCSI и SAS

SCSI (Small Computer System Interface, системный интерфейс малых компьютеров) это более универсальный и эффективный интерфейс, чем IDE. Однако его аппаратная реализация значительно дороже, чем реализация интерфейса IDE. Интерфейс SCSI имеет явные преимущества при работе с видео, а также при использовании привода CD-ROM в многозадачной операционной среде или в качестве сетевого накопителя.

Связь между SCSI-устройством и шиной ввода/вывода (таких как ISA, PCI, VLB) осуществляется через внешнюю шину с помощью Host-адаптера. Устройства, подключенные к SCSI-шине, взаимодействуют друг с другом не напрямую, а через встроенные SCSI-контроллеры.

Сегодня в винчестерах для высокопроизводительных серверов используется интерфейс SAS, который является последовательным вариантом интерфейса SCSI. Интерфейсы SAS и SCSI (Small Computer System Interface) применяются, в основном, только в серверах, т. к. стоимость таких винчестеров почти в два раза выше, чем у винчестеров с IDE-интерфейсом. Наибольшего эффекта от применения интерфейса SAS и SCSI можно достигнуть только в многоза-

дачных операционных системах, когда надо одновременно выполнять несколько "тяжелых" приложений или при массовых запросах к данным на устройствах хранения. На рис. 11.26 показана одна из моделей винчестеров с интерфейсом SAS.

Рис. 11.26. Винчестер корпорации Seagate с интерфейсом SAS

Режимы передачи данных для интерфейса IDE

Для передачи данных между винчестером IDE и памятью PC используются два основных режима:

- режим программного ввода/вывода (*Programmed Input/Output, PIO*);
- режим прямого доступа к памяти (*Direct Memory Access, DMA*).

Режим PIO

В режиме PIO каждый байт информации с жесткого диска сначала считывается центральным процессором и только потом записывается в оперативную память. В зависимости от длительности цикла считывания и количества секторов, передаваемых за одно обращение к диску, различают режимы PIO0 (PIO Mode 0), PIO1, PIO2, PIO3, PIO4, PIO5. Характеристики режимов PIO приведены в табл. 11.7.

Например, в режиме PIO0 за одно обращение к диску обычно передается содержимое одного сектора (512 байт), а в режиме PIO4 — 16 (или больше), за счет чего достигается высокая скорость передачи данных.

Таблица 11.7. *Характеристики режимов PIO*

Режим PIO	Длительность цикла чтение/запись, нс	Скорость передачи данных, Мбайт/с	Стандарт
Mode 0	600	3,3	ATA
Mode 1	330	5,2	ATA
Mode 2	240	8,3	ATA
Mode 3	180	11,1	ATA-2
Mode 4	120	16,6	ATA-2
Mode 5	100	20,0	ATA-2

Если появились сбои в работе PC после установки нового винчестера, можно попробовать понизить скорость работы жесткого диска, принудительно установив в CMOS Setup более низкий режим PIO.

Режим DMA

Режимы PIO используются в однозадачных операционных системах, когда процессор компьютера производит считывание или запись данных в буферную память накопителя на жестких дисках стандартов IDE или EIDE, а затем эти данные передаются в оперативную память. В многозадачных операционных системах целесообразно использовать режимы прямого доступа к оперативной памяти (Direct Memory Access, DMA). Ввод/вывод данных в этом режиме осуществляется в оперативную память PC без участия CPU. Этот процесс происходит под управлением контроллера накопителя на жестких дисках в паузах между обращениями CPU к оперативной памяти, что несколько снижает скорость передачи данных, но экономит процессорное время. Для реализации режимов DMA, в отличие от PIO, необходимы как специальные контроллеры, так и драйверы.

Режимы DMA подразделяются на однословные (*Singleword*) и многословные (*Multiword*) в зависимости от количества слов, передаваемых за один цикл работы с системной шиной (табл. 11.8).

Таблица 11.8. *Характеристики режимов DMA*

Режим	Длительность одного цикла передачи, нс	Скорость передачи данных, Мбайт/с
Singleword		
0	960	2,1
1	480	4,2
2	240	8,3
Multiword		
0	480	4,2
1	150	13,3
2	120	16,6
3	100	20,0
4	80	33,3
5		66
6		100

Функция Bus Mastering

С появлением процессоров Pentium контроллеры EIDE обеспечивают функцию прямого управления шиной PCI (Bus Mastering). Дело в том, что в многозадачных операционных системах слишком расточительно использовать CPU для ввода/вывода данных, поэтому контроллеры внешних устройств (EIDE в частности) стали оборудоваться как бы собственными процессорами ввода/вывода. В этом случае CPU программирует контроллер EIDE, указывая ему, откуда он должен взять данные и в какую область памяти их поместить. После получения этих указаний контроллер захватывает управление шиной PCI и выполняет операции по считыванию данных с накопителей информации (например, с винчестера, приводов CD-ROM, CD-R, CD-RW) непосредственно в RAM с помощью контроллера DMA.

Однако выигрыш в производительности PC при использовании функции Bus Mastering будет заметен лишь при одновременной работе нескольких приложений.

Глава 12

Приводы компакт-дисков

Компакт-диски (*Compact Disks*), а это CD, DVD, Blu-Ray Disc и разнообразные производные от этих стандартов, изначально разрабатывались для нужд аудио и видео и лишь потом адаптировались для использования с компьютерами. Соответственно все средства защиты данных, объем и конструкция дисков ориентированы на музыку и видео. Особенно это касается последнего стандарта Blu-Ray, который до сих пор мало востребован пользователями компьютеров, и, видимо, так и не станет популярным. Исключением из вышесказанного является стандарт DVD-RAM, который, правда, так и не стал популярен в массах, хотя и имеет неоспоримые преимущества перед стандартом DVD.

> ***Примечание***
>
> Готовятся к запуску в производство компакт-диски с голографической записью, которые будут иметь объем данных в 100—500 Гбайт. Спецификации для данных компакт-дисков, которые уже утверждены международными стандартизирующими органами, разработаны для использования в компьютерах.

Но несмотря на все проблемы и недостатки мультимедийных компакт-дисков, не следует забывать, что они являются прекрасным средством для хранения программных дистрибутивов (Software Distributions) и самых разнообразных данных, например цифровых фотографий и видеозаписей. Компакт-диски являются достаточно емким и, прежде всего, компактным носителем. Если взять соотношение между емкостью носителя и его стоимостью, то в этом отношении CD всегда лучше винчестера.

Принцип действия

Прежде чем рассмотреть работу приводов CD-ROM, приведем небольшой список их достоинств и недостатков.

- По сравнению с винчестерами CD значительно надежнее в транспортировке.
- Компакт-диск имеет достаточно большую емкость, которая, конечно, маловата на фоне современных моделей винчестеров, но вполне позволяет создавать дешевый и объемный банк с самыми разнообразными данными.
- CD практически не изнашивается (при соответствующей эксплуатации).
- Основной недостаток — это низкая скорость доступа к данным.

Рассмотрим конструкцию приводов компакт-дисков на основе наиболее старого стандарта CD, т. к. все дальнейшие усовершенствования в этой области коснулись, в основном, электроники и лазерного излучателя.

Приводы CD-ROM (рис. 12.1) работают не так, как все описанные выше электромагнитные накопители информации. При записи компакт-диск обрабатывается лазерным лучом (без механического контакта), выжигающим тот участок, который хранит логическую единицу, и оставляет нетронутым тот участок, который хранит логический ноль. В результате чего на поверхности CD образуются маленькие углубления, — так называемые питы (*Pits*).

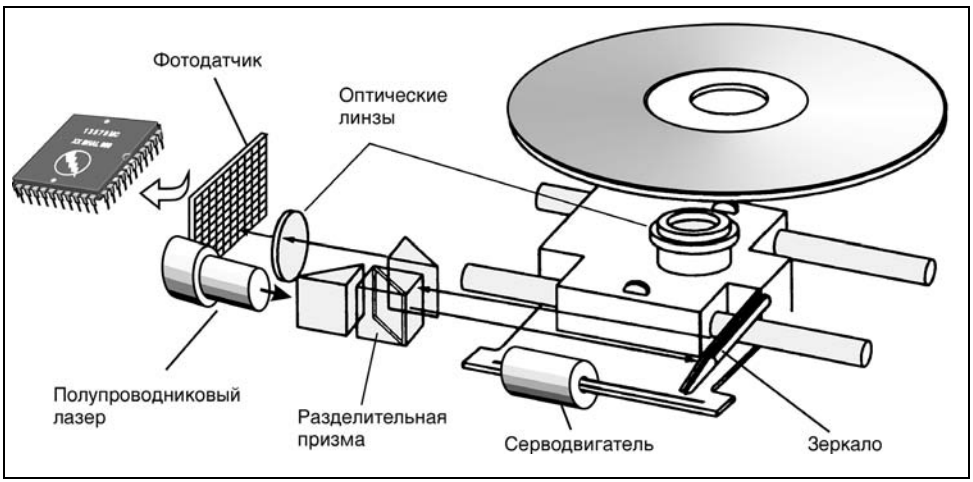


Рис. 12.1. Конструкция оптико-механического блока привода CD-ROM

Первые приводы CD-ROM применялись как внешние устройства. Современные же модели почти всех производителей выполняются как внутренние компоненты PC и имеют размеры дисковода 5,25" (рис. 12.2).

Рис. 12.2. Внешний и внутренний приводы CD-ROM:
а — привод BDR-202 формата Blu-Ray/DVD производства корпорации Pioner;
б — ASUS; *в* — Samsung SE-T084L

Приводы CD-ROM обычно управляются посредством IDE- или SATA-интерфейса. Ранее можно было встретить приводы CD-ROM, которые управлялись от дополнительной подсистмы ATAPI звуковой карты. Все приводы компакт-дисков, независимо от стандарта, не надо объявлять в CMOS Setup.

Толщина стандартного компакт-диска составляет 1,2 мм, а диаметр — 120 мм. Диск изготавливается из поликарбоната, который покрыт с одной стороны тонким металлическим отражающим слоем (алюминия, реже золота) и защитной пленкой специального прозрачного лака. Информация на диске записана в виде чередований углублений в поверхности металлического слоя. Двоичный ноль представляется на диске как в виде углубления, так и в виде основной поверхности, а двоичная единица — в виде границы между ними.

При кодировании 1 байт (8 бит) информации на диске записывается 14 бит плюс 3 бита слияния (*merge bit*). Базовая информационная единица —

это кадр (*Frame*), который содержит 24 кодированных байта или 588 бит (24 □ (14 + 3) + 180 бит для коррекции ошибок). Кадры образуют секторы и блоки. Сектор содержит 3234 кодированных байта (2352 информационных байта и 882 байта для коррекции ошибок и управления). Такая организация хранения данных на компакт-диске и использование алгоритмов коррекции ошибок позволяют обеспечить качественное чтение информации с вероятностью ошибки на бит, равной 10^{-10}.

В соответствии с принятыми стандартами поверхность диска разделена на три области (рис. 12.3).

- Входная область (*Lead In*) — область в форме кольца, ближайшего к центру диска (ширина кольца 4 мм). Считывание информации с диска начинается именно со входной области, где содержатся оглавление (*VolumeTable of Contents, VTOC*), адреса записей, число заголовков, суммарное время записи (объем), название диска (*Dick Label*).
- Область данных.
- Выходная область (*Lead Out*) имеет метку конца диска.

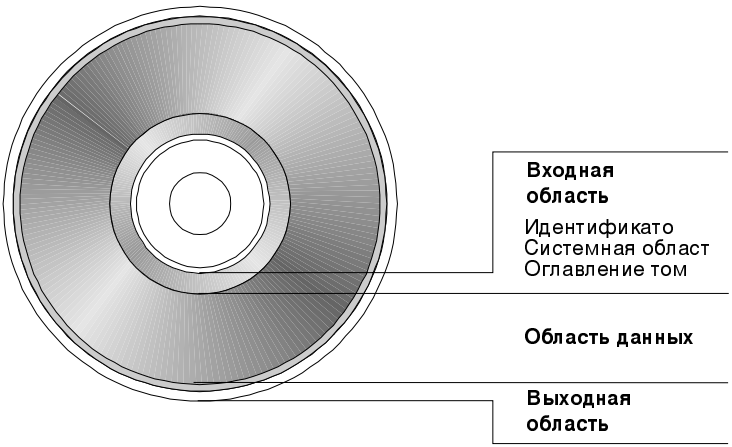


Рис. 12.3. Организация данных на диске

Основным отличием структуры каталога компакт-диска от структуры каталога дискеты (или структуры каталога DOS) является то, что на CD в системной области записаны адреса файлов, что позволяет осуществлять прямое позиционирование. Следовательно, для доступа к данным, хранящимся на CD, необходимо преобразование форматов.

Для того чтобы привод CD-ROM можно было использовать для прослушивания еще и аудиокомпакт-дисков, необходима звуковая карта. В зависимости от модели привода для подключения звуковой карты требуется двух- или четырехжильный кабель.

Для установки диска в привод положите его в выдвижной лоток (Tray), который после легкого нажатия приводится в движение и въезжает в корпус привода (рис. 12.4). Существуют и накопители, в которых CD помещается в специальную защитную кассету (*Caddy*), вставляемую при работе с ней в окно накопителя. При установке приводов CD-ROM нужно помнить, что это устройство работает только в горизонтальном или в вертикальном положении. Ни в коем случае, как и HDD, нельзя размещать привод CD-ROM под углом.

Рис. 12.4. Установка компакт-диска в привод CD-ROM

Эксплуатационные характеристики

Выбор привода CD-ROM зависит от того, какие задачи предполагается решать с его помощью. А именно, какие требования предъявляются со стороны этих задач к характеристикам привода. Условно можно выделить несколько основных групп задач.

- Установка и обновление программного обеспечения.
- Поиск информации в базах данных, архивах, справочниках, энциклопедиях и т. д.

- Запуск и работа с программными продуктами.
- Запуск и работа с игровыми, развлекательными и образовательными программами.
- Просмотр видеофильмов, видеоклипов и фотоизображений.
- Использование привода в качестве разделяемого ресурса LAN.
- Прослушивание музыкальных CD.

Применительно к указанным задачам можно рассматривать характеристики конкретного привода CD-ROM и оценивать его пригодность для их решения. К основным характеристикам приводов CD-ROM относятся следующие:

- скорость передачи данных (*Data Transfer Rate*, *DTR*);
- среднее время доступа (*Access Time*, *AT*);
- объем буферной памяти (*Buffer Memory*);
- коэффициент ошибок (*Error Rate*);
- средняя наработка на отказ (*Mean Time Between Failure*, *MTBF*);
- тип интерфейса;
- перечень поддерживаемых форматов CD;
- параметры трактов воспроизведения;
- конструкция привода;
- комплект поставки программного обеспечения.

Далее рассмотрим более подробно перечисленные характеристики.

Скорость передачи данных

Скорость передачи данных (DTR) — это максимальная скорость, с которой данные пересылаются от носителя информации в оперативную память компьютера. Это наиболее важная характеристика привода CD-ROM, которая практически всегда упоминается вместе с названием модели. Непосредственно со скоростью передачи данных связан такой параметр, как скорость вращения диска (кратность). Первые приводы CD-ROM передавали данные со скоростью 150 Кбайт/с, как и проигрыватели аудиокомпакт-дисков. Скорость передачи данных следующих поколений устройств, как правило, кратна этому числу (150 Кбайт/с). Такие приводы получили название накопителей с двух-, трех-, четырехкратной и т. д. скоростью. Причем скорость передачи

данных приводов с *n*-кратной скоростью зависит от типа читаемой информации. Например, если считывается информация со звукового диска, то скорость передачи составляет 150 Кбайт/с (*Normal speed*), а если считываются файлы данных, то скорость передачи данных может быть равна 300, 450, 600 Кбайт/с и т. д. Иногда для характеристики накопителей на CD-ROM используют такой показатель, как скорость постоянной передачи данных (*Sustained Data Transfer*, *SDT*).

Соотношение скорости передачи данных приводов CD-ROM и кратности представлено в табл. 12.1.

Таблица 12.1. *Связь скорости передачи данных и кратности скорости работы привода CD-ROM*

Кратность скорости работы привода CD-ROM	Скорость передачи данных, Кбайт/с
1	150
2	300
3	450
4	600
6	900
8	1200
10	1500
12	1800
16	2400
20	3000
24	3600
28	4200
32	4800
34	5100
36	5400
40	6000

С переходом на быстродействующие модели приводов наметилась тенденция к "размыванию" понятия "кратность". Дело в том, что термин "кратность" соответствует не угловой скорости вращения диска, а линейной скорости перемещения питов диска относительно считывающего устройства. В этом состоит важное отличие накопителя CD-ROM, например, от накопителя на жестких дисках. Если одной из главных целей конструкторов жестких дисков было повышение средней производительности накопителей, то дисководы CD-ROM изначально проектировались для нужд аудиотехники, где требовалось, прежде всего, постоянство скорости передачи данных, независимо от того, с какой области диска в данный момент производится считывание — с внешней или внутренней. До недавнего времени в приводах CD-ROM, в отличие от накопителей на магнитных дисках, использовался метод считывания информации с постоянной линейной скоростью (*Constant Linear Velocity*, *CLV*), при котором угловая скорость вращения диска является величиной переменной, зависящей от места считывания информации (уменьшается по мере продвижения от центра к краю диска).

Для преодоления серьезных технических проблем, возникающих при скоростях передачи информации 2400 Кбайт/с (кратность 16) и более, производители CD-ROM начали выпускать накопители с частично-постоянной угловой скоростью вращения диска (*Partial Constant Angular Velocity*, *PCAV*). При использовании метода PCAV (иногда встречается обозначение CLV-CAV) паспортное значение скорости передачи информации достигается только при считывании данных из области на внешнем крае диска, а в области, расположенной близко к центру, этот параметр может быть меньше указанного почти в два раза.

Качество считывания

Качество считывания характеризуется *коэффициентом ошибок* (*Error Rate*) и представляет собой оценку вероятности искажения информационного бита при его считывании. Данный параметр отражает способность устройства CD-ROM корректировать ошибки чтения/записи. Паспортные значения этого коэффициента составляют 10^{-10}—10^{-12}. Когда считываются данные с загрязненного или поцарапанного участка диска, регистрируются группы ошибочных битов. Если ошибку не удается устранить за счет избыточности помехоустойчивого кода (применяемого при чтении/записи), то скорость считывания данных понижается и происходит многократный повтор чтения. Если механизм коррекции ошибок не в состоянии устранить сбой, то на мониторе

компьютера появляется сообщение `Sector not found` (`Сектор не найден`). В случае устранения сбоя привод переключается на максимальную скорость считывания данных.

Среднее время доступа

Среднее время доступа (*Access Time*, *AT*) — это время (в миллисекундах), которое требуется приводу для того, чтобы найти на носителе нужные данные.

Очевидно, что при работе на внутренних участках диска время доступа будет меньше, чем при считывании информации с внешних участков. Поэтому в паспорте накопителя приводится среднее время доступа, определяемое как среднее значение при выполнении нескольких считываний данных с различных (выбранных случайным образом) участков диска. По мере совершенствования приводов CD-ROM среднее время доступа уменьшается, но все же этот параметр значительно отличается от аналогичного для накопителей на жестких дисках (100—200 мс для CD-ROM и 8—12 мс для жестких дисков). Столь существенная разница объясняется принципиальными различиями конструкций: в накопителях на жестких дисках используется несколько магнитных головок, и диапазон их механического перемещения меньше, чем диапазон перемещения оптической головки привода CD-ROM. Среднее время доступа приводов CD-ROM представлено в табл. 12.2.

Таблица 12.2. *Среднее время доступа к данным приводов CD-ROM*

Кратность скорости привода	Время доступа, мс
1□	400
2□	300
3□	200
4□—6□	150
8□—20□	100
24□—34□	80
36□—52□	75

Объем буферной памяти

Объем буферной памяти (*Buffer Memory*, *BM*) — это емкость оперативного запоминающего устройства привода CD-ROM, используемого для повышения скорости доступа к данным, записанным на носителе. Буферная память (или кэш-память) представляет собой устанавливаемые на плате накопителя микросхемы для хранения считанных данных. Благодаря буферной памяти данные в компьютер могут передаваться с постоянной скоростью. Например, данные обычно размещены в различных областях диска, а поскольку накопители на CD-ROM имеют относительно большое время доступа, это может привести к задержке поступления данных в компьютер.

Оптимальный объем буферной памяти определяется многими факторами. Принято считать, что для приводов CD-ROM с двукратной скоростью объем буферной памяти должен составлять не менее 64 Кбайт, а для накопителей с кратностью 4□ и выше — не менее 256 Кбайт. Современные устройства имеют буферную память объемом 256—1024 Кбайт.

Средняя наработка на отказ

Средняя наработка на отказ (*Mean Time Between Failure*, *MTBF*) — это среднее время (в часах) безотказной работы привода CD-ROM. MTBF определяет надежность накопителя как технического устройства.

Для первых моделей приводов CD-ROM средняя наработка на отказ составляла около 30 тыс. часов, или 3,5 года круглосуточной работы. Этот показатель современных моделей составляет 50—125 тыс. часов, что почти на порядок превышает срок морального старения накопителя.

Правда, следует заметить, что реальный срок службы всегда значительно ниже, и серьезно зависит от качества читаемых компакт-дисков. Если диск некачественно изготовлен, например имеется радиальный и осевой бой, то срок службы привода может сократиться до нескольких месяцев.

Параметры аудиотракта

Поскольку приводы CD-ROM используются и для проигрывания аудиодисков формата CD-DA (*Compact Disk-Digital Audio*), то они характеризуются и

параметрами, описывающими качественные показатели тракта воспроизведения звука:

- полосой воспроизводимых частот;
- динамическим диапазоном;
- отношением сигнал/шум;
- коэффициентом нелинейных искажений;
- сопротивлением на выходе;
- э.д.с. сигналов на выходе;
- переходным затуханием между каналами и др.

По этим характеристикам можно судить о том, способен ли привод CD-ROM заменить пользователю проигрыватель звуковых компакт-дисков.

Стандарты CD

Прежде чем рассматривать форматы компакт-дисков для накопителей CD-ROM, остановимся на одной особенности компакт-дисков CD-ROM, но которая также существует и в стандарте DVD.

Для большинства CD вся хранимая на них информация заносится за один технологический цикл, или сеанс (*Single Session*). Указатель того, где хранится информация, содержится в VTOC. Когда появилась технология, позволяющая дописывать информацию на специальные многосеансовые CD (*Multi Session CD*), то в начало дописываемого блока также добавляли новый VTOC.

Старые приводы CD-ROM могли прочесть, к сожалению, только первую запись, поскольку не поддерживали новые форматы Multi Session. Соответственно, в документации на многие бытовые проигрыватели компакт-дисков можно встретить предупреждение о том, что привод не поддерживает многосеансовые диски.

Ниже для примера описывается ряд различных стандартов для компакт-дисков CD. Но следует отметить, что хоть и существует большое количество стандартов, но на практике используются только варианты ISO 9660 и CD-R\RW. Остальные де-факто используются только разработчиками данных стандартов.

Photo-CD

Photo-CD появились осенью 1992 г. Это направление начала развивать фирма Kodak с целью решения проблемы хранения на CD обычных фотографий, которые могут быть отображены с высоким качеством. Информация об изображении подготавливалась путем сканирования фотографий с высоким разрешением. Затем она с помощью специальных алгоритмов сжималась и переносилась на CD-ROM. При помощи соответствующего читающего устройства можно просматривать картинки с высокой скоростью на мониторе PC и использовать их для дальнейшей обработки.

CD-ROM XA

Дальнейшим развитием обычных приводов CD-ROM является привод типа XA (*eXtended Architecture*). Стандарт CD-ROM XA разработан фирмами Philips, Sony и Microsoft для получения такой дополнительной возможности, как чередование (*Interleaving*). Стандарт XA предусматривает возможность создания специального идентификатора, указывающего тип хранимых данных: графика, текст или звук. Графические данные могут включать в себя стандартные графические изображения, анимацию или видеоизображения реального времени. Более того, эти блоки могут чередоваться, т. е., например, за видеофрагментом может следовать музыкальное (звуковое) сопровождение, затем следующий видеофрагмент и т. д. Устройство последовательно считывает эти блоки, сохраняет их в буфере, а затем посылает на компьютер для синхронизации. Таким образом, данные считываются с диска фрагментами, а затем синхронизируются.

ISO 9660

Это наиболее распространенный в мире стандарт на логическую организацию записанных на CD-ROM данных. Согласно ISO 9660, все пространство компакт-диска делится на три части.

- Область входа (*Lead In*), в которой находится оглавление (*Volume Table Of Contents*, *VTOC*), адреса всех записей, число дорожек и суммарное время записи.
- Область данных, в которой находится собственно записанная информация, физически занимает место в виде кольца шириной 33 мм.
- Область выхода (*Lead Out*), в которой расположена специальная метка, означающая конец записи.

Стандарт ISO 9660 не решил всех проблем, связанных с совместимостью. До принятия стандарта High Sierra оставался открытым вопрос о том, какую еще вспомогательную информацию, облегчающую поиск данных, записывать на диск, и способы форматирования блоков данных.

CD-I

Компакт-диски типа *CD-I* (*Compact Disk-Interactive*) разрабатывались для широкого потребительского рынка с целью записи на них музыки, видео, игр, различного рода энциклопедий и т. д. Этот тип дисков определен как стандартный для записи мультимедийной информации. Устройства для проигрывания таких дисков могут быть подключены к обычному бытовому телевизору.

CD-E/CD-R

Стандарт *CD-E* (*Compact Disk-Erasable*), называемый также CD-R (*Compact Disk-Rewritable*), является стандартом многократной записи на CD. Диск типа CD-E позволяет хранить данные более 10 лет, выдерживает около 10 000 циклов обращений и 1000-кратную перезапись. Диск CD-E имеет более низкий уровень оптического отражения, чем стандартные CD-ROM. Стандарт CD-E совместим с CD-ROM и CD-R.

Технология CD-E основана на изменении фазы отраженного луча лазера при чтении диска. Эти диски не могут быть перезаписаны современными приводами CD-R. Кроме того, они могут не читаться многими старыми приводами CD-ROM по причине того, что коэффициент отражения CD-E значительно ниже серебряных CD-ROM и CD-R. Для чтения дисков CD-R привод обязательно должен иметь качественную схему автоматической регулировки усиления.

Диски CD-E используют файловую систему с однократной записью (CD-UDF), которая может не восприниматься (диски не будут читаться) некоторыми операционными системами даже в случае совместимости аппаратных средств.

Накопители CD-R и CD-RW

Терминами *CD-R* (*CD-Recordable* — записываемый CD) и *CD-RW* (*CD-ReWritable* — перезаписываемый CD) обозначаются как устройства, так и сами диски для однократной и многократной записи соответственно.

Принцип записи на CD

Для однократной записи используются "чистые" диски, представляющие собой обычный компакт-диск отражающий слой которого выполнен, как правило, из золотой или серебряной пленки, а между ним и поликарбонатной основой расположен регистрирующий слой из органического материала (рис. 12.5), темнеющего при нагревании. Длина волны лазерного луча (как и при чтении) составляет 780 нм, а его интенсивность более чем в 10 раз выше, чем обычного привода CD-ROM.

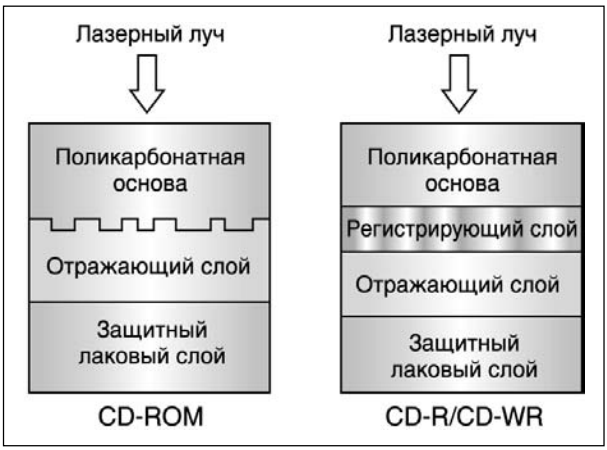


Рис. 12.5. Устройство дисков CD-ROM и CD-R/CD-RW

В процессе записи лазерный луч нагревает отдельные участки регистрирующего слоя, которые темнеют и рассеивают свет, образуя участки, подобные питам. Однако отражающая способность зеркального слоя и четкость питов у дисков CD-R ниже, чем у CD-ROM, изготовленных промышленным способом (методом штамповки). Поэтому некоторые модели приводов CD-ROM могут не читать эти диски.

В перезаписываемых дисках регистрирующий слой выполнен из материала, изменяющего под воздействием луча свое фазовое состояние с аморфного на кристаллическое и обратно, в результате чего меняется прозрачность слоя. При нагреве лазерным лучом свыше критической температуры материал регистрирующего слоя переходит в аморфное состояние и остается в нем после остывания, а при нагреве до температуры значительно ниже критической восстанавливает свое первоначальное (кристаллическое) состояние. Сущест-

вующие диски выдерживают от нескольких тысяч до десятков тысяч циклов перезаписи. Однако их отражающая способность значительно ниже штампованных и CD-R. Поэтому для чтения CD-RW необходим специальный привод с автоматической регулировкой усиления фотоприемника, хотя некоторые модели приводов CD-ROM читают их не хуже обычных дисков. Приводы, способные читать CD-RW, маркируются как Multiread.

Конструкция

В перезаписываемых дисках регистрирующий слой выполнен из органических соединений, известных под названиями *цианин* (*Cyanine*) и *фталоцианин* (*Phtalocyanine*). Цианин имеет голубой (Cyan) цвет и характеризуется средней стойкостью к облучению светом и перепадам температуры. Фталоцианин имеет золотистый цвет и более стоек ко внешним воздействиям.

В качестве отражающих материалов используются золото и серебро, реже — алюминий и его сплавы. Соответственно рабочая поверхность диска с отражающим слоем из серебра или алюминия имеет цвет своего регистрирующего слоя, а отражающий слой из золота изменяет цвет с голубого на зеленоватый. Органический слой дисков CD-RW обычно имеет серо-коричневый цвет.

Поскольку отражающий слой обычно выполняется из золота и серебра, менее подверженных окислению, чем алюминий в большинстве штампованных дисков, диски CD-R/RW тускнеют медленнее обычных. Однако материал регистрирующего слоя CD-R/RW более чувствителен к свету и так же подвержен окислению и разложению. Кроме того, регистрирующая пленка находится в полужидком состоянии и потому чувствительна к ударам и деформациям диска. Примерная оценка долговечности среднего CD-R — около двух-трех и более лет при аккуратном обращении и около года при интенсивном использовании в сочетании с неаккуратным обращением (удары, перегибы, воздействие тепла, влажности, яркого света и т. п.).

Информационная структура

На CD-R организуется та же информационная структура, что и на штампованных дисках: оглавление (VTOC) и набор дорожек различных типов.

Перезаписываемый диск может иметь такую же структуру дорожек и файловую систему, что и CD-R, либо на нем может быть организована специальная файловая система *UDF* (*Universal Disk Format* — универсальный дисковый

формат), позволяющая пользоваться им, как обычным сменным диском, т. е. создавать файлы и уничтожать их. Эта система основана на международном стандарте ISO-13346, определяющем методы обмена данными.

Система UDF облегчает создание дисков, которые могут использоваться при работе с несколькими операционными системами. Когда в этих ОС будет обеспечена поддержка UDF (с помощью новых драйверов или расширений), они смогут распознавать любой диск (в том числе и DVD). Фактически UDF абстрагирует такие специфические особенности операционных систем, как соглашения об именах файлов, расширенные атрибуты файлов, побайтовая структура (*Byte Ordering*). Конечно, исполняемые программы будут работать только под управлением какой-то одной ОС, однако данные можно переносить с одной платформы на другую.

В отличие от CD, изготовленных методом штамповки, CD-R и CD-WR изготовляются со вспомогательной разметкой (*Pregroove*), которая одновременно служит для разбивки диска на кадры (блоки) и размещения дополнительной информации о диске: кодов, рекомендуемых значений скорости вращения и мощности записывающего лазера. Разметка используется для нахождения служебных и пользовательских областей диска, а также для облегчения слежения за информационной дорожкой в процессе записи. При считывании слежение производится, как обычно, по записанной информационной дорожке.

Кроме этого, диск содержит две служебные области: *PCA* (*Power Calibration Area* — область калибровки мощности) и *PMA* (*Program Memory Area* — область памяти программы), расположенные внутри входной области (*Lead In*). PCA используется для выбора оптимальной мощности лазера перед каждой записью, а PMA — для временного хранения VTOC в случае записи одной сессии (одного сеанса записи) за несколько приемов. Структура из Lead In—Program Area—Lead Out называется *сессией*, а процесс записи Lead In и Lead Out вокруг области данных — *закрытием сессии.*

PCA и PMA являются таблицами фиксированной длины, что ограничивает как общее количество сеансов записи, так и этапов формирования незакрытых сессий.

Минимальной единицей информации, записываемой на CD-R за один прием, является дорожка (трек). Минимальная длина дорожки 300 блоков (600 Кбайт, 4 с). В начале каждой дорожки формируется служебный зазор (*Pre-gap*), содержащий ее параметры, размером 150 блоков (300 Кбайт, 2 с) для однотипных дорожек и 225 блоков (450 Кбайт, 3 с) для дорожек разных типов.

Одна или несколько дорожек образуют программную область (*Program Area*), которая может формироваться за несколько сеансов, причем адреса и параметры дорожек (VTOC) сохраняются в PMA. Для того чтобы обычные приводы CD-ROM, не воспринимающие PMA, могли читать записанные дорожки, в начале и конце программной области должны быть зоны Lead In (9 Мбайт, 1 мин) и Lead Out (4,5 Мбайт, 30 с), причем в Lead In должно содержаться оглавление.

В процессе записи первой сессии около 22,5 Мбайт общей емкости диска расходуется на служебную информацию, а при записи каждой следующей — 13,5 Мбайт. Таким образом, чем больше сессий на диске, тем меньше доступное пространство для данных.

При закрытии сессии в ее входной области (Lead In) записывается информация о размере оставшейся свободной области диска за пределами выходной области (Lead Out) текущей сессии. Это позволяет дописывать на диск новые сессии. Однако чтобы диск нормально считывался на всех приводах CD-ROM, он должен быть закрыт полностью: в этом случае указатель на свободную область не создается, и диск становится недоступным для последующей записи.

Перед началом записи необходимо сформировать полный список файлов, входящих в сессию. При этом запись может осуществляться "на лету" (*on the fly*) или с предварительным построением образа диска (*image*).

В первом случае до включения записывающего лазера формируется только оглавление диска, а сами записываемые файлы открываются и считываются непосредственно в процессе записи. В случае считывания файлов с медленных устройств (CD-ROM, магнитооптика, медленные винчестеры) или при записи множества мелких файлов темп их открытия может оказаться недостаточным для обеспечения непрерывного потока данных, что может привести к аварийному прерыванию записи. В этом режиме желательно иметь как минимум двукратный запас по средней скорости поступления исходных данных.

Во втором случае перед записью во временном файле формируется образ диска, и затем последовательно данные переносятся на диск. В этом режиме, если нет других снижающих быстродействие причин, практически не требуется запаса по быстродействию.

Режимы записи

Запись дисков CD-R и CD-WR выполняется при помощи специальных программ (Easy CD, CD Creator, CD Publisher, Direct CD, WinOnCD и т. п.), под-

держивающих различные режимы записи. Режимы записи, в свою очередь, связаны с физическим и логическим (файловой системой) форматами, в которых записывается диск. Существуют три основных режима записи:

- Track-at-Once
- Disc-at-Once
- Packet Writing

Track-at-Once

В режиме *Track-at-Once* (*TAO* — одна дорожка за один прием) записывающий лазер выключается после записи каждой дорожки и снова включается, если надо записать еще одну, даже когда несколько дорожек записываются подряд в одной за один сеанс записи. Дорожки, записанные в режиме TAO, разделяются промежутками (*gaps*) — сериями специальных блоков *run-in, run-out* и *link*, предназначенных для связывания дорожек между собой. Стандартный промежуток между дорожками содержит 150 таких блоков (2 с). Все современные приводы CD-R поддерживают этот режим.

Некоторые новые модели приводов CD-R позволяют вручную установить размер промежутка между дорожками в режиме TAO (режим Variable-Gap Track-at-Once). Эту возможность также должно поддерживать программное обеспечение. Обычно значение этого параметра можно установить в диапазоне от 0,03 до 8 с.

В режиме TAO записывают многосессионные диски формата CD-ROM, допускающие последующую дозапись данных. Сессия может быть записана как полностью, за один прием, с формированием VTOC, файловой системы и зон Lead In/Lead Out (запись с закрытием сессии), так и в несколько приемов, с сохранением временных VTOC в PMA (запись, при которой сессия остается открытой).

Disc-at-Once

В режиме записи *Disc-at-Once* (*DAO* — весь диск за один прием) одна или более дорожек записываются без выключения лазера, и диск закрывается. Диск, записанный за один прием, является наиболее универсальным и считывается любым приводом CD-ROM с любым файловым диспетчером, однако после записи невозможно дописывать новые данные.

Для записи в режиме DAO требуется чистый диск. Этот режим необходим при изготовлении мастер-диска, чтобы можно было тиражировать диски путем штамповки, поскольку устройства изготовления матриц обычно воспринимают промежутки между дорожками как ошибку.

Режим DAO поддерживается не всеми записывающими приводами.

Packet Writing

Запись одной дорожки представляет собой единый процесс, который не может быть прерван, иначе диск будет испорчен. Для обеспечения равномерности поступления записываемой информации на лазер все приводы CD-RW имеют буфер, отсутствие данных в котором приводит к аварийному прерыванию записи. Перерывы в поступлении данных в буфер могут быть вызваны запуском параллельных процессов (например, программы хранителя экрана — Screen saver), работой системы виртуальной памяти, зависанием программы или операционной системы. К сбою записи приводят также механические толчки привода. Поэтому организовать бесперебойную работу привода CD-R/CD-WR — задача непростая, требующая много времени и внимания.

Чтобы снизить вероятность неудачной записи, был разработан метод Packet Writing — новый метод записи данных на CD-R/CD-RW небольшими порциями, основанный на стандартной спецификации UDF. В этом режиме записывающий лазер быстро включается и отключается в промежутках между блоками, записывая 7 связующих блоков (2 run-out, 4 run-in и 1 link) вместо обычных 150.

При записи в режиме Packet Writing не требуется непрерывный поток данных: когда данные в буфере закончатся, лазер отключится, а при появлении данных запись продолжится с того места, где была прервана. Таким образом, с помощью метода пакетной записи одна сессия обычного диска CD-R может быть записана в несколько приемов.

Благодаря применению этой технологии исключается порча диска за счет неравномерного поступления данных. Однако этот способ записи не спасает от сбоев из-за толчков привода, зависания системы или отключения питания во время записи.

Предварительное форматирование

Помимо сессионного метода, для записи CD-RW может применяться предварительное форматирование — разбивка диска на секторы, подобно магнит-

ным дискам. После форматирования диск CD-RW может использоваться так же, как обычный сменный диск: стандартные файловые операции (копирование, удаление и переименование) будут преобразовываться драйвером привода в операции перезаписи секторов диска. Благодаря этому для работы с дисками CD-RW не требуется другого программного обеспечения, кроме драйвера привода с поддержкой файловой системы UDF (например, Adaptec Direct CD) и программы начальной разметки.

Накопители DVD

По мере совершенствования технологии создания CD и приводов, а также создания научно-технического задела в области высококачественного цифрового видео возникла потребность в увеличении емкости оптических носителей информации. К началу 1995 г. несколько конкурирующих фирм-производителей предложили свои стандарты компакт-дисков увеличенной емкости. Чтобы избежать многообразия (а часто и несовместимости) стандартов, в сентябре 1995 г. группой из 10 компаний: Hitachi, JVC, Matsushita, Mitsubishi, Philips, Pioneer, Sony, Thomson, Time Warner и Toshiba был предложен новый универсальный формат записи данных на DVD-диск (*Digital Versatile Disk*). Этот формат получил активную поддержку среди ведущих мировых электронных компаний, т. к. DVD удовлетворяет требованиям к воспроизведению видеоизображений, а также требованиям к хранению данных.

В мае 1997 г. на базе этого консорциума был создан DVD-форум — открытая для вступления организация. Основные задачи этой организации — развитие и продвижение формата DVD, выработка согласованных спецификаций, а также лицензирование деятельности предприятий в области DVD-технологии. В рамках форума действуют специальные рабочие группы по различным аспектам DVD-технологии. На ряд спецификаций приняты международные стандарты.

Уровень качества изображения, хранимого в формате DVD, очень близок к уровню профессиональных студийных видеозаписей.

С применением сжатия по стандарту MPEG-2 на DVD-диске удалось разместить полнометражный видеофильм (длительностью до 135 мин) с 6 каналами высококачественного, сравнимого со студийным, звукового сопровождения и четырьмя каналами субтитров.

В необработанном виде цифровые видеоданные имеют огромный объем: полнометражный фильм займет 40 DVD-дисков, каждый из которых по

4,7 Гбайт. Однако цифровое видео обладает избыточностью, т. е. имеется множество одинаковых или похожих элементов, которые можно идентифицировать и удалить. Этот процесс называется кодированием (encoding). В результате кодирования можно удалить более 97% данных видеоизображения без какого-либо заметного ухудшения его качества. Для этого и используется стандарт цифрового кодирования MPEG-2 — кодирования с изменяемой степенью сжатия.

Кодирование в формате MPEG-2 представляет собой процесс сжатия видеоданных за счет удаления избыточной информации. При этом используются два основных алгоритма компрессии. Избыточность информации видеоданных подразделяется на два вида: *пространственную* и *временную*. Например, если автомобиль двигается по шоссе, то шоссе является фоном, который одинаков на протяжении нескольких кадров. Соответственно, все минимальные элементы изображения, которые не изменились в следующем кадре, можно хранить в одном экземпляре кадра, восстанавливая их в каждом последующем кадре, на основе информации из предыдущего. Этот вид называется *временной избыточностью*. При компрессии информации об этих элементах используется метод межкадрового кодирования (*inter-frame coding*). При этом внутри одного кадра или в пределах макроблока кадра (*macroblock*) могут содержаться одинаковые элементы. Таким образом, удалив часть из них, восстановить их можно на основе информации о соседних элементах внутри этого кадра или макроблока. Такой вид избыточности называется *пространственным*, а метод их кодирования — *внутрикадровым кодированием* (*intra-frame coding*). Поскольку между соседними кадрами, как правило, не происходит резких изменений, поэтому межкадровое сжатие весьма эффективно.

Высокое качество звука обеспечивается за счет кодирования по стандартам Dolby Digital Surround Sound (AC-3), или MPEG-2 Sound. AC-3 обеспечивает шесть каналов, а MPEG-2 до восьми каналов звука, причем каждый канал полностью раздельный (использование 16-, 20- или 24-разрядной линейной импульсно-кодовой модуляции с частотой дискретизации 48 или 96 кГц, что обеспечивает запись звука в полосе частот шириной 22 или 44 кГц соответственно; при этом считывание звуковой информации производится со скоростью 384 Кбайт/с).

После принятия соглашения о применении единого стандарта DVD появились новые проблемы, связанные с интересами разных киностудий. Они потребовали дополнительных гарантий того, что кинофильмы, предназначенные для одного рынка, будут недоступны для других. В результате весь мир

был поделен на шесть зон, в которых применяются различные региональные коды и диски. На рис. 12.6 приведены пиктограммы DVD-дисков, показывающие, для каких зон (регионов) предназначен данный диск.

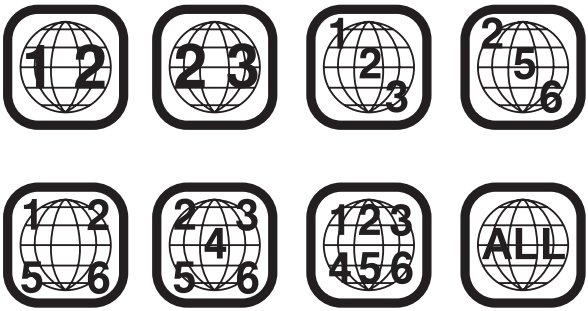


Рис. 12.6. Пиктограммы DVD-дисков для определения зоны их предназначения

Такое искусственное деление мира служит еще одним источником неприятностей для пользователей. Вполне реальны варианты, когда аппаратура, приобретенная, например, в США (зона 1) или в странах бывшего СССР (зона 5), не сможет воспроизвести DVD-диск, предназначенный для стран Европы. Однако не все так печально. Во-первых, практически все современные DVD-приводы позволяют 5 раз сменить зону и, во-вторых, существуют так называемые "прошивки Region free", с помощью которых можно изменить программу инициализации привода, содержащуюся в микросхеме флэш-памяти, и сделать его многозоновым (*Region free*).

Параметры элементов рабочей поверхности дисков, записанных в различных форматах, приведены на рис. 12.7.

В соответствии с первоначально принятым стандартом, DVD-диск является односторонним и может содержать до 4,7 Гбайт информации. Так же, как CD, диск формата DVD имеет диаметр 120 мм. В накопителе нового стандарта рабочая длина волны излучения лазера снижена с 0,78 мкм до 0,63—0,65 мкм (видимый диапазон волн), что обеспечило возможность уменьшения размеров штрихов записи практически в два раза, а расстояние между дорожками записи — с 1,6 до 0,74 мкм.

Каждый двухслойный DVD-диск состоит из двух дисков толщиной по 0,6 мм, плотно соединенных друг с другом. Сравнительные характеристики стандартов CD и DVD приведены в табл. 12.3.

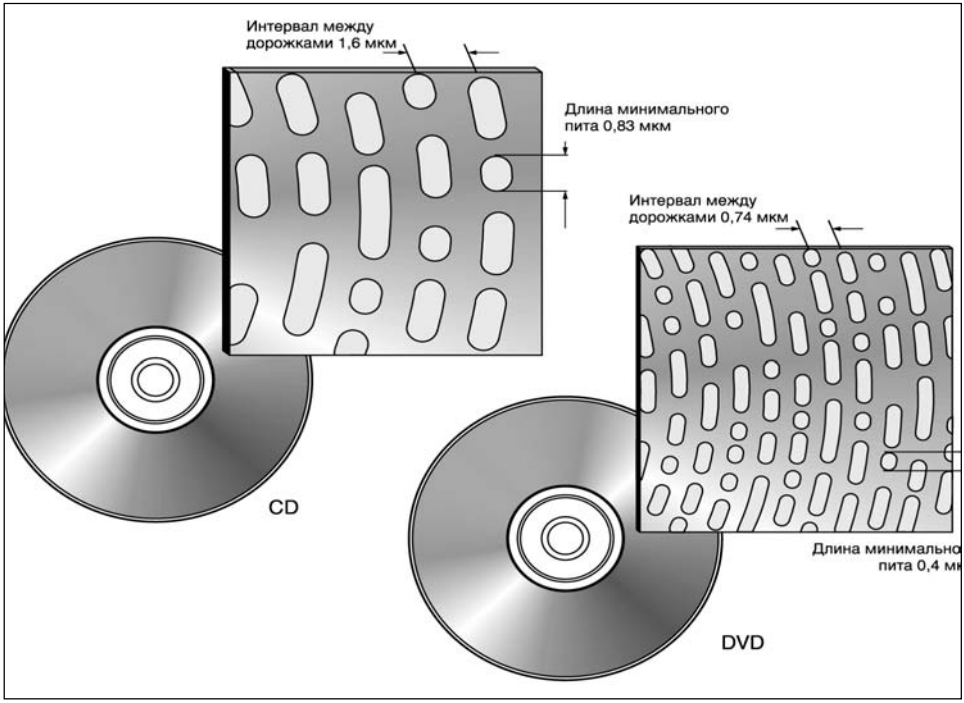


Рис. 12.7. Элементы рабочей поверхности дисков форматов CD и DVD

Таблица 12.3. *Основные характеристики стандартов CD-ROM и DVD*

Параметры	**CD-ROM**	**DVD**
Диаметр диска, мм	120	120
Толщина диска, мм	1,2	1,2
Структура диска	Единая	Два диска по 0,6 мм скреплены
Длина волны лазера, нм	780 (инфракрасный)	650 и 635 (красный)
Расстояние между дорожками, мкм	1,6	0,74
Размер углубления (пит), мкм	0,83	0,4
Скорость вращения диска, об./мин	200—4200	570—1400

Таблица 12.3 (*окончание*)

Параметры	CD-ROM	DVD
Емкость, Мбайт	680	4700 (одна сторона)
Скорость передачи информации, Кбайт/с	150—9000(1×–60×)	8300—10 800 (CAV)

Спецификация DVD сначала разрабатывалась для одностороннего однослойного диска, затем появилась конструкция двухслойного диска емкостью 8,5 Гбайт. Следующим шагом в развитии технологии DVD явилось создание двухсторонних дисков, как однослойных, так и двухслойных, при этом емкость дисков доведена до 9,4 и 17 Гбайт соответственно, а длительность воспроизведения записанной на них информации — 4,5 и 8 часов. В табл. 12.4 представлены значения емкости дисков DVD в зависимости от их конструкционных особенностей.

Таблица 12.4. *Характеристики дисков DVD*

Конструкция диска	Емкость диска, Гбайт	Длительность воспроизведения видеоинформации, мин (ч)
Одна сторона, один слой	4,7	133 (2,22)
Две стороны, один слой	9,4	266 (4,43)
Одна сторона, два слоя	8,5	240 (4,00)
Две стороны, два слоя	17	481 (8,02)

В накопителях стандарта DVD используется более узкий луч лазера, чем в приводах CD-ROM, поэтому толщина защитного слоя диска была снижена в два раза (до 0,6 мм). С учетом того, что общая толщина диска должна остаться неизменной (1,2 мм), под предохранительный слой был помещен укрепляющий слой. На укрепляющем слое также стали записывать информацию, что привело к появлению двухслойных дисков DVD. Когда лазерным лучом считывается информация, записанная на первом слое, расположенном в глубине диска, луч беспрепятственно проходит через полупрозрачную пленку, образующую второй слой. По окончании считывания информации с первого слоя меняется по команде контроллера фокусировка луча лазера. Луч фоку-

сируется в плоскости второго (наружного) полупрозрачного слоя для дальнейшего считывания данных.

Для доступа к данным на второй стороне двухстороннего диска его приходится переворачивать вручную. Возможные варианты DVD-дисков представлены на рис. 12.8.

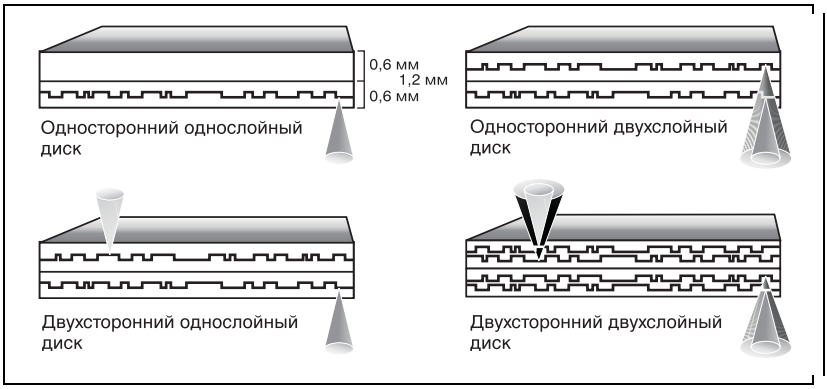


Рис. 12.8. Возможные варианты DVD-дисков

Форматы DVD

Технология DVD первоначально опиралась на три основных формата DVD:

- DVD-ROM применяется для записи данных, в том числе мультимедийных, используемых в компьютерных технологиях;
- DVD-Video применяется при записи видеоматериалов для их дальнейшего просмотра на видеотехнике или с помощью подключенного к PC привода DVD-ROM. Формат обеспечивает защиту от нелегального копирования информации;
- DVD-Audio используется при записи высококачественного многоканального звука. Кроме того, DVD-форумом рекомендована дополнительная поддержка видео, графики и другой информации.

Эти форматы описывали диски, предназначенные только для чтения. Информация на такие диски помещается один раз — в процессе их производства. С развитием технологии DVD появились спецификации дисков, обеспечивающие запись и перезапись информации. Однако основные участники DVD-

форума не смогли договориться о единой спецификации на такие диски из-за стремления сохранить самостоятельный контроль над своими авторскими техническими разработками. В результате появилось несколько (7!) конкурирующих форматов записи и перезаписи DVD-дисков, а именно:

- Для однократной записи:
  - DVD-R
- Для многократной перезаписи:
  - DVD-RAM
  - DVD-RW
  - DVD+RW
  - DVD+R
- Для видеозаписи:
  - DVD-VR

Совместимость

Разработчики не смогли достичь единого подхода при выработке формата записываемых дисков. Конкуренция предопределила отсутствие поддержки одним устройством нескольких записывающих форматов. Поэтому диски, записанные в одном из форматов, как правило, не читаются на приводах других записываемых форматов. Причем чем старее модель привода, тем хуже ситуация.

Но в настоящее время, несмотря на сохранение несовместимых друг с другом стандартов DVD-R и DVD+R, даже самые твердолобые сторонники своего формата стали выпускать универсальные приводы DVD, которые понимают все варианты. Соответственно, сегодня для пользователя нет существенной разницы между дисками DVD-R и DVD+R, как по возможностям, так и по цене. Диски DVD-R более совместимы со старыми проигрывателями DVD, а DVD+R чуть-чуть побыстрее при записи.

DVD-ROM

Диски формата DVD-ROM (*Digital Versatile Disc Read Only Memory*) предназначены для использования в компьютерной технике. Информация заносится на диск единственный раз — при его производстве.

Прогресс устройств DVD во многом повторяет путь, пройденный CD, и направлен главным образом на улучшение скоростных характеристик и введение функции записи. Устройства DVD-ROM первого поколения использовали режим CLV и считывали диск со скоростью 1,38 Мбайт/с (в традиционном обозначении для DVD это 1□). Устройства второго поколения могли читать DVD с вдвое большей скоростью — 2□ (2,8 Мбайт/с). Современные DVD-ROM — устройства третьего поколения — используют режим CAV и обеспечивают максимальную скорость чтения 4□—16□. Современные приводы DVD-ROM поддерживают чтение практически всех форматов, включая CD-ROM и CD-Audio.

DVD-Video

Формат DVD-Video предназначен для хранения и воспроизведения видеоданных. Как и DVD-ROM, DVD-Video определяет возможность только чтения информации — воспроизведение записей с помощью видеопроигрывателей. Спецификация основана на формате DVD-ROM, но предусматривает специальный способ размещения данных, предотвращающий возможность побитового копирования дисков. Видеоматериалы в закодированном виде размещаются на диске в процессе его производства. Воспроизведение DVD-Video возможно как на бытовых видеопроигрывателях, так и на DVD-приводах для PC. При использовании компьютерного оборудования декодирование информации осуществляется либо аппаратно, с помощью дополнительного MPEG-2-декодера, либо программно. Спецификация обеспечивает запись на диск высококачественного видео (до 2 часов в формате MPEG-2), а также многоканальное звуковое сопровождение на 8 языках, выбор экранного формата, титры на 32 языках, интерактивное управление посредством экранного меню, до 9 ракурсов просмотра, защиту от нелегального копирования, разграничение просмотра видеопродукции по регионам, ограничение доступа детей к видеоматериалам.

DVD-Audio

Спецификацией формата определены высококачественный многоканальный звук, поддержка широкого диапазона качества звука (квантование 16, 20, 24 бит при частоте дискретизации от 44,1 до 192 кГц), воспроизведение DVD-проигрывателями дисков CD-Audio, поддержка дополнительной информации (включая видео, текст, меню, заставки, удобную навигационную

систему), связь с осуществляющими информационную поддержку Web-сайтами, расширение возможностей при появлении новых технологий.

Существуют две версии формата DVD-Audio: просто DVD-Audio — только для звука и DVD-AudioV — для звука с дополнительной информацией.

Выработаны специальные меры защиты дисков от пиратского копирования.

DVD-R

DVD-R (*Digital Versatile Disc Recordable*) — это самый первый формат записываемого DVD, который появился на рынке. Разработчиком формата является компания Pioneer, она же и начала продвижение этого формата на рынок. Несмотря на это, DVD-R входит в семейство форматов, официально поддерживаемых DVD-форумом.

Физически DVD-R-диск это 80 или 120 мм оптический диск толщиной 1,2 мм. Как и обычные DVD-ROM-диски, односторонние DVD-R склеены из нескольких частей: 0,6-миллиметровый прозрачный защитный слой, слой со светоотражающим материалом, на который и производится запись, склеивающий слой и такой же (0,6-миллиметровый) защитный слой. Двухсторонние диски имеют два светоотражающих слоя, разделенных склеивающим слоем. Отражающий слой меняет свои характеристики под воздействием луча лазера повышенной мощности.

Технология записи на DVD-R аналогична используемой в CD-R и базируется на необратимом изменении под воздействием лазера спектральных характеристик информационного слоя, покрытого специальным органическим составом. По большому счету DVD-R не несет в себе ничего нового, технически — это тот же CD-R, только с более тонкими треками и другим форматом хранения данных на диске. Как и CD-R, DVD-R формат однократной записи — диск записывается раз и навсегда. Специалисты компании Pioneer утверждают, что созданные ими "чистые" диски (болванки) DVD-R способны хранить записанную на них информацию в течение 100 лет.

В спецификации 2.0 добавилась возможность защиты записанных дисков от копирования: в служебную область диска записывается идентификационная информация.

DVD-VR

Формат DVD-VR основан на формате DVD-RAM и поддержан DVD-форумом. Формат позволяет записать в реальном времени до 2 ч высококачественной видеоинформации в формате MPEG-2 на односторонний диск DVD-RAM емкостью 4,7 Гбайт и обеспечивает такие возможности, как редактирование уже записанных видеоматериалов, запись различных типов статических изображений. Устройства на базе этого формата выпускают такие компании, как Panasonic, Toshiba, Samsung, Hitachi.

DVD-RAM

DVD-RAM (*Digital Versatile Disc Random Access Memory*) — перезаписываемый формат, разработанный компаниями Panasonic, Hitachi, Toshiba. Формат одобрен DVD-форумом в июле 1997 г. Оборудование и диски этого формата тестировались в течение трех месяцев в более чем 20 компьютерных компаниях-производителях всего мира. Свыше 160 участников форума проголосовало за принятие спецификации. На сегодня это самый распространенный DVD-формат в компьютерной индустрии.

Приводы DVD-RAM читают диски DVD-ROM. В свою очередь, диски DVD-RAM могут быть прочитаны только приводами DVD-ROM так называемого третьего поколения, выпускаемыми с середины 1999 г. Также диски DVD-RAM могут использоваться для записи и воспроизведения потокового видео на оборудовании, поддерживающем спецификацию DVD-VR.

Этот формат вобрал в себя не только технологии, традиционно используемые в оптических дисках. Некоторые решения, используемые в DVD-RAM, пришли в него из магнитооптики. Принцип записи DVD-RAM — это технология изменения фазового состояния поверхности диска при нагреве ее лазером. Главной особенностью DVD-RAM-дисков являются заранее, еще при производстве, выдавленные на диске метки, означающие начало секторов. На логическом уровне главная особенность DVD-RAM в том, что диск можно отформатировать во вполне привычные файловые системы, такие как FAT16 или FAT32.

DVD-RAM-диски могут быть как одно- так и двухсторонними. Первоначально емкость DVD-RAM-дисков составляла 2,58 Гбайт, но впоследствии была увеличена до 4,7 Гбайт. Еще позже появились двухсторонние DVD-RAM-диски, суммарная емкость которых составляла уже 9,4 Гбайт.

Еще одно принципиальное отличие дисков DVD-RAM от всех остальных — эти диски выпускаются в двух модификациях: в картридже и без него. Диски в картридже в основном предназначены для бытовой видеоаппаратуры, где необходимо исключить влияние внешних факторов при интенсивном ручном использовании. Картриджи в свою очередь могут быть двух видов — открываемые и цельные. Картридж представляет из себя коробку размером 124,6 □ 135,5 □ 8,0 мм.

DVD-RW

Встречаются другие названия формата DVD-RW: DVD-R/W и реже DVD-ER.

После создания записываемых DVD-R-дисков логичным шагом стало создание перезаписываемых дисков. Так появился DVD-RW (*Digital Versatile Disc ReWritable*). Разработчиком этого формата снова стала компания Pioneer, соответственно, он построен на тех же принципах, что и DVD-R(G). Используется лазер с такой же длиной волны 650 нм, диски имеют одинаковый формат. Единственное отличие в покрытии. Так же как и в обычных дисках, в CD-RW в качестве отражающего слоя используются материалы, которые могут многократно менять свои свойства (отражающую способность) под воздействием лазерного луча разной мощности. DVD-RW — односторонний 80- или 120-миллиметровый оптический диск толщиной 1,2 мм. Емкость дисков составляет 4,7 Гбайт. По утверждению производителей этих дисков, они могут перезаписываться не менее 1000 раз.

Первоначально появилась спецификация версии 1.0. Для предотвращения копирования защищенных дисков эти болванки имели заранее записанную область Lead In. Оборотным эффектом этого стали проблемы с проигрыванием таких дисков на стационарных проигрывателях некоторых моделей.

Для решения проблем с совместимостью была разработана спецификация версии 1.1, в соответствии с которой DVD-RW-диски также должны иметь заранее записанную область Lead In для предотвращения копирования защищенного материала, но на этот раз эта область записывалась стандартными средствами, а не заранее на заводе-изготовителе (методом выдавливания). Благодаря этому DVD-проигрыватели более уверенно читают такие диски. Большинство современных дисков DVD-RW выполнены в соответствии с требованиями именно спецификации версии 1.1.

Для защиты содержимого DVD-RW-дисков был разработан вариант B спецификации версии 1.1. Обычно такие диски называют дисками DVD-RW ти-

па B. От обычных они отличаются тем, что в служебной зоне диска записан уникальный 64-разрядный номер (disk ID). На основе этого номера содержимое диска кодируется по алгоритму 56-bit C2 (*Cryptomeria*). При проигрывании такого диска считывается ID-номер, а затем раскодируется содержимое диска. При копировании такого диска копируется только содержимое, а не уникальный disk ID, поэтому воспроизвести скопированное будет нельзя.

Первый DVD-RW-проигрыватель представлен компанией Pioneer в декабре 1999 г. Это было бытовое устройство для проигрывания и копирования DVD-дисков. Стоило оно около 2500 USD при цене болванки 30 USD. Существовало несколько режимов записи, которые давали разное качество картинки. В зависимости от выбранного режима процесс копирования диска занимал от 1 до 6 ч. Чтобы не допустить "пиратского копирования", для записи дисков DVD-RW использовался новый формат записи, названный DVD-VR (Video Recording). В результате записанные диски не могли быть просмотрены на стандартном DVD-проигрывателе. Даже если физические характеристики проигрывателя позволяли считать данные с диска DVD-RW, то декодировать их никак не получалось.

Такая политика не способствовала популярности устройств этого формата, поэтому вскоре появилась его новая версия. В ней предусматривалась возможность записи дисков DVD-R по формату DVD-Video. Это позволило проигрывать записанные диски на обычных DVD-проигрывателях.

DVD+RW

Кроме стандартов, официально поддерживаемых DVD-форумом, некоторые члены консорциума — Dell, Hewlett-Packard, Mitsubishi, Philips, Ricoh, Sony, Yamaha — разработали свой собственный формат. Несмотря на то что большинство этих фирм входят в DVD-форум, сам консорциум не имеет над ними никакой власти. Поэтому отсутствие официальной поддержки со стороны DVD-форума не мешает существовать и развиваться DVD+RW (*Digital Versatile Disc ReWritable*).

Первоначально на свет появилась спецификация формата DVD+RW версии 1.0. Она появилась еще в 1997 г. и предусматривала запись на диски емкостью 2,8 Гбайт 650-нанометровым лазером. Первая версия стандарта не была совместима с DVD-Video, поэтому в конце 1999 г. ее полностью вытеснила новая спецификация на формат записи потокового видео (DVD+RW Video Format), которая предусматривала запись 4,7 Гбайт на одну сторону.

Устройства и диски, работающие в этом формате, полностью совместимы с оборудованием, работающим в формате DVD-Video. Это значит, что диски DVD+RW, содержащие видеоматериалы, могут быть воспроизведены на выпущенной ранее бытовой аппаратуре DVD.

Для записи используется та же технология, что и в дисках CD-RW, поэтому принципы, на которых основаны диски DVD+RW, идентичны тем, что применяются в DVD-RW. Разница заключается лишь в используемом формате записи. Так, например, диски DVD+RW поддерживают запись в несколько приемов. Благодаря более точному позиционированию лазерной головки и высокой степени контроля за ее перемещением в процессе записи привод DVD+RW позволяет перезаписывать любую часть содержимого диска поверх, не стирая ранее записанные данные. Это же позволяет осуществить и уникальную коррекцию ошибок при записи: плохо записанный сектор перезаписывается заново. Кроме этого, DVD+RW имеет более совершенную, по сравнению с DVD-RW, систему контроля ошибок.

DVD+R

Формат DVD+R появился только в середине 2002 г. DVD+R основан на тех же принципах, что и DVD+RW за исключением того, что для отражающего слоя применяется материал, подобный используемому в CD-R. Поэтому у дисков DVD+R отражающая способность записываемого слоя оказалась выше, чем у DVD+RW. Следовательно эти диски должны более уверенно читаться стационарными проигрывателями и приводами DVD-ROM.

Форматы Blu-Ray и HD-DVD

Дальнейшее развитие технологии записи данных на компакт-диски сегодня пошло по пути использования голубых лазеров, что позволяет поднять объем данных почти до 50 Гбайт. Причем разработчики снова предложили пользователям два конкурирующих стандарта — *Blu-Ray* ("голубой луч") и *HD-DVD* (High Definition DVD, DVD высокого разрешения). Оба варианта несовместимы друг с другом.

Ожесточенная борьба между двумя стандартами, к счастью, быстро кончилась, и в 2008 г. победа осталась за Blu-Ray. Тут, видимо, сказалось то, что она применяется в игровой приставке Playstation 3, а сама приставка является неплохой альтернативой компьютерам PC, т. к. позволяет устанавливать про-

извольную операционную систему. Но, как заявил позже представитель корпорации Samsung, время жизни технологии Blu-Ray вряд ли превысит 5 лет. А корпорация Hitachi уточнила, что будет совершенствовать технологию HD-DVD и не собирается полностью прекращать работу над этим проектом, несмотря на отказ представителей кинобизнеса ее использовать.

Основная причина, которая заставляет производителей внедрять технологии Blu-Ray и HD-DVD, — это видеоформат высокого разрешения HD (High Definition). Если в обычном видеокадре насчитывается 525 строк развертки в изображении, то кадр изображения с высокой четкостью содержит от 720 до 1080 строк развертки. Соответственно, стандартного объема DVD (4,7 или 8,5 Гбайт) не хватает для записи фильмов в формате HD.

Двумя группами производителей были разработаны довольно похожие друг на друга новые стандарты компакт-дисков с чтением/записью голубым лазером. Уменьшение длины волны (405 нм вместо 650 нм в DVD) позволило уменьшить дифракцию, а это обеспечивает более точную фокусировку на поверхности чтения/записи.

Компакт-диск HD-DVD по конструкции аналогичен традиционному компакт-диску DVD и состоит из двух соединенных оборотными сторонами подложек диаметром 120 мм и толщиной 0,6 мм. У компакт-диска может быть до трех слоев по 15 Гбайт для записи данных, что дает в сумме 45 Гбайт или до 12 часов записи в формате HD.

Формат Blu-Ray имеет толщину подложки всего 0,1 мм (остальные размеры аналогичны DVD), для нее используется специальное полимерное покрытие, которое устойчиво к протирке диска бытовыми средствами очистки и на котором не остаются царапины. Компакт-диск может иметь до двух слоев, хотя анонсируются и четырехслойные варианты. Однослойный BD-диск имеет емкость 23,3/25/27 Гбайт для записи данных или 9 часов видео HD.

Для обоих форматов используются приводы компакт-дисков, по габаритам и внешнему виду аналогичные приводам DVD. Плюс в новых приводах можно читать и писать компакт-диски формата DVD, а также читать формат CD.

Но не следует думать, что мы обязательно будем в будущем пользоваться Blu-Ray или HD-DVD, т. к. регулярно поступают сообщения о новых технологиях, в частности, о *голографической записи*, когда на диск записывается несколько сотен гигабайт информации, и т. д. Можно сказать, прогресс в области компьютерных технологий идет так стремительно, что прогнозировать что-либо на длительный срок — неблагодарное дело. В частности, сами разработчики и производители спецификации Blu-Ray уже в конце 2008 г. стали

говорить, что срок жизни данной технологии будет недолгим и, скорее всего, уже в 2012 г. она будет вытеснена новыми форматами.

> ***Примечание***
>
> Формат HD-DVD поддерживался студиями Universal Studios Home Entertainment, Paramount Home Entertainment, New Line Cinema, Warner HomeVideo и HBO.
>
> Формат Blu-Ray изначально поддерживался студиями Walt Disney Pictures, Twentieth Century Fox, Warner Bros, Sony Pictures, Lions Gate Home Entertainment и MGM.

Следует указать на ряд проблем для победителя гонки с голубым лазером. Хотя Blu-Ray и остался в гордом одиночестве, пользователи не стремятся в магазины за BD-дисками и приводами. И дело не только в цене. В первую очередь, технология Blu-Ray была разработана для защиты авторских прав киноиндустрии, поэтому об интересах пользователей компьютеров думали в последнюю очередь. Соответственно, вопрос о хранении произвольных данных на дисках Blu-Ray пока остается открытым, т. к. не ясно, можно ли будет прочитать записанный на одном компьютере диск на другом, поскольку в технологии Blu-Ray используются многочисленные системы защиты от несанкционированного чтения и копирования. Причем имеет место жесткая система лицензирования и отбора заводов, которые имеют право выпускать продукцию с технологией Blu-Ray.

Еще одна "ложка дегтя" для технологии Blu-Ray состоит в том, что разработчики, как и для DVD, установили зоны пользования (коды регионов), правда, всего три:

- 1 или A — Америка, Восточная и Юго-Восточная Азия (исключая Китай);
- 2 или B — Европа, Океания, Африка, Ближний Восток;
- 3 или C — Центральная и Южная Азия, Монголия, Россия, Казахстан, Китай.

Трудно сказать, с какой позиции подходили к определению зон, но Россия и Украина оказались в разных.

Правила эксплуатации компакт-дисков

Компакт-диск представляет собой металлизированный пластмассовый диск диаметром 110 мм и толщиной 1,2 мм. На верхнюю сторону наносится свето-

отражающий алюминиевый слой, который покрыт защитным лаком для предотвращения повреждений. Подобно долгоиграющим пластинкам (и в отличие от жестких дисков) питы располагаются не на концентрических окружностях, а идут по спирали. Причем эта спираль начинается от центра носителя. Ширина питов составляет 0,6 мкм, а расстояние между дорожками — 1,6 мкм, за счет чего и обеспечивается большая емкость этого носителя информации.

Несмотря на то что компакт-диски являются достаточно надежными и прочными, при их эксплуатации необходимо соблюдать правила эксплуатации:

- никогда не держите CD открытым, а укладывайте его в специальный защитный футляр;
- не касайтесь поверхности диска пальцами, берите его за края.

Хотя у приводов CD-ROM есть механизм корректировки ошибок, но в случае повреждений поверхности, которые на аудиодисках приводят к "выпадению" нескольких миллисекунд звука, для информационных дисков делают дефектным весь диск. Кроме того, механизмы коррекции ошибок не всегда справляются со своими задачами.

Чтобы предотвратить скопление пыли внутри привода, следует уделять внимание тому, чтобы сам привод был по возможности лучше экранирован от проникновения в него частиц пыли и дыма.

Глава 13

Устройства отображения информации

Важнейшим устройством отображения компьютерной информации является монитор. Но прежде чем перейти к разговору о принципах работы современных мониторов и рассмотрению их характеристик, кратко перечислим основные типы мониторов, используемых совместно с PC. С точки зрения принципа действия все мониторы для PC можно разделить на две большие группы.

- Мониторы на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), называемой также *кинескопом*.
- Плоскопанельные мониторы, выполненные, как правило, на основе жидких кристаллов, т. е. иначе жидкокристаллические (ЖК) или иначе LCD-мониторы (Liquid Crystal Display).

Помимо мониторов, в PC могут использоваться и другие устройства отображения информации, ориентированные на решение мультимедийных или презентационных задач:

- проекционные устройства, подключаемые к PC;
- устройства формирования объемных (стереоскопических) изображений.

Мониторы на основе ЭЛТ

Длительное время наиболее распространенными устройствами отображения информации являлись мониторы на основе ЭЛТ. Принцип действия таких мониторов мало отличается от принципа действия обычного телевизора и заключается в том, что испускаемый электронной пушкой пучок электронов, попадая на экран, покрытый люминофором, вызывает его свечение. На пути

пучка электронов обычно находятся дополнительные электроды: модулятор, регулирующий интенсивность пучка электронов и связанную с ней яркость изображения, фокусирующий электрод, определяющий размер светового пятна, а также размещенные на горловине ЭЛТ катушки отклоняющей системы, позволяющие изменять направление пучка.

Заметим, что любое текстовое или графическое изображение на экране монитора компьютера (так же как и телевизора) состоит из множества дискретных точек люминофора, представляющих собой минимальный элемент изображения (растра), называемых *пикселами*. Такие мониторы называются *растровыми*. Электронный луч в этом случае периодически сканирует весь экран, образуя на нем близко расположенные строки развертки. По мере движения луча по строкам видеосигнал, подаваемый на модулятор, изменяет яркость светового пятна и образует видимое на экране изображение. Разрешающая способность монитора определяется числом элементов изображения, которые он способен воспроизводить по горизонтали и вертикали, например, 640□480 или 1024□768 пикселов.

Если в телевизоре видеосигнал, управляющий яркостью (интенсивностью электронного пучка), является аналоговым, т. е. непрерывным по времени и уровню, то в мониторах PC может использоваться как аналоговый, так и цифровой видеосигнал. В зависимости от этого мониторы на основе ЭЛТ принято разделять на *аналоговые* и *цифровые*. Исторически первыми устройствами отображения информации — мониторами для PC — были именно цифровые мониторы (TTL).

Цифровые (TTL) мониторы

Управление цифровыми мониторами осуществляется двоичными сигналами, которые имеют только два значения: логическую единицу — "1" и логический ноль — "0" ("да" и "нет"). Уровню логической единицы соответствует напряжение около 5 В, уровню логического нуля — не более 0,4 В. Поскольку такие же уровни логической "1" (2,4—5 В) и логического "0" (0—0,4 В) используются в широко распространенной стандартной серии микросхем на основе транзисторно-транзисторной логики, или TTL (*Transistor Transistor Logic* — транзисторно-транзисторная логика), цифровые мониторы часто называют TTL-мониторами. Первые TTL-мониторы были монохромными, более поздние модели — цветными.

Монохромные цифровые мониторы

К этой группе относятся монохромные мониторы, сигналы управления которыми формируются графическими картами стандартов MDA (*Monochrome Display Adapter*) или Hercules, изредка — EGA (*Enhanced Graphics Adapter*). Уже из самого названия "монохромный" ясно, что точка на экране может быть только светлой или темной. В лучшем случае точки могут различаться еще и своей яркостью.

Монитор Hercules формирует изображение только в виде светлых и темных точек с разрешением 720□350; растр на его экране появляется только при подключении к PC. Это происходит потому, что блок развертки монитора генерирует сигналы для отклоняющей системы только при наличии внешних синхроимпульсов от видеоадаптера.

Цветные (RGB) цифровые мониторы

Поскольку кинескоп цветного монитора имеет не одну, а три электронные пушки для красного (*Red*), зеленого (*Green*) и синего (*Blue*) цветов с раздельным управлением, его также называют *RGB-монитором*. Заметим, что современные аналоговые мониторы также являются RGB-мониторами, поскольку термин "RGB-монитор" обозначает только тот факт, что сигналы основных цветов подаются на монитор независимо, по трем отдельным проводам, при этом характер сигнала (цифровой или аналоговый) значения не имеет. Данный термин был введен для того, чтобы отличать такие мониторы от более ранних моделей цветных мониторов, управление которыми, подобно телевизору, осуществлялось композитным видеосигналом, несущим информацию о яркости и цветности и передававшимся по одному проводу. В частности, такой композитный видеосигнал может формировать видеоадаптер CGA (*Color Graphic Adapter*), для чего на нем имеется специальный коаксиальный разъем типа RCA, также известный под названием "тюльпан".

Цифровые RGB-мониторы предназначены для подключения к видеоадаптерам стандарта CGA и EGA. Размер палитры (максимально возможное количество отображаемых цветов) каждого из мониторов определяется количеством двоичных сигналов, используемых для управления электронными пушками.

Видеосигнал на монитор CGA подается по четырем проводам: трем основным (R, G, B) и одному дополнительному (Intensity, или I). Сигнал I изменяет интенсивность электронных пучков, излучаемых всеми тремя пушками одно-

временно. В этом случае говорят о цветовой модели IRGB, позволяющей отобразить $2^4 = 16$ цветов.

На монитор EGA видеосигнал подается уже по шести проводам: сигналы трех основных (R, G, B) и трех дополнительных (r, g, b) цветов, позволяющие индивидуально регулировать интенсивность электронного пучка каждой пушки. Такая модель называется RrGgBg. Она позволяет отобразить $2^6 = 64$ оттенка цвета, однако ее возможности использованы в видеосистеме EGA лишь частично — из-за ограниченного объема видеопамяти для кодирования цвета пиксела используется не более 4 бит, поэтому одновременно можно отобразить только 16 цветов.

Аналоговые мониторы

В данном случае речь пойдет о мониторах, которые работают с видеоадаптерами стандарта VGA (*Video Graphics Array*) и выше. Они способны поддерживать разрешение 640□480 пикселов и более высокое.

Главная причина перехода к аналоговому видеосигналу состоит в ограниченности палитры цифрового монитора. При использовании двоичных видеосигналов расширение палитры возможно только за счет увеличения количества цветов, однако это тупиковый путь: если количество проводов в кабеле еще можно увеличить, то количество управляющих электродов (модуляторов) электронной пушки увеличить нельзя. Если, к примеру, задаться целью получить режим True Color (24 бита на пиксел) на цифровом мониторе, то придется сконструировать ЭЛТ с тремя электронными пушками, каждая из которых должна иметь 8 (!) модуляторов. Совершенно очевидно, что это нереально.

В результате разработчики стали использовать не цифровой (двоичный), а аналоговый видеосигнал, который может принимать любое значение в диапазоне от 0 до 0,7 В. Поскольку этих значений бесконечно много, то палитра аналогового монитора не ограничена. Другое дело, что видеоадаптер может обеспечить только конечное количество градаций уровня видеосигнала, что в итоге ограничивает палитру всей видеосистемы в целом.

Аналоговые мониторы так же, как и цифровые, бывают цветными и монохромными, при этом цветной монитор может работать в монохромном режиме. Наиболее распространены, естественно, цветные мониторы, однако и монохромные аналоговые мониторы пользуются спросом, поскольку имеют ряд преимуществ по сравнению с цветными: меньшие габариты и энергопотребление, более низкую стоимость, лучшую резкость изображения (в них отсутствует зернистая структура люминофора, свойственная цветным мониторам).

Максимальное количество градаций серого, которое может отображать видеосистема с монохромным монитором, определяется видеоадаптером (точнее, разрядностью его цифроаналогового преобразователя и объемом видеопамяти). При использовании стандартного видеоадаптера VGA можно получить 64 оттенка серого, при использовании более современных адаптеров SVGA — 256.

Видеосигнал на аналоговый монитор подается через 15-контактный трехрядный D-образный разъем.

Мультичастотные мониторы

Синхронизация означает не что иное, как временное согласование работы видеоадаптера и монитора. С этой точки зрения видеоадаптер формирует два сигнала синхронизации: строчной частоты (сигнал синхронизации по горизонтали, или строкам; измеряется в килогерцах) и кадровой частоты (сигнал синхронизации по вертикали, или кадрам; измеряется в герцах). В различных режимах и, соответственно, при различных разрешениях частоты этих сигналов могут различаться.

Все современные мониторы в первом приближении можно разделить на три большие группы:

- с фиксированной частотой;
- с несколькими фиксированными частотами;
- многочастотные (их также называют мультичастотными).

Мониторы с фиксированной частотой воспринимают синхросигналы какой-либо одной частоты, например, для кадровой развертки 60 Гц, для строчной — 31,5 кГц. Мониторы с несколькими фиксированными частотами менее критичны к значениям частот синхроимпульсов и могут работать с набором из двух или более сочетаний частот кадровых и строчных синхроимпульсов. Мультичастотные мониторы, называемые иногда Multisync, обладают способностью настраиваться на произвольные значения частот синхросигналов из некоторого заданного диапазона, например, 30—64 кГц для строчной и 50—100 Гц для кадровой развертки.

Принцип работы мониторов

Чтобы разобраться, как работает монитор PC, неплохо бы вспомнить физику.

Формирование растра

Для формирования растра (рис. 13.1) в мониторе используются специальные сигналы. В цикле сканирования луч движется по зигзагообразной траектории от левого верхнего угла до правого нижнего. Прямой ход луча по горизонтали синхронизируется сигналом строчной (горизонтальной — *H. Sync*) развертки, а по вертикали — кадровой (вертикальной — *V. Sync*) развертки. Перевод луча из крайней правой точки строки в крайнюю левую точку следующей строки (обратный ход луча по горизонтали) и из крайней правой позиции последней строки экрана в крайнюю левую позицию первой строки (обратный ход луча по вертикали) происходит с помощью специальных сигналов обратного хода.

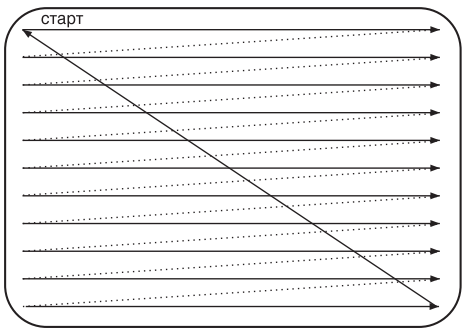


Рис. 13.1. Формирование растра на экране монитора

Таким образом, наиболее важными для монитора являются следующие параметры: *частота вертикальной* (кадровой) развертки, *частота горизонтальной* (строчной) развертки, а при работе с высокими разрешениями важна также *ширина полосы пропускания видеотракта*.

Описанный выше способ формирования изображения применяется и в телевизорах. Здесь частота обновления изображения (частота кадров) составляет 25 Гц. С первого взгляда кажется, что это очень низкая частота. Однако в телевидении для сокращения полосы частот спектра телевизионного сигнала применяется *чересстрочная развертка*, т. е. полный растр получается за два приема. Сначала за время, равное 1/50 с, передаются (воспроизводятся) только нечетные строки: 1, 3, 5 и т. д. Эта часть растра называется полем нечетных строк или нечетным полукадром. Затем развертывающий электронный луч быстро переводится от нижнего края экрана вверх и попадает в начало второй (четной) строки. Далее луч прорисовывает все четные строки: 2, 4, 6 и т. д. Так

формируется поле четных строк или четный полукадр. Если наложить оба полукадра друг на друга, то получится полный кадр изображения.

Данный способ формирования изображения как в мониторах, так и в телевизорах оказался возможным благодаря двум свойствам, а точнее недостаткам, нашего зрения, перечисленным далее.

- *Инерционность восприятия световых раздражений*, т. е. возникновение и прекращение фотохимических реакций в сетчатке глаза после начала и окончания воздействия импульса света происходит не мгновенно, а с задержкой, характеризующей эту инерционность. Для обычно встречающихся условий наблюдения время возникновения зрительного ощущения составляет около 0,1 с. Время сохранения светового возбуждения составляет 0,4—1,0 с после окончания действия светового раздражителя. Благодаря такому свойству зрения оказалось возможным производить поэлементную развертку изображения от строки к строке и от одного полукадра к другому (при чересстрочном способе формирования изображения), т. е. изображение представляется в виде быстро сменяющейся последовательности строк и кадров.

- *Ограниченная разрешающая способность по перемещениям.* Это свойство учитывается при отображении движущихся предметов на экране монитора или телевизора. Для того чтобы движения казались плавными, каждое изменение положения предметов должно быть передано небольшими "порциями", т. е. различия в картинках должны быть достаточно малыми (как в мультипликации). Движение передается путем покадрового воспроизведения отдельных мало отличающихся друг от друга фаз движения.

Как уже отмечалось, глаз человека воспринимает смену изображений как непрерывное движение с частотой не ниже 20—25 Гц. Исходя из этого и выбиралась частота смены полей в телевидении. Для мониторов частота кадров имеет важнейшее значение, поскольку во многом определяет устойчивость изображения по вертикали (отсутствие мерцаний) и, как следствие, утомляемость глаз. Поэтому частоту кадров монитора PC, наряду с использованием построчного способа формирования изображения, стараются по возможности повышать: чем выше частота кадров, тем устойчивее изображение, следовательно, тем менее утомляет работа за таким монитором. У хороших мониторов кадровая частота поддерживается на уровне 70—80 Гц и более. Однако повышение этой частоты требует увеличения частоты строчной развертки, т. к. уменьшается время, отводимое на формирование каждой точки изображения. Частота строк в килогерцах определяется произведением частоты вертикальной развертки на количество строк, выводимых в одном кадре (разрешающая способность по вертикали).

Полоса частот видеосигнала, измеряемая в мегагерцах, определяет самые высокие частоты видеосигнала или, что то же самое, размер наиболее мелких деталей изображения. Приблизительно эта величина может быть получена как произведение количества точек в строке (разрешающая способность по горизонтали) и частоты строчной развертки.

Формирование цветного изображения

Принцип формирования растра у цветного монитора такой же, как и у монохромного. Однако в основу способа формирования цветного изображения положены другие важнейшие свойства цветового зрения.

- *Трехкомпонентность* цветового восприятия. Это означает, что все цвета могут быть получены путем сложения (смешения) трех световых потоков, например красного, синего и зеленого, что позволило в цветных телевизорах и мониторах использовать метод аддитивного смешения цветов. Данный метод можно проиллюстрировать путем одновременной непрерывной проекции на экран изображений трех основных цветов при условии перекрывания ими одной и той же поверхности экрана (рис. 13.2). В соответствии с теорией трехкомпонентного цветовосприятия, используя смешение трех основных цветов, оказалось возможным получить требуемую гамму цветовых оттенков. При смешении в определенной пропорции основных цветов — красного, синего и зеленого — получаются цвета, приведенные на рис. 13.2.

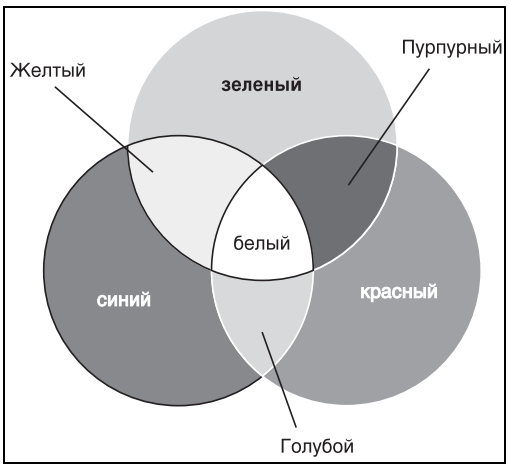


Рис. 13.2. Модель аддитивного смешения цветов

- *Пространственное усреднение цвета.* Если на цветном изображении имеются близко расположенные цветные детали, то с большого расстояния мы не различаем цвета отдельных деталей. Вся группа будет окрашена в один цвет в соответствии с законами смешения цветов. Это свойство зрения позволяет в электронно-лучевой трубке монитора формировать цвет одного элемента изображения из трех цветов расположенных рядом люминофорных зерен.

Рис. 13.3. Схема размещения пикселов на экране монитора

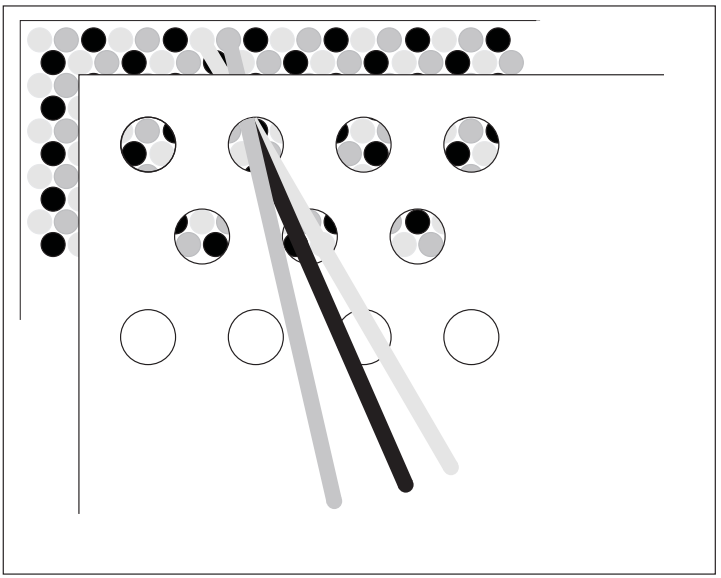


Рис. 13.4. Полная модель образования цветов на экране монитора

В соответствии с особенностями человеческого зрения, в ЭЛТ цветного монитора имеются три электронные пушки с отдельными схемами управления, а на внутреннюю поверхность экрана нанесен люминофор трех основных цветов: красный, синий и зеленый (рис. 13.3, 13.4). Чтобы каждая пушка "стреляла" только по своим пятнам люминофора, в каждом цветном кинескопе имеется специальная цветоделительная маска.

В зависимости от расположения электронных пушек и конструкции цветоделительной маски различают ЭЛТ четырех типов, используемых в современных мониторах:

- ЭЛТ с *теневой маской* (*Shadow mask*) и дельтаобразным расположением электронных пушек — наиболее распространенные ЭЛТ (рис. 13.5, *а*);
- ЭЛТ с *улучшенной теневой маской* (*EDP — Enhanced Dot Pitch*) и планарным расположением электронных пушек, обеспечивающие повышенное разрешение (такими ЭЛТ оснащены мониторы фирмы Hitachi) (рис. 13.5, *б*);

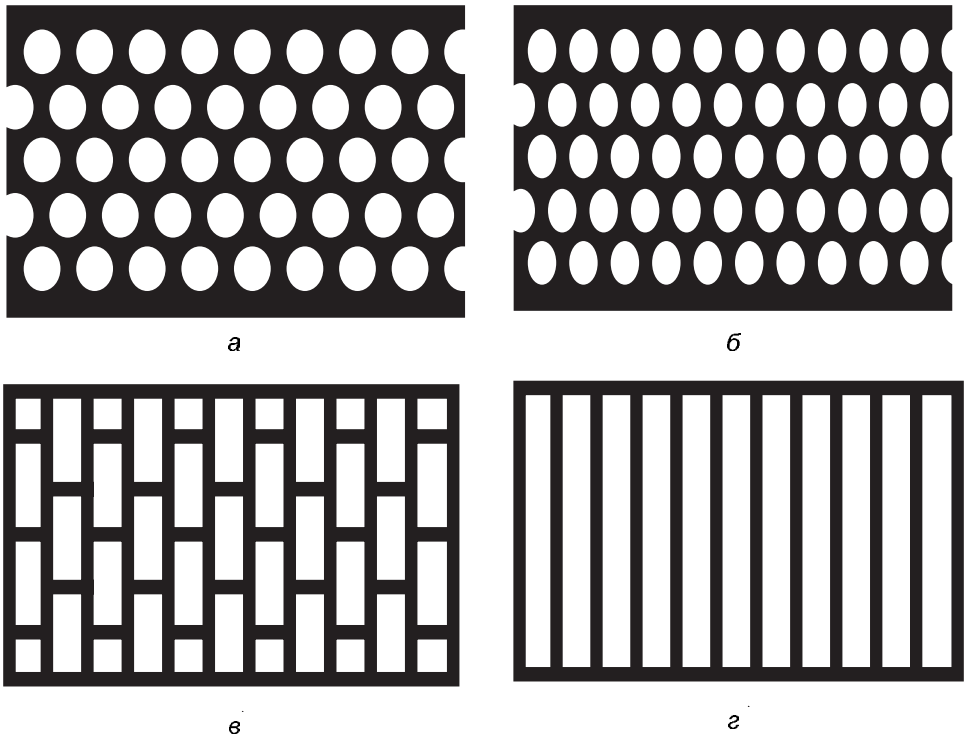


Рис. 13.5. Типы цветоделительной маски

- ЭЛТ со *щелевой маской* (*Slot mask*) — этот тип ЭЛТ, широко используемый в телевизорах, применяется в мониторах фирмы NEC и носит название Cromaclear (рис. 13.5, *в*);
- ЭЛТ с *апертурной решеткой* (*Aperture grill, AG*), к которым относятся ЭЛТ типа Trinitron фирмы Sony, DiamondTron фирмы Mitsubishi и SonicTron фирмы ViewSonic (рис. 13.5, *г*).

Теневая маска представляет собой металлическую пластину из специального материала — инвара — с системой отверстий, соответствующих триадам точек люминофора, нанесенным на внутреннюю поверхность кинескопа (рис. 13.6). Очень низкий коэффициент линейного расширения инвара обеспечивает стабильность формы теневой маски при ее разогреве за счет электронной бомбардировки.

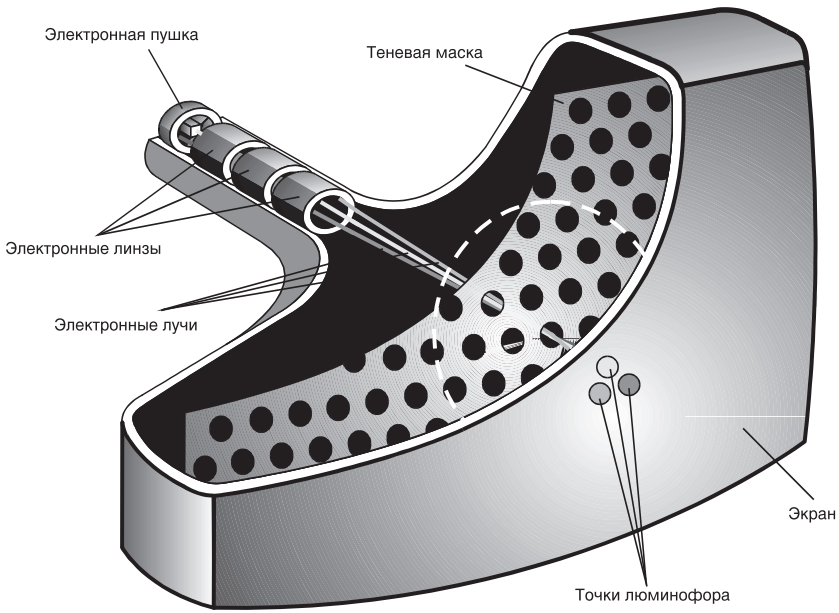


Рис. 13.6. Конструкция электронно-лучевой трубки с теневой маской

Апертурная решетка образована системой щелей, выполняющих ту же функцию, что и отверстия в теневой маске (рис. 13.7).

Размер точек люминофора, необходимый для обеспечения требуемого разрешения, зависит от размеров экрана. Чем больше нужно разместить точек и чем меньше экран, тем плотнее приходится располагать точки.

При прочих равных условиях четкость изображения на мониторе тем выше, чем меньше размер точки люминофора (*Dot Pitch*) на внутренней поверхности экрана. Размер точек, а точнее, среднее расстояние между ними, называется *зерном*. У различных моделей мониторов данный параметр имеет значение от 0,21 до 0,41 мм (у хороших мониторов — не более 0,28 мм).

Чтобы узнать, в каком режиме ваш монитор еще может разделять отдельные пикселы, необходимо определить размер пикселов в различных режимах работы монитора.

Для обычного монитора с размером экрана 14" по диагонали ширина экрана составляет около 265 мм. Режим 640□480 требует отображения 640 точек на одну линию. Следовательно, расстояние между точками должно быть не более 0,41 мм (265/640).

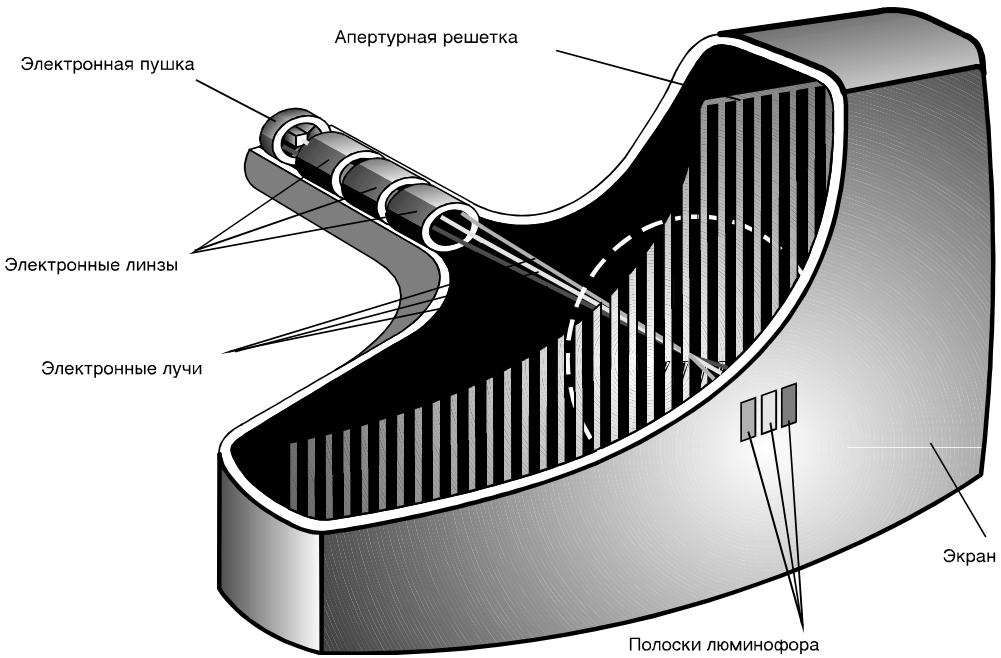


Рис. 13.7. Конструкция электронно-лучевой трубки с апертурной решеткой

Люминофорное покрытие экрана

Качество люминофора определяется составом и свойствами химических элементов, из которых его получают. В дешевых химических соединениях ис-

пользуются частицы, которые хотя и высвечиваются при попадании на них электронного пучка, но имеют короткий период послесвечения.

Высвеченные пикселы экрана должны продолжать светиться в течение времени, которое необходимо электронному лучу, чтобы просканировать весь экран и вернуться снова для активизации данного пиксела при прорисовке уже следующего кадра. Следовательно, минимальное время послесвечения должно быть не меньше периода смены кадров изображения — 20 мс. При невыполнении этого требования появляется мерцание изображения. При использовании высококачественных и дорогих материалов такой эффект не наблюдается. Каждая точка светится ровно столько, сколько необходимо лучу для сканирования всего экрана. Изображения на экранах, покрытых высококачественным люминофором, кажутся контрастными, абсолютно чистыми и немерцающими.

Вместе с тем, электронный пучок должен обладать определенной энергией, вызывающей послесвечение точек экрана. Это обеспечивается соответствующими значениями анодного (высокого) и ускоряющего напряжений электронно-лучевой трубки.

Диагональ экрана монитора

Диагональю экрана монитора, как и телевизора, называется расстояние между левым нижним и правым верхним углом экрана. Это расстояние измеряется в дюймах. Не путайте этот параметр с диагональю рабочей области экрана, доступной для отображения информации. В отличие от телевизоров многочисленные производители под диагональю экрана понимают геометрический размер диагонали электронно-лучевой трубки и не учитывают размеры черного поля, расположенного по периметру экрана. Это черное поле не входит в рабочую область экрана. Размеры его определяются конструкцией электронно-лучевой трубки.

В качестве стандарта для PC выделились мониторы с диагональю 17", что примерно соответствует 40—43 см диагонали видимой области. Для профессиональной работы, особенно с настольными издательскими системами и САПР, лучше использовать монитор размером 19" или 21".

Размер зерна экрана (Dot Pitch)

Качество изображения в значительной степени зависит от типа используемой цветоделительной маски. Важнейшей характеристикой маски является расстояние между ближайшими отверстиями, предназначенными для луча одного

цвета. Очевидно, что это расстояние определяется размером зерен люминофора, образующих триаду (в идеале эти размеры совпадают). Например, для теневой маски этот параметр называется *шаг точки* (*Dot Pitch*). Для апертурной решетки используют понятие *шаг полосы* (*Strip Pitch*). Расстояние между отверстиями маски измеряется в миллиметрах.

Примечание

Очень часто в обиходе для любого типа ЭЛТ используют один термин — Dot Pitch — не совсем правильная, но устоявшаяся практика, поэтому, используя данный термин, следует помнить, что для различных ЭЛТ данный параметр определяется по-разному (рис. 13.8).

Все мониторы с зерном более 0,28 мм относятся к категории дешевых и грубых. Лучшие мониторы имеют зерно 0,24 мм, а у самого качественного известного нам монитора (и, естественно, самого дорогого) эта величина равна 0,21 мм.

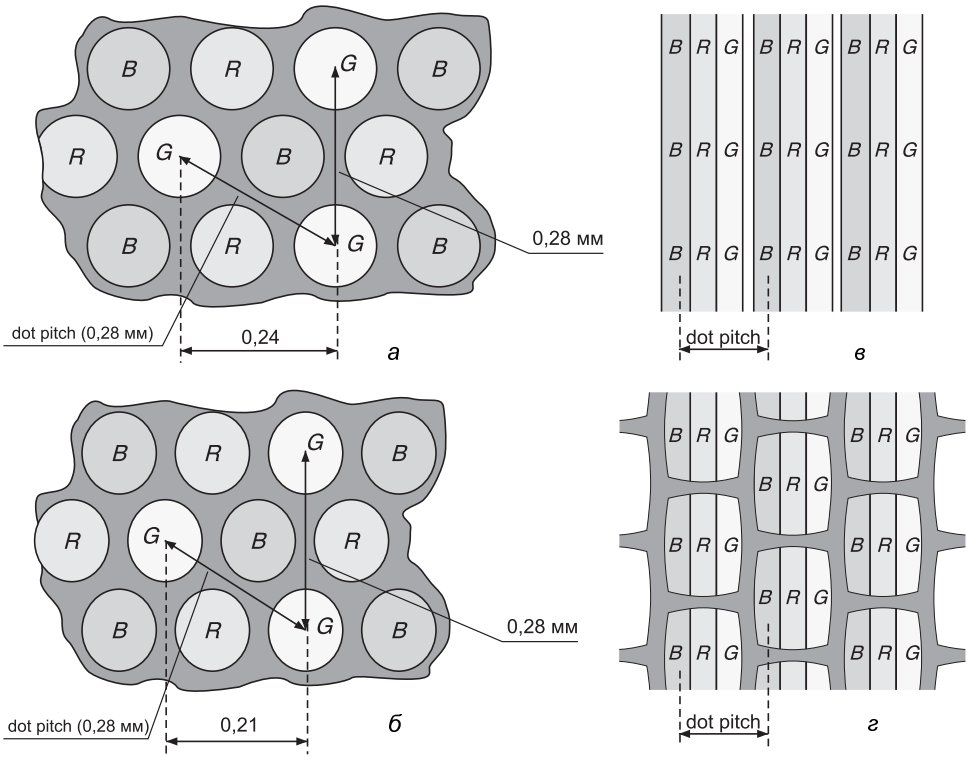


Рис. 13.8. Трактовка параметра Dot Pitch для ЭЛТ различных типов

Разрешение

С разрешением VGA 640□480 точек в настоящее время работают относительно редко. Как правило, этот режим используется для работы в режиме администратора для исправления проблем при загрузке операционной системы. Так же данное разрешение используется для промышленных устройств типа кассовых аппаратов.

Если вы сегодня используете аналоговый монитор, то он должен обеспечивать разрешение не ниже 1024□768 или 1280□1024. При меньших разрешениях использовать монитор не рекомендуется, т. к. это вызывает излишнюю утомляемость глаз. Кроме того, в Интернете почти все сайты ныне разрабатываются с учетом того, что разрешение монитора по горизонтали не ниже 1024 точек.

Искажения

Монитор, у которого круг рисуется прямоугольником, конечно же, никуда не годится. Плох и монитор, у которого прямоугольник изображается с углами, меньшими 90□. Однако все современные мониторы практически лишены этих недостатков. Вы обращаете внимание на эти подушкообразные искажения прежде всего при вытягивании изображения на экране далеко вверх, вниз, вправо или влево.

Геометрические искажения легко выявить, если вывести регулировки контрастности и яркости на максимум, а также можно проверить по тестовой таблице (как и в телевизорах), которую имеют многочисленные программы для видеокарт.

Существуют искажения еще одного типа, на которые следует обращать внимание: те, которые возникают при резких светло-темных переходах, так называемые *тянучки*. Если у монитора 14" подобное искажение более 5 мм, то это плохо. Искажение размером не более 3 мм является нормальным, 1—2 мм — это хорошо. Только у совершенных мониторов "тянучки" практически отсутствуют.

Искажения изображения на светло-темных переходах объясняются значительными перепадами мощности тока анода кинескопа, отдаваемой выходным каскадом строчной развертки на нагрузку, в качестве которой выступает электронно-лучевая трубка. При больших перепадах яркости изображения степень этих искажений зависит от мощности строчного трансформатора.

Антибликовое покрытие

Все мониторы должны иметь антибликовое покрытие. При напылении поверхность экрана обрабатывается при помощи воздушного пистолета, в котором находятся песочные частицы. Такой метод характерен для дешевых мониторов. Его недостатком является то, что графика и картинки на таком экране не могут быть резкими, изображение становится смазанным и рыхлым.

Лучший способ покрытия кинескопа — нанесение специального антибликового слоя: на поверхность экрана электронно-лучевой трубки наносится химическое вещество, обеспечивающее эффект, в результате которого свет не может отражаться от поверхности. Этот метод применяется в высокочувствительных приборах, таких как фотоаппараты, микроскопы, очки и т. д. Антибликовый слой можно узнать по пленке с голубым оттенком.

При подобной обработке поверхность не будет волнистой, как при напылении, а останется без изменения, поэтому контуры изображения будут совершенно четкими. Недостаток этого метода — значительные затраты, необходимые для нанесения антибликового слоя.

Недостатки мониторов на основе ЭЛТ

Несмотря на широкое распространение, мониторы на основе ЭЛТ имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих (а порой и делающих невозможным) использование мониторов. Такими недостатками являются:

- большие масса и габариты;
- значительное энергопотребление, наличие тепловыделения;
- излучения, вредные для здоровья человека;
- значительная нелинейность растра, сложность ее коррекции.

Первые два недостатка не позволяют использовать мониторы на основе ЭЛТ в переносных компьютерах, остальные осложняют работу оператора и наносят вред его здоровью.

Жидкокристаллические мониторы

Основным элементом ЖК-монитора или иначе LCD-монитора (*Liquid Crystal Display*) является ЖК-экран, состоящий из двух панелей, выполненных из стекла, между которыми размещен слой жидкокристаллического вещества.

Эти стеклянные панели обычно называют *подложками*. Как и в обычном мониторе, экран ЖК-монитора представляет собой совокупность отдельных элементов — ЖК-ячеек, каждая из которых генерирует 1 пиксел изображения. Однако, в отличие от зерна люминофора ЭЛТ, ЖК-ячейка сама не генерирует свет, а лишь управляет интенсивностью проходящего света, поэтому ЖК-мониторы всегда используют подсветку.

Одна из первых массовых моделей ЖК-монитора показана на рис. 13.9. В настоящее время выпускается огромное количество самых разнообразных конструкций ЖК-мониторов, которые полностью вытеснили мониторы с ЭЛТ-трубкой почти во всех областях применения.

Рис. 13.9. Плоскопанельный монитор i612 фирмы ADI

Принцип действия ЖК-монитора

По сути ЖК-ячейка представляет собой электронно-управляемый светофильтр, принцип действия которого основан на эффекте поляризации световой волны. Жидкокристаллическое вещество, размещенное между подложками, имеет молекулы вытянутой формы, называемые *нематическими*. Благодаря этому молекулы ЖК-вещества имеют упорядоченную ориентацию, что приводит к появлению *оптической анизотропии*, при которой показатель преломления ЖК-вещества зависит от направления распространения световой волны. Если нанести на подложки мелкие бороздки, то молекулы ЖК-вещества будут ориентированы вдоль этих бороздок. Другим важным свойством ЖК-вещества является зависимость ориентации молекул от направле-

ния внешнего электрического поля. Используя два этих свойства, можно создать электронно-управляемый светофильтр.

Технология Twisted Nematic

В ЖК-мониторах чаще всего используются ЖК-ячейки с "твистированной" (twisted) (закрученной на 90□) ориентацией молекул (рис. 13.10, *а*). Для создания такой ячейки применяются подложки, у которых ориентирующие канавки также развернуты друг относительно друга на угол 90□. Такая ячейка называется *твистированной нематической* (*Twisted Nematic*). Проходя через эту ячейку, плоскость поляризации световой волны также поворачивается на 90□. Помимо ориентирующего действия, подложки ЖК-ячейки играют роль поляризационных фильтров, поскольку пропускают световую волну только с линейной поляризацией. Верхняя подложка называется *поляризатором*, а нижняя — *анализатором*. Векторы поляризации подложек так же, как и векторы их ориентирующего действия, развернуты на 90□ друг относительно друга.

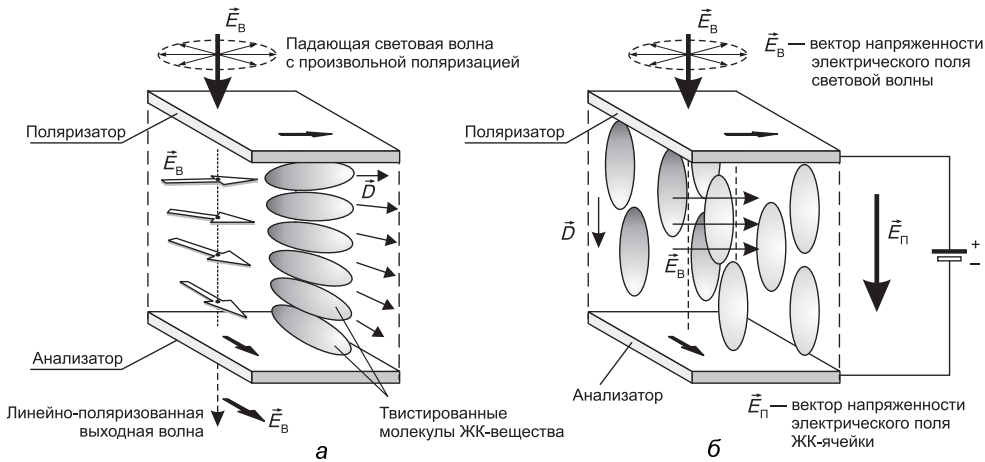


Рис. 13.10. Принцип действия ячейки ЖК-монитора

При отсутствии внешнего электрического поля падающий на ячейку свет проходит через поляризатор и приобретает определенную поляризацию, совпадающую с ориентацией молекул жидкокристаллического вещества у поверхности поляризатора. По мере распространения света по направлению к нижней подложке (анализатору) его плоскость поляризации поворачивается

на 90□. Достигнув анализатора, свет свободно проходит через него, поскольку плоскость его поляризации совпадает с плоскостью поляризации анализатора. В результате ЖК-ячейка оказывается прозрачной.

Ситуация изменится, если к подложкам приложить напряжение 3—10 В. В этом случае между подложками возникнет электрическое поле и молекулы жидкокристаллического вещества расположатся параллельно силовым линиям поля (рис. 13.10, *б*). Твистированная структура жидкокристаллического вещества исчезает, и поворота плоскости поляризации проходящего через него света не происходит. В результате плоскость поляризации света не совпадает с плоскостью поляризации анализатора, и ЖК-ячейка оказывается непрозрачной.

Подсветка ЖК-экрана

При работе с ЖК-ячейкой, принцип действия которой описан выше, используется *просветная система подсветки*. При использовании *отражательной системы* ЖК-ячейка дополнительно снабжается специальным зеркалом, расположенным за анализатором и отражающим прошедший через него свет (рис. 13.11, *а*). Если напряжение между подложками отсутствует, то поворот плоскости поляризации света происходит дважды: при распространении света в прямом и обратном направлениях. При обратном распространении поляризатор выполняет функцию анализатора и пропускает отраженный от зеркала свет. Если к подложкам приложить напряжение, падающий свет поглотится анализатором и не дойдет до зеркала. Ячейка оказывается темной. Изображение на экране ЖК-мониторов с такими ячейками хорошо видно только при достаточном внешнем освещении.

В комбинированной, *отражательно-просветной системе подсветки* используется полупрозрачное зеркало, за которым размещается лампа подсветки (рис. 13.11, *б*). В результате ЖК-ячейка может работать как на просвет, так и на отражение. Комбинированная система подсветки является наиболее эффективной, поскольку позволяет работать при любом освещении. В настоящее время именно она получила наиболее широкое распространение.

В зависимости от места расположения подсветки экраны бывают с *подсветкой сзади* (*backlight*, или *backlit*) и с *подсветкой по бокам* (*sidelight*, или *sidelit*).

В качестве ламп подсветки ЖК-экранов используют специальные электролюминесцентные лампы с холодным катодом, характеризующиеся низким энергопотреблением. Работу ламп подсветки в ЖК-мониторе обеспечивает

так называемый блок стартера. Лампы располагаются горизонтально в верхней и нижней частях панели. В более прогрессивных панелях для обеспечения равномерности освещения используется четырехламповая система подсветки, причем лампы располагаются попарно в верхней и нижней частях панели. Отметим, что в двухламповой системе потеря яркости одной из ламп приводит к появлению затемнения изображения в верхней или нижней частях монитора. Четырехламповые системы свободны от этого недостатка, поскольку снижение яркости одной из двух ламп в паре не приводит к заметному ухудшению освещенности экрана. Четырехламповые системы впервые стали применяться в 17-дюймовых ЖК-мониторах, поскольку там дефект двухламповой системы выражен наиболее ярко. В настоящее время подобная система применяется и в 15-дюймовых мониторах.

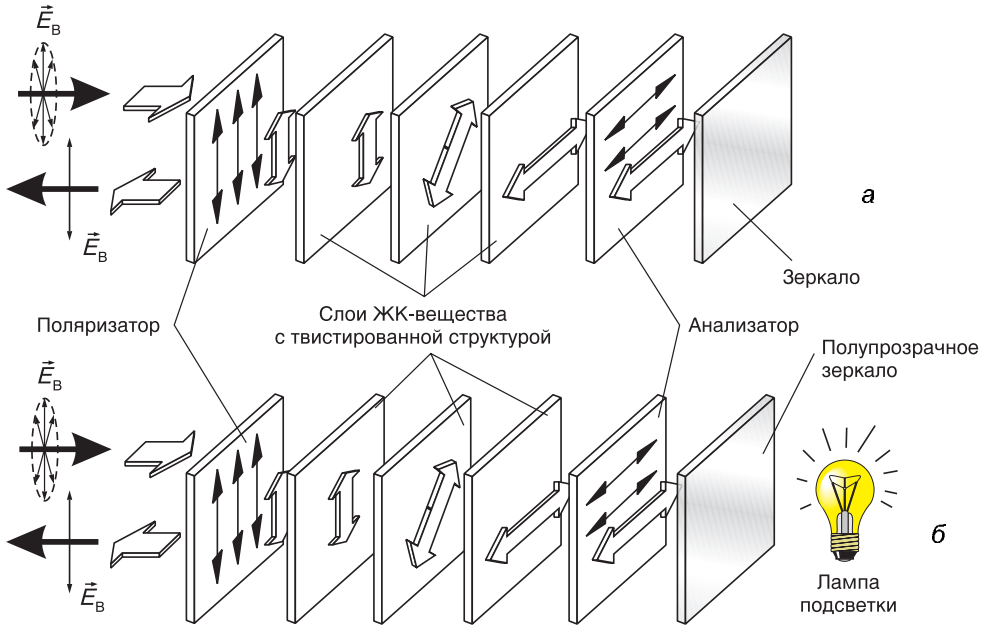


Рис. 13.11. Отражательная (*а*) и отражательно-просветная (*б*) системы подсветки ЖК-ячейки

Если пиксел изображения образован единственной ЖК-ячейкой, изображение на экране будет монохромным. Для получения цветного изображения ЖК-ячейки объединяют в триады, снабдив каждую из них светофильтром, пропускающим один из трех основных цветов.

Недостатки технологии Twisted Nematic

Благодаря применению технологии Twisted Nematic была решена проблема габаритов и энергопотребления, однако эта технология имеет ряд серьезных недостатков.

- Низкое быстродействие ячеек — на изменение ориентации молекул жидкокристаллического вещества требовалось до 500 мс, что не позволяло использовать такие ЖК-экраны для отображения динамических изображений (например, на экране монитора пропадало изображение указателя мыши при ее быстром перемещении).
- Сильная зависимость качества изображения (яркости, контрастности) от внешних засветок.
- Сильное взаимное влияние ячеек, вызванное влиянием управляющего сигнала одной ячейки на соседние.
- Ограниченный угол зрения, под которым изображение на ЖК-экране хорошо видно.
- Низкая яркость и насыщенность изображения.
- Ограниченные размеры ЖК-экрана.
- Высокая стоимость.

Технология Super-Twisted Nematic

Для устранения перечисленных выше недостатков технология Twisted Nematic была усовершенствована. С целью улучшения контрастности изображения угол закручивания молекул ЖК-вещества был увеличен сначала до 120□, а затем — до 270□. Такие ячейки получили название *STN*, или *S-TN* (*Super-Twisted Nematic* — сверхзакрученные нематические ячейки).

Технология Dual Super-Twisted Nematic

Дальнейшим шагом в этом направлении стало использование не одной, а двух ячеек одновременно, последовательно поворачивающих плоскость поляризации в противоположных направлениях. Эта технология получила название *DSTN* (*Dual Super-Twisted Nematic* — двойные сверхзакрученные нематические ячейки).

Двойное сканирование ЖК-экрана

Проблема низкого быстродействия ЖК-ячеек была частично решена путем использования так называемого *двойного сканирования*, когда весь ЖК-экран

разбивается на четные и нечетные строки, обновление которых выполняется одновременно. Двойное сканирование совместно с использованием более подвижных молекул позволило снизить время реакции ЖК-ячейки до 150 мс и значительно повысить частоту обновления экрана.

Технология TFT

Радикально повысить контрастность и быстродействие ЖК-экранов позволила так называемая *технология активных ЖК-ячеек*. От обычной (пассивной) активная ЖК-ячейка отличается наличием собственного электронного ключа, выполненного на транзисторе. Такой ключ позволяет коммутировать более высокое (десятки вольт) напряжение, используя сигнал низкого уровня (около 0,7 В).

Благодаря применению активных ЖК-ячеек стало возможным значительно снизить уровень сигнала управления и, тем самым, решить проблему частичной засветки соседних пикселов. Поскольку электронные ключи выполняются по тонкопленочной технологии, подобные ЖК-экраны получили название *TFT-экраны* (*Thin Film Transistor* — тонкопленочный транзистор).

Технология TFT была разработана специалистами фирмы Toshiba. Она позволила не только значительно улучшить показатели ЖК-мониторов (например, яркость, контрастность, угол зрения), но и создать на основе активной ЖК-матрицы цветной монитор. Каждый элемент такой ЖК-матрицы образован тремя тонкопленочными транзисторами и триадой управляемых ими ЖК-ячеек. Каждая ячейка триады снабжена светофильтром одного из трех основных цветов: красного, зеленого или синего. Изменяя уровень поданного на транзистор управляющего сигнала, можно регулировать яркость каждой ячейки триады. Таким образом, TFT-экран ЖК-монитора состоит из таких же триад, как экран обычного монитора на основе ЭЛТ.

Контроллер ЖК-экрана

Формирование и подача управляющего сигнала видеоадаптера на каждую ЖК-ячейку экрана — трудная задача. Для ее решения в состав плоскопанельного монитора входит специальная электронная схема управления — *контроллер ЖК-экрана.* Контроллер является наиболее сложным элементом ЖК-монитора. Он выполняет синхронизацию по частоте и фазе выходных сигналов видеоадаптера и управляющих ЖК-экраном синхросигналов, формируемых схемами управления строками и столбцами. Рассогласование этих сигналов по частоте ведет к нарушению корректности обновления строк: нарушается соответствие положения элементов растра на экране временным

параметрам видеосигнала. В результате этого появляются такие дефекты изображения, как дрожание растра, появление вертикальных линий на изображении либо его полное пропадание. После выравнивания частот указанных сигналов контроллер ЖК-экрана производит их синхронизацию по фазе, что позволяет добиться необходимой фокусировки изображения и полностью устранить его дрожание.

Помимо адресации ячеек и синхронизации изображения, контроллер ЖК-экрана выполняет дополнительное аналого-цифровое преобразование видеосигнала. Необходимость преобразования обусловлена тем, что ЖК-экран (как совокупность огромного количества ячеек) представляет собой устройство с цифровым управлением, т. е. на схему адресации ячеек необходимо подавать цифровой код. В результате значительно уменьшается количество оттенков цвета, отображаемых ЖК-монитором.

ЖК-экран и контроллер (одна или несколько больших микросхем, иногда называемых *Gate Driver*), который управляет пикселами на экране, т. е. занимается обслуживанием строк и столбцов матрицы, вместе составляют монолитную неразборную конструкцию, которая и продается изготовителем ЖК-панелей изготовителю монитора. Однако для подключения к PC, создания экранного меню (OSD), управления остальными блоками в состав ЖК-монитора входит процессор, размещенный, как правило, на отдельной, главной плате монитора. С помощью этой платы осуществляется коммутация всех узлов и блоков монитора, а также подключение его к видеоадаптеру PC.

Характеристики жидкокристаллических мониторов

Основные характеристики монитора в первую очередь зависят от параметров матрицы, установленной в нем. Главной характеристикой матрицы в настоящее время является время отклика ее элемента. Основным направлением совершенствования технологии LCD-матриц является улучшение свойств жидких кристаллов путем изменения их химического состава с целью уменьшения времени отклика элемента LCD-матрицы.

Качество изображения определяется не только типом используемой матрицы, но и моделью установленного в мониторе видеопроцессора. Большую роль играют алгоритмы масштабирования изображения, автоматической подстройки, коррекции цвета, типы поддерживаемых интерфейсов, которые используются в данном типе процессора. Алгоритмы масштабирования и автоподстройки постоянно совершенствуются, наиболее удачные из них патентуются в виде отдельных технологий (например, SmartSet и SureSync в процессорах компании Genesis). Чем современней процессор, тем более

совершенные алгоритмы применяются в нем, поэтому выбор процессора при разработке монитора играет немаловажную роль. Все современные процессоры поддерживают несколько типов внешних интерфейсов передачи сигнала, таких как Analog VGA, DVI, а также S-Video и HDMI, которые нужны для совместимости с телевизионной бытовой аппаратурой.

Таким образом, качество LCD-монитора напрямую зависит от компаний — поставщиков компонентов. Разброс цен определяется степенью известности фирмы, наличием широкой сервисной сети, спецификой сборки и т. п.

Производство мониторов основано на изготовлении ЭЛТ или ЖК-матрицы. Поскольку производство ЭЛТ — процесс высокотехнологичный, существуют примерно 2 десятка фирм — непосредственных изготовителей ЭЛТ, огромное количество фирм, специализирующихся только на сборке и использующих уже собранные и отъюстированные трубки, и достаточно многочисленная группа так называемых OEM-заказчиков (OEM — *Original Equipment Manufacturer*), которые покупают полностью готовые изделия других фирм и продают их под собственной торговой маркой. В случае с ЖК-панелями круг компаний-производителей достаточно ограничен, более того, иногда они вынуждены объединяться (например, LG и Phillips), поскольку увеличение сложности технологического процесса влечет за собой значительный рост интеллектуальных и финансовых затрат. Таким образом, создание матриц для ЖК-мониторов — удел избранных, остальные вынуждены искать компромисс между отпускной ценой завода — изготовителя матриц и конечной ценой изделия. Этим обусловлены примерно одинаковые цены на ЖК-мониторы одного класса и одинаковый гарантийный срок, поскольку гарантия на монитор определяется гарантией на ЖК-панель.

В настоящее время в мире PC имеется 5 ведущих производителей ЖК-матриц (в порядке убывания доли рынка):

- Samsung Electronics (Южная Корея)
- LG–Phillips (Южная Корея и Голландия)
- AU Optronics (Тайвань)
- Chi Mei Optoelectronics (Тайвань)
- Quanta Display (Тайвань)

Размер и ориентация экрана

Размер экрана ЖК-мониторов пока меньше, чем у обычных мониторов: размер ЖК-экрана большинства моделей находится в пределах от 13" до 24".

Однако в отличие от ЭЛТ-мониторов, номинальный размер их экрана и размер его видимой области (растра) практически совпадают. Эта приятная особенность обусловлена отсутствием геометрических искажений растра на краях ЖК-экрана (эти искажения отсутствуют в принципе!), что устраняет необходимость уменьшения видимой области.

Рис. 13.12. Монитор MultiSync LCD1510V фирмы NEC Technologies в ландшафтном (слева) и портретном (справа) режимах работы

Другим важным аспектом является ориентация экрана: портретная или ландшафтная. Традиционные экраны ЭЛТ-мониторов и ЖК-экраны компьютеров типа Notebook имеют только ландшафтную ориентацию. Это обусловлено тем, что поле зрения человека в горизонтальном направлении шире, чем в вертикальном. Однако в ряде случаев (работа с текстами большого объема, Web-страницами) намного удобнее работать с экраном портретной ориентации. Здесь в полной мере проявляется преимущество ЖК-экрана — его можно легко развернуть на 90□ (рис. 13.12).

Инерционность

Инерционность или *время отклика* — важнейшая характеристика ЖК-экрана, характеризуемая минимальным временем, необходимым для активизации его ячейки. Именно низкая инерционность первых ЖК-экранов являлась основным сдерживающим фактором широкого распространения ЖК-мониторов, поскольку использовать их можно было только при решении офисных задач со статической картинкой на экране монитора.

Каждый жидкокристаллический элемент ЖК-экрана обслуживается своим тонкопленочным транзистором. При отсутствии данных тонкопленочный

транзистор закрыт и свет проходит свободно. При наличии данных транзистор открывается, соответствующий жидкокристаллический элемент меняет свою ориентацию и при достаточном напряжении система полностью не пропускает свет. Таким образом, варьируя подачу напряжения на TFT-транзистор, можно регулировать пропускание света компонентом матрицы. Время полного открытия транзистора обозначается *Tr* (передний фронт), соответственно *Tf* (задний фронт) — время полного закрытия транзистора. Их сумма и есть время отклика. Иногда в спецификации к монитору указывают оба времени *Tr* и *Tf*, иногда их сумму.

Инерционность современных ЖК-экранов значительно уменьшилась по сравнению с первыми моделями и составляет 1—5 мс, т. е. близка к значениям аналогичных параметров обычных мониторов. В результате этого ЖК-мониторы стали серьезным конкурентом мониторам на основе ЭЛТ — теперь их можно полноценно использовать в мультимедийных задачах — для просмотра видео и анимации, а также в играх.

Поле обзора

Небольшое *поле обзора* и блики традиционно были слабыми местами ЖК-экранов, хотя с появлением технологии TFT этот недостаток в значительной степени был устранен. Поле обзора ЖК-мониторов обычно характеризуется *углами обзора*, отсчитываемыми от перпендикуляра к плоскости экрана по горизонтали и вертикали. Современные модели ЖК-мониторов обеспечивают следующие значения углов обзора (рис. 13.13):

- по горизонтали — ±45□70□;
- по вертикали — от —15□50□ (вниз) до +20□70□ (вверх).

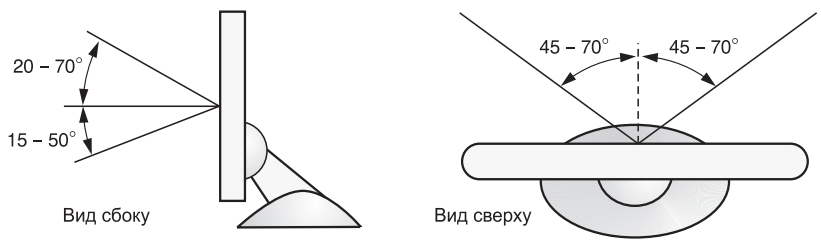


Рис. 13.13. Размеры поля зрения ЖК-монитора

Для увеличения углов обзора (решения проблемы бокового обзора) изготовители используют различные технологии. Одна из них, самая простая, заключа-

ется в нанесении на верхний слой дисплея рассеивающих пленок, которые переориентируют выходящий перпендикулярно из панели свет и направляют его от экрана под разными углами. Другая технология связана с полной реструктуризацией жидкокристаллического слоя. Эта технология получила название *планарной* (плоскостной) *коммутации* (*In-Plane Switching, IPS*). Электроды помещаются не сверху и снизу ячейки, а по ее сторонам, в результате чего ток проходит через слой жидких кристаллов в горизонтальном направлении. Верхний слой обычно поляризован в том же направлении, что и нижний, поэтому свет с неизменной поляризацией пропускается. Выстраивание молекул ЖК-вещества по горизонтали приводит к расширению угла обзора, т. к. при этом боковое рассеяние света больше, чем в случае, когда кристаллы расположены в виде скрученной структуры.

Третий способ решения заключается в многодоменном вертикальном выстраивании (*Multidomain Vertical Aligned*, MVA) молекул ЖК-вещества. Для этого применяется специальное ЖК-вещество с естественной вертикальной ориентацией. Под действием приложенного напряжения молекулы этого вещества ориентируются в горизонтальном направлении, и свет пропускается. При изменении напряжения молекулы поворачиваются не полностью, и свет пропускается частично, что соответствует оттенкам серого. Чтобы кристаллы могли ориентироваться в нескольких направлениях, ячейка разбивается на несколько областей, или *доменов*, а на стеклянные поверхности анализатора и поляризатора наносят штрихи, чтобы заранее придать молекулам наклон в нужном направлении. В результате обеспечивается высокая равномерность оттенков серого цвета на экране при больших углах обзора.

Разрешение

Важной особенностью плоскопанельных мониторов является то, что они предназначены для работы с каким-либо одним разрешением, оптимальным с точки зрения качества изображения (как правило, 1024□768). Это разрешение определяется размерами ЖК-экрана и отдельной ЖК-ячейки. Если разрешение экрана ЭЛТ-монитора можно менять в широких пределах без заметного ущерба для качества изображения, то подобные манипуляции с плоскопанельными мониторами приводят к появлению *лестничного эффекта* — края объектов становятся шероховатыми, зазубренными. Особенно негативно это сказывается на качестве отображения экранных шрифтов.

Необходимость работы с фиксированным разрешением экрана обусловлена тем, что в ЖК-мониторах понятия "пиксел" и "зерно" означают практически одно и то же. Пиксел изображения может быть образован только целым ко-

личеством ЖК-ячеек. При максимальном разрешении, которое одновременно является основным рабочим разрешением ЖК-монитора, каждый пиксел образован одной триадой ЖК-ячеек. Если необходимо снизить разрешение, то оно должно быть уменьшено в целое число раз. В частности, при основном разрешении 1024□768 более низкое разрешение составит 512□384, чего явно недостаточно для нормальной работы. Для решения проблемы с различными разрешениями в современном ЖК-мониторе устанавливается конвертер, который корректно преобразует к характеристикам используемой матрицы большинство стандартных для PC разрешений экрана.

Частоты развертки

Частота строчной развертки ЖК-мониторов изменяется в диапазоне 30—60 кГц.

Важная особенность ЖК-мониторов — они предоставляют возможность комфортно работать при сравнительно низкой частоте кадров порядка 60 Гц, что обусловлено большей инерционностью ЖК-ячейки по сравнению с люминофором. Типичная частота кадров в ЖК-мониторе обычно не превышает 75—85 Гц, хотя в некоторых моделях она может быть 100 Гц и более.

Яркость

Важнейшим параметром, на который следует обратить внимание при выборе плоскопанельного монитора, является *яркость*. Чем выше яркость, тем лучше: изображение будет более красочным, блики станут менее заметны, углы обзора увеличатся. Яркость всегда можно уменьшить с помощью регуляторов, а вот недостаток ее восполнить нельзя. Типовая яркость для ЖК-мониторов составляет 150—300 кд/м^2 (ранее эта единица измерения называлась "нит").

Контрастность

Контрастность изображения на ЖК-экране показывает, во сколько раз изменяется его яркость при изменении уровня видеосигнала от максимального до минимального. Эту величину часто называют *коэффициентом контрастности* и обозначают в виде отношения (например, 150 : 1). Чем выше контрастность ЖК-экрана, тем более четкое изображение можно на нем получить. Приемлемая цветопередача обеспечивается при контрастности не менее 130 : 1, высококачественная цветопередача требует контрастности 300 : 1.

Современные высококачественные матрицы могут иметь контрастность выше 1000 : 1.

Палитра

В отличие от традиционных, плоскопанельные мониторы имеют ограниченную *палитру*, т. е. характеризуются ограниченным количеством воспроизводимых на экране оттенков цветов. Эта ограниченность объясняется тем, что ЖК-монитор является цифровым и требует выполнения дополнительного аналого-цифрового преобразования RGB-сигнала видеоадаптера перед подачей его на ЖК-ячейки. Типовой размер палитры современных ЖК-мониторов составляет 262 144 или 16 777 216 оттенков цветов, т. е. популярный ныне режим True Color нельзя реализовать.

Как правило, дешевые модели ЖК-мониторов могут использовать всего лишь 6 бит для каждого цвета вместо стандартных 8. Особенно это касается ЖК-мониторов с аналоговым интерфейсом. Дорогостоящие модели, оборудованные цифровым интерфейсом, как правило, работают с 8-битным разрешением на каждый цветовой канал. В последнее время для профессиональной работы начали выпускаться ЖК-мониторы, которые могут использовать до 10 бит для каждого цвета.

Проблемные пикселы

Еще одной отличительной чертой плоскопанельных мониторов является наличие на некоторых ЖК-экранах *проблемных*, или "заклинивших", пикселов, яркость которых при смене изображения и даже при выключении монитора остается неизменной. Этот недостаток обусловлен несовершенством технологии производства ЖК-экранов. Рекомендация по этому поводу звучит тривиально — при выборе монитора следует внимательно изучить поверхность его экрана на предмет наличия таких пикселов и при их обнаружении потребовать у продавца заменить монитор.

Так как брак при производстве ЖК-матриц — это, в основном, неработоспособность TFT-транзисторов, то производители инициировали выпуск стандарта ISO 13406-2, который определяет предельные значения количества дефектных пикселов и дотов (дот — треть пиксела, например красная, зеленая или синяя составляющая пиксела).

В табл. 13.1 приведены характеристики 4 классов по допустимым дефектам пикселов на миллион элементов изображения для ЖК-панелей. В частности, для монитора с разрешением 1280□1024 — 1,3 млн пикселов.

Таблица 13.1. *Классы предельных значений количества дефектных пикселов и дотов для ЖК-матриц*

Класс	Тип 1	Тип 2	Тип 3
	Постоянно светящиеся пикселы (белый)	"Мертвые" пикселы (черный)	Дефектные красные, синие и зеленые субпикселы
I	0	0	0
II	2	2	5
III	5	15	50
IV	50	150	500

Приобретение монитора с "битыми" пикселами может быть оправдано только лишь большими скидками цены. При постоянной работе с компьютером рекомендуется приобретать мониторы первого класса.

Появление дефектов пикселов в процессе эксплуатации допускается, но будет ли это гарантийным случаем или нет, зависит от условий гарантии производителя и продавца.

Мультимедийное оборудование

Многие модели ЖК-мониторов снабжаются встроенными в подставку динамиками мощностью от 1 до 3 Вт, а также разъемами для подключения головных телефонов. Кроме того, они могут иметь микрофонный вход и аудиовход для подключения к звуковой карте или внешнему источнику звука. Отдельные модели имеют разъем для подключения к шине USB.

Технологии изготовления плоскопанельных мониторов

В настоящее время мониторы на основе жидких кристаллов являются наиболее популярными и технологически отработанными представителями семейства плоскопанельных мониторов. Однако они не единственные — продолжают активно развиваться альтернативные технологии изготовления плоских экранов, благодаря которым появились, например, такие:

- плазменные дисплеи;
- электролюминесцентные мониторы;

- мониторы электростатической эмиссии;
- органические светодиодные мониторы.

Плазменные дисплеи

В *плазменных дисплеях* (*Plasma Display Panel, PDP*) вместо жидкокристаллического вещества используется ионизированный газ. Его молекулы обладают способностью излучать свет в процессе рекомбинации (т. е. восстановления электрической нейтральности). Для приведения молекул газа в ионизированное состояние, т. е. в состояние плазмы (отсюда и происходит название данной технологии), используется высокое напряжение. При ярком свете изображение на экране плазменного дисплея выглядит немного расплывчатым.

Электролюминесцентные мониторы

Электролюминесцентные мониторы (*ElectroLuminescent displays, ELs*) по своей конструкции аналогичны ЖК-мониторам, но их принцип действия основан на другом физическом явлении — испускании света при возникновении туннельного эффекта в полупроводниковом *p-n*-переходе. Такие мониторы имеют высокие частоты развертки и яркость свечения; кроме того, они надежны в работе. Тем не менее, уступают ЖК-мониторам по энергопотреблению (на ячейки подается сравнительно высокое напряжение — около 100 В), а также по чистоте цветов, которые тускнеют при ярком освещении.

Органические светодиодные мониторы

Технология изготовления *органических светодиодных мониторов* (*Organic Light-Emitting Diode displays, OLEDs*), или *LEP-мониторов* (*Light Emission Plastics* — светоизлучающий пластик), также во многом похожа на технологии изготовления ЖК- и EL-мониторов, но отличается материалом, из которого изготавливается экран: в LEP-мониторах используется специальный органический полимер (пластик), обладающий свойством полупроводимости. При пропускании электрического тока такой материал начинает светиться.

Основные преимущества технологии LEP по сравнению с упомянутыми ранее заключаются в следующем:

- очень низкое энергопотребление (подводимое к пикселу напряжение менее 3 В);

- простота и дешевизна изготовления;
- тонкий (около 2 мм) и, возможно, эластичный экран;
- низкая инерционность (менее 1 мкс).

Недостатком этой технологии являются низкая яркость свечения экрана, монохромность изображения (изготовлены только черно-желтые экраны), маленький экран. LEP-мониторы используются пока только в портативных устройствах, например, в сотовых телефонных трубках.

Стандарты по эргономике и энергосбережению

Как известно, эргономика (от др.-греч. *έργον* — работа и *νόμος* — закон) — это научная дисциплина, комплексно изучающая человека в конкретных условиях его деятельности в современном производстве. Основной объект исследования эргономики — система "человек — машина — среда". Говоря об эргономичности того или иного изделия, мы подразумеваем широкий круг вопросов: привлекательный дизайн, удобство пользования, отсутствие вредных для здоровья оператора факторов и др. Другими словами, эргономичный — значит удобный для работы. В последнее время в это понятие включаются вопросы энергосбережения и охраны окружающей среды.

Факторы, негативно влияющие на здоровье оператора

Из всех компонентов PC монитор в наибольшей степени влияет на состояние здоровья оператора (и не только зрения!). Это объясняется рядом факторов, среди которых можно выделить следующие:

- мягкое рентгеновское излучение, возникающее за счет бомбардировки экрана монитора пучком электронов;
- инфракрасное и ультрафиолетовое излучение;
- низкочастотные электрические и магнитные поля;
- электростатическое поле;
- световые блики (отраженный от экрана свет);
- мерцание изображения.

Коротко рассмотрим причины, порождающие эти вредные воздействия.

Как известно из курса физики, рентгеновское излучение появляется при резком изменении скорости движения заряженных частиц. Такой эффект, в частности, имеет место в кинескопе монитора, когда испускаемые электронной пушкой электроны разгоняются, а затем резко тормозятся, попадая на экран, покрытый люминофором. Интенсивность возникающего при этом рентгеновского излучения прямо пропорциональна скорости соударения, а значит, величине напряжения анод—катод, которое составляло в первых моделях мониторов более двух десятков киловольт.

Источником ультрафиолетового и инфракрасного излучения является люминофорное покрытие, которое разогревается при электронной бомбардировке до высокой температуры и само превращается в источник излучения.

Низкочастотные электромагнитные поля являются в основном результатом работы блока развертки и магнитной отклоняющей системы кинескопа, через которую протекает достаточно сильный переменный ток.

Наличие электростатического поля обусловлено скоплением на экране кинескопа избыточного отрицательного заряда за счет действия электронного пучка.

Блики экрана обусловлены отражением падающего света от внешней поверхности экрана. Их интенсивность зависит от способа обработки лицевой части колбы кинескопа. Блики максимальной интенсивности наблюдаются, когда наружная часть экрана представляет собой обычное, ничем не обработанное стекло.

Каждый из этих факторов в отдельности способен нанести ощутимый вред здоровью оператора, а при совместном воздействии — тем более. Следовательно, необходимо определить максимально допустимые уровни вредных излучений, а также пути их снижения. С этой целью ряд национальных и международных организаций, в частности, международная организация стандартизации ISO (*International Standard Organization*), разработали свои документы (спецификации), в которых определены требования к монитору PC с точки зрения эргономики. Однако наиболее известны разработки шведских организаций. Сформулированные ими требования являются наиболее жесткими и обеспечивают наилучшую защиту оператора. Такими организациями являются:

- MPR (*Swedish National Board of Measurement and Testing*) — шведский национальный совет по измерениям и тестированию;
- TCO (*The Swedish Confederation of Professional Employees*) — шведская конфедерация профессиональных служащих, объединяющая 1,3 млн наемных работников.

Отметим, что аббревиатуры MPR и TCO образованы первыми буквами шведских слов, поэтому они не согласуются с приведенным в скобках английским переводом названия организации.

Первоначально при сертификации мониторов PC получила распространение спецификация MPR, однако в дальнейшем производители компьютерного оборудования стали в большей степени ориентироваться на спецификацию TCO как на более современную и строгую.

Эргономические требования к рабочему месту

Итак, если вы хотите сохранить свое здоровье, то должны включать в состав своей рабочей станции только сертифицированное оборудование, удовлетворяющее эргономическим требованиям.

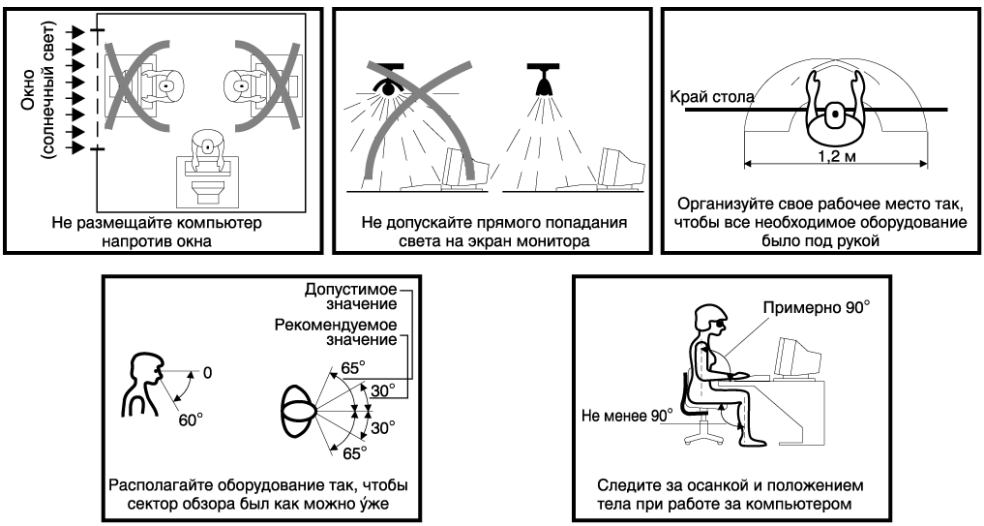


Рис. 13.14. Эргономические требования к рабочему месту

Однако наличие соответствующего оборудования хотя и снизит возможный уровень вредного воздействия компьютерной системы, но от переутомления не избавит. По мнению экспертов, производительность труда оператора может снизиться на 40%, если игнорировать эргономические требования к рабочему месту (рис. 13.14). Стоит внести лишь небольшие изменения в окружающую ваше рабочее место обстановку, например, изменить освещение,

по-другому разместить элементы компьютерной системы, поменять кресло и т. д., или изменить режим работы монитора, — и вы поразитесь полученному эффекту.

Компьютерный зрительный синдром (КЗС)

Большинство пользователей при длительной работе за монитором испытывают боль в глазных яблоках, слезотечение или, наоборот, сухость, покраснение глаз. При этом часто беспокоят головные боли, появляется быстрая утомляемость. Все это симптомы компьютерного зрительного синдрома (КЗС), другими словами, следствие длительной работы за монитором. Особенностями изображения на экране монитора является его высокая частота регенерации (частота кадров), относительно низкая контрастность, а также тот факт, что монитор является источником света. Кроме того, неравномерная освещенность помещения, особенно, когда вы вынуждены часто переключать внимание, например, со светлого экрана монитора на темные тона обстановки комнаты или на более светлый оригинал при работе с текстом, ведут к перенапряжению глазных мускулов и, как следствие, к переутомлению. Эта реакция человеческого организма направлена на то, чтобы отвлечь человека от какой-либо работы, заставить сделать перерыв, а затем с новыми силами возобновить работу. Те же, кто пренебрегает этим, рискуют получить хроническое заболевание — компьютерный зрительный синдром, когда после даже непродолжительной работы за монитором будут появляться вышеперечисленные симптомы.

Известно, что рано или поздно КЗС возникает у всех пользователей. Различно лишь время, спустя которое они возникают. Для того чтобы свести это время к приемлемым цифрам, существуют минимальные рекомендуемые требования к настойкам монитора.

- При цветном экране количество цветов должно быть не менее 256, оптимальным считается режим True Color.
- Разрешение 800□600 точек при отсутствии мерцания.
- Размер зерна должен быть не более 0,28 мм. Чем меньше зерно, тем лучше.
- Рекомендуемый размер экрана может отличаться для различных работ. Для домашних пользователей минимальный размер 15" по диагонали.
- Частота регенерации должна составлять не менее 85 Гц. Оптимальной считается установка максимально возможной частоты при отсутствии мерцания.

- Блики на экране монитора должны отсутствовать. При невозможности изменить освещение необходимо использовать антибликовые экраны.
- При работе с текстом предпочтительно в качестве фона использовать белый цвет и черные символы.
- Разница в уровнях яркости экрана монитора, клавиатуры, текстового оригинала и других объектов окружающей обстановки должна быть как можно меньше.

Для профилактики компьютерного зрительного синдрома необходимо проводить комплекс упражнений для глаз.

Расстояние до монитора

Если вы различаете на экране монитора отдельные пикселы, то, вероятно, сидите слишком близко. Чтобы глаза не утомлялись, располагайтесь на таком расстоянии, с которого отдельные пикселы изображения становятся неразличимыми. Обычно достаточно расстояния, равного длине вытянутой руки (но не менее 50 см).

Если вы на таком удалении видите изображение нечетко, то лучше изменить не расстояние до монитора, а размер шрифта, масштаб рисунка или даже режим работы видеоадаптера.

Искажения изображения

Когда отдельные элементы графического изображения на экране периодически начинают медленно изменять свое положение, говорят, что изображение *"поплыло"* (*swimming*). Это явление обычно вызывается воздействием внешнего магнитного поля на элементы электронно-лучевой трубки монитора. Причиной может служить соседство с мощной энергетической установкой, распределительным электрическим коммутатором, трансформатором и др. Для того чтобы устранить влияние магнитного поля, необходимо переместить монитор в другое место или другое помещение. В крайнем случае придется заменить монитор.

Иногда внешнее магнитное поле может вызвать периодическое изменение яркости изображения — явление, называемое *биением* (*beating*). Биения с частотой 10—20 Гц проявляются как мерцание экрана.

Расплывчатость изображения часто появляется в том случае, когда слишком близко друг к другу располагаются два монитора с различными частотами регенерации. Единственно возможное решение — разнести мониторы.

Такой же эффект наблюдается при плохом контакте в разъеме VGA, к которому подключен монитор. При этом изображение может двоиться.

Расположение монитора

Верхний край экрана не должен быть выше уровня глаз оператора. Если монитор расположен слишком высоко, оператору непроизвольно придется приподнимать голову. Не располагайте монитор на системном блоке. Если на вашем рабочем столе недостаточно свободного места, лучше установить системный блок на полу.

Чтобы исключить влияние солнечного света, нельзя располагать монитор напротив окна или так, чтобы оно находилось за спиной оператора. Если необходимо разместить монитор рядом с окном, используйте жалюзи.

Важно также защитить экран монитора от нежелательных боковых засветок. Располагайте монитор в таком месте, где вероятность попадания на экран прямых или отраженных световых лучей минимальна. Можно воспользоваться также специальным *антибликовым экраном* (*anti-dazzle screen*).

Если вам часто приходится набирать текст, можете поместить оригинал на специальной подставке в непосредственной близости от монитора. Помните, что все движения оператора (в том числе его глаз) должны быть как можно короче. По этой же причине клавиатура должна находиться вдоль линии зрения оператор—монитор.

Освещение рабочего места

Перенапряжение глаз в процессе работы может быть вызвано даже тем, что в поле вашего периферийного зрения будет попадать свет от других источников, более яркий, чем наиболее яркие области на экране монитора. В этом случае говорят о необходимости создания оптимального *светового окружения* (*light surround*), которое должно быть немного интенсивнее суммарного внешнего освещения и чуть-чуть темнее областей белого цвета на экране монитора.

При определении положения рабочего места оператора относительно окна в помещении воспользуйтесь следующими рекомендациями:

- если окно располагается прямо перед вами, необходим яркий источник света непосредственно на рабочем месте;
- если окно находится позади вас, позаботьтесь о том, чтобы избежать его отражения на экране монитора;

- по возможности выбирайте рабочее место так, чтобы окно не попадало в поле периферийного зрения.

Не стоит забывать, что мерцать может не только экран монитора, но и осветительные приборы. Наряду с шумом и световыми бликами, слишком темное или слишком яркое освещение также оказывает негативное влияние на эффективность труда оператора. Более того, мерцание часто используемых для освещения помещений флуоресцентных ламп может свести на нет все ваши усилия по созданию эргономической рабочей станции. Сравните излучение флуоресцентной лампы с излучением лампы накаливания. Возможно, вам придется дополнительно оборудовать рабочее место обыкновенной настольной лампой.

Различные источники света по-разному влияют на восприятие цвета. В частности, цвета, наблюдаемые при освещении объекта флуоресцентной лампой, будут отличаться от цветов, наблюдаемых при использовании лампы накаливания. Объясняется это тем, что в первом случае происходит усиление зеленого цвета, а во втором — красного. Поэтому в индустрии печати в качестве стандартного, определяющего оптимальные условия наблюдения, принят источник света с цветовой температурой D50 (5000 градусов Кельвина). Такой источник света имитирует естественное освещение, характеризующееся одинаковой интенсивностью основных цветов RGB.

Кресло оператора

При создании эргономической рабочей станции необходимо учитывать множество различных факторов, влияющих на здоровье человека. Поэтому пусть вас не удивляет, что мы обсуждаем даже такие вопросы, как появление боли в области спины и шеи при длительной работе в сидячем положении. Тем, кто бóльшую часть своего рабочего времени проводит за компьютером, дадим несколько практических советов.

В сидячем положении давление на диски позвоночника возрастает вдвое по сравнению с положением стоя и в восемь раз — по сравнению с положением лежа. Боли в области спины, смещение позвонков и искривление позвоночника — таковы основные негативные последствия несерьезного отношения к вопросам динамики оператора и выбору эргономически правильно разработанной мебели. Кресло оператора должно обеспечивать поддержку позвоночника. Специальная форма спинки кресла должна органично повторять силуэт сидящего человека, а пружины и драпировка — усиливать ощущение комфортности.

Около рабочего места оператора должно быть достаточно свободного пространства для периодической смены положения; это стимулирует деятельность мозга и всего тела человека в целом. Помните, что длительное нахождение в одном положении может привести к нарушению деятельности сердца и органов дыхания, закрепощению мышц и др. Регулярные гимнастические упражнения помогут избежать появления боли в области живота и спины. Контролируйте положение своего тела во время работы: сидите прямо, откинувшись на спинку кресла.

Стандарты по энергосбережению

Спецификация Energy Star

Проблемами энергосбережения занимаются не только шведские организации. Американское агентство EPA (*US Environmental Protection Agency* — Американское агентство по охране окружающей среды) давно и успешно реализует программу Energy Star, обеспечивающую энергосберегающие функции компьютера. Компьютерное и другое оборудование, удовлетворяющее требованиям EPA, принято называть "зеленым" (например, "зеленые" мониторы, "зеленые" материнские платы и т. п.). Таких изделий сегодня подавляющее большинство. Например, "зеленую" материнскую плату легко отличить по характерному логотипу (рис. 13.15), появляющемуся в правом верхнем углу экрана монитора при включении компьютера.

Рис. 13.15. Логотип спецификации Energy Star

Оборудование, соответствующее требованиям спецификации Energy Star, должно удовлетворять следующим требованиям:

- иметь среднюю потребляемую мощность не более 30 Вт;
- не содержать в своей конструкции токсичных материалов;
- допускать после окончания срока службы 100%-ную утилизацию.

Обмен информацией между монитором и PC

Любой современный компьютер поддерживает технологию Plug&Play, обеспечивающую автоматическое конфигурирование подключаемого оборудования. Реализация этой технологии осуществляется путем обмена информацией между операционной системой и подключенными к PC устройствами. Устройства, подключаемые к шине или портам ввода/вывода (например, контроллер сканера, звуковая карта, внешний и внутренний модемы и др.), используют стандартный протокол обмена данными. Монитор же является конечным устройством, изначально не предназначенным для обмена информацией. Следовательно, без принятия специальных мер организовать обмен данными с монитором в соответствии с протоколом Plug&Play не представляется возможным. Между тем, именно для монитора такой протокол был бы весьма полезен, т. к. позволил бы установить оптимальный для данной модели видеорежим.

Решить задачу обмена информацией между монитором и компьютером помогло наличие в соединительном кабеле монитора VGA нескольких не задействованных для передачи сигналов, проводов (табл. 13.2). Это провода, подключенные к контактам 4, 11, 12 и 15 разъема VGA (рис. 13.16). Первоначально три из них (4-, 11- и 12-й) использовались для автоматического распознавания типа монитора, подключенного к видеоадаптеру.

Таблица 13.2. *Назначение контактов разъема VGA*

Номер контакта	Сигнал	Номер контакта	Сигнал
1	Красный	9	Ключ (контакт отсутствует)
2	Зеленый	10	Возврат синхроимпульса
3	Синий	11	Бит идентификации 0
4	Бит идентификации 2	12	Бит идентификации 1
5	Земля (общий провод)	13	Строчные синхроимпульсы
6	Нулевой (красный)	14	Кадровые синхроимпульсы
7	Нулевой (зеленый)	15	Не используется
8	Нулевой (синий)		

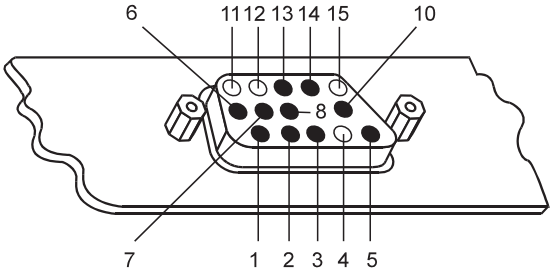


Рис. 13.16. Нумерация контактов на разъеме VGA

Идентификация типа монитора видеоадаптерами VGA и SVGA

Примитивным прообразом протокола Plug&Play можно считать механизм автоматического опознавания типа монитора, который был реализован в первых моделях видеосистем VGA и SVGA. Для идентификации типа монитора — монохромный VGA, цветной VGA или SVGA (8514/A) — использовался трехразрядный параллельный двоичный код, формируемый путем определенной распайки в мониторе проводов 4, 11 и 12: один или два из них заземлялись.

Этим способом осуществлялась идентификация мониторов фирмы IBM и совместимых с ними. Видеоадаптер определял наличие нулевого потенциала (заземления) на проводах 4, 11 и 12. Отсутствие заземления трактовалось им как логическая единица. Логические уровни на контактах 4, 11 и 12 разъема VGA принято называть битами идентификации (см. табл. 13.2).

Технология Plug&Play

Спецификация, разработанная ассоциацией VESA, получила название DDC (*Display Data Channel* — канал данных монитора). На основе этой спецификации стала возможной реализация технологии Plug&Play для мониторов.

Протокол DDC

Существуют две основные версии протокола DDC:

- DDC1 — односторонняя передача данных от монитора к видеоадаптеру;
- DDC2 — двусторонний обмен данными между монитором и видеоадаптером.

Отметим, что реализация обмена данными в соответствии с протоколом DDC возможна только в том случае, когда его поддерживают и монитор, и видеоадаптер. Кроме того, необходима соответствующая программа, обеспечивающая поддержку протокола Plug&Play.

Информационный пакет, передаваемый монитором видеоадаптеру, называется *блоком параметров расширенной идентификации* (EDID — *Extended Display IDentification*). Блок EDID состоит из сегментов, характеризующихся смещением от начала блока и длиной. Размер блока EDID составляет 128 байт, причем его структура (табл. 13.3) — смещение и длина каждого сегмента — не зависит от версии протокола DDC.

Таблица 13.3. *Структура блока EDID*

Смещение сегмента данных, байт	Длина сегмента, байт	Содержание сегмента
0	8	Заголовок (маркер начала потока EDID)
8	10	Идентификатор изделия (изготовитель, модель, серийный номер и т. п.)
18	2	Версия EDID
20	15	Основные характеристики монитора (размеры экрана, максимальное разрешение, список поддерживаемых видеорежимов, цветовые характеристики люминофорного покрытия и т. д.)
35	19	Установленные параметры синхронизации
54	72	Дескрипторы параметров синхронизации
126	1	Флаг расширения
127	1	Контрольная сумма

Канал VESA DDC реализован на основе шины ACCESS.Bus (*Accessory Bus*), разработанной фирмой DEC. Эта шина представляет собой модификацию низкоскоростного интерфейса I^2C (*Inter Integrated Circuit*), разработанного фирмой Philips для организации двунаправленного обмена данными между различными устройствами бытовой радиоаппаратуры, и предназначеного для взаимодействия операционной системы с компонентами PC: монитором, интеллектуальным источником питания, модулями оперативной памяти и др.

В принципе, ACCESS.Bus и I^2C — это одно и то же. Различие заключается лишь в конструктивном исполнении разъемов.

Шина ACCESS.Bus используется для обмена данными между низкоскоростными устройствами. Она содержит всего два сигнальных провода: линию данных (SDA — *Serial Data*) и линию синхронизации (SCL — *Serial Clock*). По линии SDA выполняется двунаправленный обмен данными между двумя устройствами; синхронизация обмена осуществляется тактовыми импульсами, передаваемыми по линии SCL. Циклы приема и передачи данных разнесены во времени, т. е. в каждый момент времени устройство, подключенное к шине ACCESS.Bus, либо передает, либо принимает информацию. Третьей линией шины является общий (нулевой) провод, относительно которого измеряются напряжения на линиях SDA и SCL.

Обычно в качестве линий шины ACCESS.Bus используются незадействованные провода (5, 12 и 15) соединительного кабеля монитора (табл. 13.4). Такая конструкция канала VESA DDC получила название DDC2B.

Таблица 13.4. *Назначение контактов разъема соединительного кабеля Plug&Play-монитора*

Номер контакта	Сигнал	Номер контакта	Сигнал
1	Красный	9	Ключ (вывод отсутствует)
2	Зеленый	10	Нулевой провод (LOGIC GROUND)
3	Синий	11	Земля (GROUND)
4	Земля (GROUND)	12	SDA
5	Нулевой провод шины ACCESS.Bus	13	Строчные синхроимпульсы
6	Нулевой (красный)	14	Кадровые синхроимпульсы
7	Нулевой (зеленый)	15	SCL
8	Нулевой (синий)		

Порядок обмена данными между монитором и видеоадаптером по линии SDA определяется версией протокола DDC.

Протокол DDC1 предусматривает одностороннюю передачу данных от монитора к видеоадаптеру. При этом данные передаются по линии SDA (контакт 12), а в качестве тактовых импульсов используются импульсы кадровой развертки (контакт 14). В момент передачи данных по линии SDA видеоадаптер с целью ускорения обмена может повысить частоту кадровых синхроимпульсов в несколько десятков раз (до 25 кГц). Поскольку генератор кадровой развертки монитора не предназначен для работы на столь высокой частоте, он будет формировать сигнал той частоты, которая предусмотрена выбранным видеорежимом. Поэтому передача данных не приведет к нарушению синхронизации изображения на экране монитора.

Протокол DDC2 позволяет организовать двунаправленную передачу данных между монитором и видеоадаптером. При этом используются обе линии — SDA и SCL.

Для двунаправленного обмена данными по каналу VESA DDC используется следующий протокол. В обмене данными одновременно участвуют два устройства: *ведущее* (*master*), называемое также *контроллером*, и *ведомое* (*slave*). Ведущее устройство задает адрес и код операции (чтение или запись). С точки зрения направления передачи данных, ведущее и ведомое устройства могут выступать как в роли передатчика, так и в роли приемника (в зависимости от кода операции).

Устройства, подключенные к каналу VESA DDC, имеют двунаправленный выход типа "открытый коллектор". Это значит, что активным уровнем является уровень логического нуля: активное устройство может изменять уровень сигнала в линии (SDA или SCL) только в том случае, если все остальные устройства, подключенные к шине, формируют на своем выходе уровень логической единицы. Другими словами, путем формирования низкого уровня устройство "занимает" линию. Попытка занять линию предпринимается только в том случае, когда на линии установлен высокий уровень (уровень логической единицы), т. е. в том случае, когда линия свободна.

Цикл обмена данными инициализируется ведущим устройством, при этом передача данных осуществляется побайтно. После передачи (или приема) каждого байта ведущее устройство кратковременно освобождает линию, чтобы дать возможность ведомому устройству передать подтверждение. Таким образом, процесс обмена данными, согласно протоколу I^2C, является асинхронным (рис. 13.17).

Как видно из рисунка, начало обмена (Start) инициируется ведущим устройством: при высоком уровне сигнала SCL состояние линии SDA изменяется с высокого уровня на низкий. Окончание обмена (Stop) осуществляется путем изменения уровня сигнала SDA с низкого на высокий при высоком уровне

сигнала SCL. Применение таких комбинаций сигналов SDA и SCL для обозначения начала и конца обмена является следствием использования устройств с выходом типа "открытый коллектор". Передача данных в пределах каждого байта начинается со старшего бита MSB (*Most Significant Bit* — наиболее значимый бит) и заканчивается младшим битом LSB (*Least Significant Bit* — наименее значимый бит). Состояние линии SDA может изменяться передатчиком только тогда, когда сигнал SCL принимает низкий уровень, при этом считывание (запись) данных производится по положительному (переднему) фронту сигнала SCL. Приемник во время девятого такта формирует бит подтверждения, переводя линию SDA в нулевое состояние. Передача следующего байта возможна только после того, как приемник освободит линию SDA, установив на ней высокий уровень. Если по каким-либо причинам приемнику необходимо временно задержать передачу следующего байта, он будет удерживать линию SDA в нулевом состоянии столько, сколько потребуется (асинхронный обмен данными).

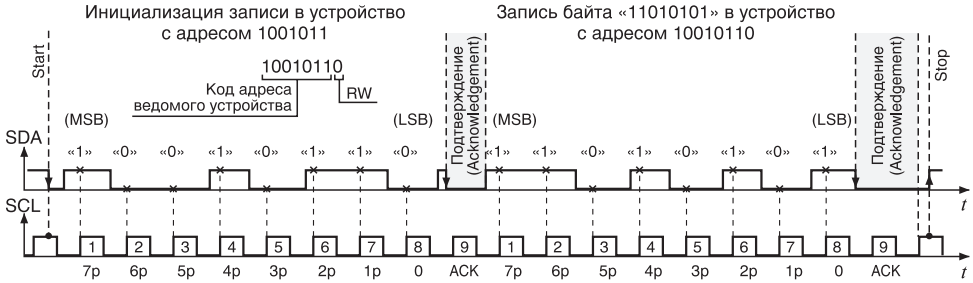


Рис. 13.17. Временная диаграмма обмена данными по шине ACCESS.Bus

Первый передаваемый байт содержит 7-битный адрес ведомого устройства и одноразрядный код операции RW (RW = 0 — запись, RW = 1 — чтение).

Скорость обмена данными по линии SDA определяется частотой тактовых импульсов на линии SCL, которая может изменяться. Максимальное значение этой частоты 100 кГц в нормальном (*Normal mode*) режиме и 400 кГц — в скоростном (*Fast mode*).

Проблемы аналогового интерфейса между монитором и PC

У аналогового интерфейса, который традиционно соединяет монитор и PC, есть существенные недостатки. Например, на больших экранах заметна раз-

мытость изображения, особенно при работе с текстом, набранным мелким шрифтом. А все изображение как будто покрыто легкой дымкой. Закономерно предположить, что в этом виноват видеоадаптер, но замена видеоадаптера далеко не всегда решает эту проблему. Основная причина таких искажений кроется в аналоговом способе соединения монитора с видеоадаптером.

Как известно, данные, которые отображаются на экране монитора, поступают из буфера кадров (памяти) видеоадаптера в цифровом виде на RAMDAC (*см. главу 14*), который преобразует эти цифровые данные в аналоговый сигнал. До недавнего времени именно низкая полоса пропускания RAMDAC была причиной плохого качества изображения. В настоящее время полоса пропускания современных RAMDAC значительно выше, поэтому потери в качестве изображения по вине RAMDAC сейчас практически не встречаются.

С выхода RAMDAC через фильтры низкой частоты (от качества фильтрации также зависит качество формируемого на экране монитора изображения, особенно при высоких разрешениях и частотах разверток) уже аналоговый сигнал через VGA-разъем по VGA-кабелю (очередному источнику помех) поступает в монитор. Если к видеодаптеру подключен ЖК-монитор, то уже в мониторе аналоговый сигнал снова преобразуется (для совместимости со стандартом VGA) — обратно в цифровой (аналого-цифрового преобразования без ошибок не бывает — еще один источник помех). Таким образом, в последнем случае имеем два взаимоисключающих преобразования: цифро-аналоговое в RAMDAC и аналого-цифровое в ЖК-мониторе.

В свое время, когда сектор рынка ЖК-мониторов составлял доли процентов, введение второго аналого-цифрового преобразования было оправдано — простое решение проблемы совместимости. Сейчас же, когда большинство выпускаемых мониторов приходится на ЖК-мониторы, необходимость использования аналогового интерфейса между монитором и PC перестала быть актуальной.

Цифровые видеоинтерфейсы VESA

Первый (не считая первых, цифровых стандартов на видеоадаптеры: начиная с MDA и кончая EGA) цифровой видеоинтерфейс был разработан ассоциацией VESA еще в 1997 г., когда она сделала попытку откликнуться на намечающуюся потребность рынка и приняла стандарт *Plug-and-Display* (P&D). К сожалению, он не получил широкого распространения среди производителей по причине слишком дорогостоящей реализации: помимо передачи цифрового и аналогового видеосигналов через единый 30-контактный разъем стандартом была предусмотрена интеграция интерфейсов USB

и FireWire. Стандарт P&D поддерживает горячее подключение, о чем говорит его название.

Однако метод цифровой передачи видеосигнала позже лег в основу других интерфейсов. Базируется он на разработке компании Silicon Image — технологии *PanelLink*. Данные передаются по трем витым парам при помощи протокола TMDS (*Transition Minimized Differential Signaling*). Пропускная способность соединения — 165 МГц, это позволяет передавать изображение с разрешением до 1920□1080 при частоте обновления 60 Гц (оптимально для ЖК-мониторов) или до 1280□1024 при частоте кадров 75—85 Гц (для ЭЛТ-мониторов).

Видеоинтерфейс DVI

Основной же причиной отказа от стандарта DFP стало появление нового, более перспективного стандарта DVI (*Digital Visual Interface*). В настоящее время этот интерфейс можно считать общепринятым. Стандарт был разработан группой *Digital Display Working Group* (DDWG), созданной по инициативе Intel, в нее вошли компании Intel, Compaq, Fujitsu, Hewlett-Packard, IBM, NEC, Silicon Image. Спецификация DVI была представлена в апреле 1999 г., но, несмотря на то, что все участники группы DDWG являются активными участниками VESA, стандарт DVI так и не был одобрен ассоциацией.

Стандарт вобрал в себя все лучшее из предшествующих интерфейсов: в основе лежит технология PanelLink, поддерживаются спецификации DDC и EDID, горячее подключение, аналоговый интерфейс. Для передачи данных по DVI-соединению используется протокол последовательного кодирования TMDS.

Протокол последовательного кодирования TMDS

Спецификацией DVI предусмотрены один (Single Link) или два (Dual Link) канала TMDS, каждый из которых состоит из трех линий данных (RGB) и одной линии синхронизации (рис. 13.18). TMDS-соединение может работать на частоте до 165 МГц. По каждой линии передаются 10-битные данные (8-битный код цвета плюс два служебных бита) со скоростью 1,65 Гбит/с — этого вполне достаточно для обеспечения разрешения 1920□1080 с частотой регенерации 60 Гц (для ЖК-мониторов). А при использовании двух каналов одновременно пропускная способность удваивается и тактовая частота достигает значения 330 МГц, что на практике означает поддержку разрешения до 2048□1536/60 Гц для ЖК-мониторов и до 1920□1080/85 Гц для мониторов на основе ЭЛТ.

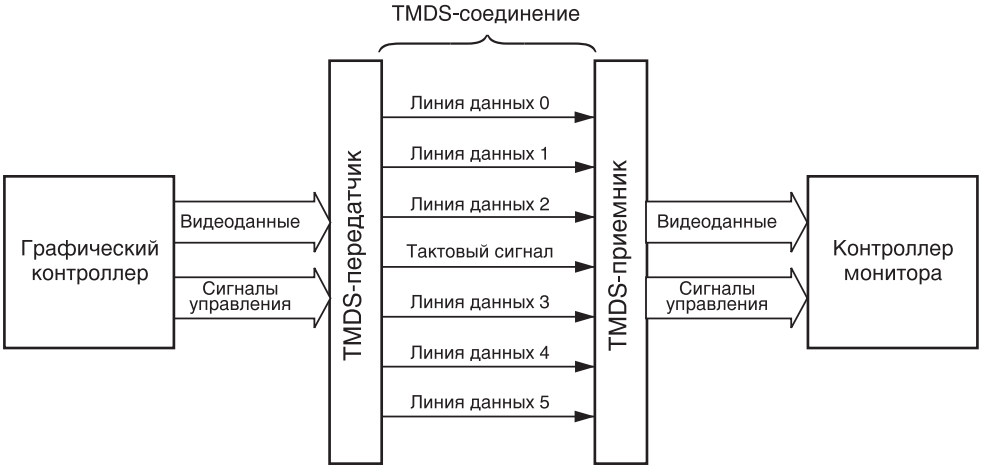


Рис. 13.18. DVI-интерфейс (спецификация DVI 1.0)

В стандарте DVI при использовании двух каналов (если монитор поддерживает двухканальную конфигурацию, второй канал может быть включен, только когда требуется частота выше 165 МГц) полоса пропускания разделяется между ними равномерно, поскольку сигнал синхронизации у них общий. Например, при полосе 300 МГц каждый канал будет работать на частоте 150 МГц. Кроме того, в стандарт заложена возможность использования второго канала как дополнительного для передачи большой глубины цвета (до 48 бит). В этом случае по первому каналу передаются старшие 24 разряда, а по второму — младшие.

Разъемное соединение

Физически соединение между монитором и видеоадаптером в соответствии со спецификацией DVI осуществляется кабелем (длиной до 10 м) с помощью 24 + 5-контактного DVI-разъема (24 цифровых контакта и 5 аналоговых).

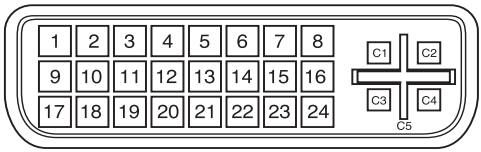


Рис. 13.19. Нумерация контактов разъема DVI-I

Спецификацией DVI определено два типа разъемов: DVI-Integrated (DVI-I) и DVI-Digital (DVI-D). Отличаются они друг от друга только наличием группы контактов для передачи аналоговых сигналов. Нумерация контактов разъема DVI приведена на рис. 13.19, а их назначение — в табл. 13.5. Как видно из таблицы, в соединительном кабеле витые пары разных каналов попарно заключены в отдельные экраны. Это сделано для повышения помехоустойчивости кабеля.

Таблица 13.5. *Назначение контактов разъема DVI*

Номер контакта	Сигнал	Назначение
Группа контактов для передачи цифровых сигналов		
1	TMDS Data2–	Нулевой (данные 2)
2	TMDS Data2+	Данные 2
3	TMDS Data2/4 Shield	Экран (данные 2/4)
4	TMDS Data4–	Нулевой (данные 4)
5	TMDS Data4+	Данные 4
6	DDC Clock	Сигнал SCL шины ACCESS.Bus
7	DDC Data	Сигнал SDA шины ACCESS.Bus
8	Analog Vertical Sync	Кадровые синхроимпульсы
9	TMDS Data1–	Нулевой (данные 1)
10	TMDS Data1+	Данные 1
11	TMDS Data1/3 Shield	Экран (данные 1/3)
12	TMDS Data3–	Нулевой (данные 2)
13	TMDS Data3+	Данные 2
14	+5V Power	Питание +5 В
15	Ground (for +5V)	Земля питания
16	Hot Plug Detect	Идентификация "горячего подключения"
17	TMDS Data0–	Нулевой (данные 0)
18	TMDS Data0+	Данные 0

Таблица 13.5 (*окончание*)

Номер контакта	Сигнал	Назначение
Группа контактов для передачи цифровых сигналов		
19	TMDS Data0/5 Shield	Экран (данные 0/5)
20	TMDS Data5-	Нулевой (данные 5)
21	TMDS Data5+	Данные 5
22	TMDS Clock Shield	Экран (тактовый сигнал)
23	TMDS Clock+	Тактовый сигнал
24	TMDS Clock–	Нулевой (тактовый сигнал)
Группа контактов для передачи аналоговых сигналов		
C1	Analog Red Video Out	Красный
C2	Analog Green Video Out	Зеленый
C3	Analog Blue Video Out	Синий
C4	Analog Horizontal Sync	Строчные синхроимпульсы
C5	Analog Common Ground Return	Общая аналоговая земля

Хотя стандартом DVI и не предусмотрено дальнейшее подразделение разъемов, в зависимости от количества используемых TMDS-каналов и назначения кабеля вы можете встретить 6 (3 DVI-D и 3 для DVI-I) различных модификаций разъема DVI. Различаются они только количеством контактов — видимо, производители экономят на железе. Хотя, с другой стороны, по разъему можно точно определить, для передачи каких сигналов он предназначен. Все возможные варианты приведены в табл. 13.6.

Таблица 13.6. *Возможные модификации разъема DVI*

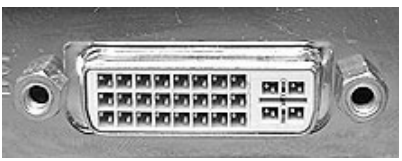
Внешний вид разъема	Описание
	Разъем DVI, распаиваемый на видеоадаптерах и мониторах, обычно универсален. В кабелях используется с разъемами и переходниками совершенно различных типов и конфигураций

Таблица 13.6 (*продолжение*)

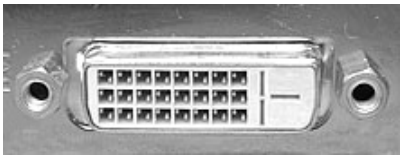
Внешний вид разъема	Описание
	Разъем DVI-D, встречается только на мониторах
	Ответная часть (штекер) разъема DVI-I, называют еще DVI-I Dual Link. Стандартный вариант, теоретически предназначенный для передачи аналоговых сигналов и сигналов двух цифровых каналов. Обычно таким разъемом оканчивается сигнальный кабель монитора. На независимых сигнальных кабелях не используется
	DVI-I Single Link, 6□3 контакта (по два контакта в середине каждого ряда отсутствуют) составляют аналоговую группу контактов. Один цифровой канал, один аналоговый. Часто встречается на кабелях
	DVI-D Dual Link, 8□3 контакта плюс только лепесток заземления на месте аналоговой группы. Такой разъем предназначен для передачи цифровых сигналов по двум каналам
	DVI-D Single Link, 6□3 контакта (по два контакта в середине каждого ряда отсутствуют) плюс лепесток заземления на месте аналоговой группы. Возможна передача сигналов только одного цифрового канала. Обычно входит в комплект DVI-мониторов с двойным интерфейсом
	DVI-A (такое обозначение стандартом не определено, но в литературе и документации встречается), полная аналоговая группа и сильно урезанная цифровая группа контактов: отсутствуют три контакта в первом ряду, пять во втором и четыре в третьем. Часто встречается кабель, на одном конце которого разъем DVI-A или DVI-I Single Link, а на другом — стандартный 15-контактный разъем VGA. Используется для подключения монитора с интерфейсом DVI-I к видеоадаптеру с интерфейсом VGA

Таблица 13.6 (*окончание*)

Внешний вид разъема	Описание
	Разъем P&D. Очень похож на DVI-I Dual Link, только контактов больше: группа 3□10 контактов. Подобный разъем используется в мониторах фирмы Apple

Частотные характеристики

Отметим еще одну особенность стандарта. ЭЛТ-мониторы более требовательны к полосе пропускания видеоинтерфейса по сравнения с ЖК-мониторами. Во-первых, частота обновления у них должна быть выше для снижения эффекта мерцания экрана (75—85 Гц против 60 Гц для ЖК-мониторов), во-вторых, необходимо дополнительное время (интервал гашения) на обратный ход электронного луча. Так вот никакого фиксированного интервала гашения стандарт DVI не предусматривает (этот интервал зависит от характеристик монитора).

Минимальная частота TMDS-интерфейса составляет 25,175 МГц, это связано с наименьшим допустимым разрешением, оговоренным спецификацией — VGA (640□480/65 Гц — разрешение при начальной загрузке по умолчанию). Более низкие разрешения невозможны. При работе TMDS-интерфейса на частоте ниже 22,5 МГц в течение одной секунды соединение считается разорванным.

Реализация технологии Plag&Play

При начальной загрузке видеоадаптер предполагает наличие VGA-совместимого монитора, т. е. любой DVI-монитор должен поддерживать разрешение 640□480 при частоте обновления 60 Гц. Затем BIOS и операционная система через интерфейс DDC опрашивают монитор на предмет поддерживаемых разрешений. Окончательное разрешение зависит от настроек пользователя, выбираемых из списка разрешений, одновременно поддерживаемых видеоадаптером и монитором. При горячем включении работает специальный механизм HPD (*Hot Plug Detection*): видеоадаптер через интерфейс DDC выясняет тип монитора, и если он цифровой, включает канал TMDS. В противном случае работа DVI-монитора ничем не отличается от работы через традиционный VGA-интерфейс.

Масштабирование

Все заботы, связанные с масштабированием, стандарт возлагает на монитор. Причем если монитор поддерживает масштабирование какого-то низкого разрешения, то он должен поддерживать и масштабирование всех стандартных разрешений между этим разрешением и своим "родным". При отсутствии возможности масштабирования монитор все-таки должен правильно отображать изображение с более низким разрешением (в окне).

Гамма-коррекция

Как известно, электронные пушки ЭЛТ имеют нелинейную передаточную характеристику и для отображения неискаженного изображения требуют □-коррекции (гамма-коррекции). Для ЭЛТ-монитора необходимое значение □ составляет величину около 2,2. Спецификация DVI рекомендует поддержку этого значения цифровыми мониторами всех типов до тех пор, пока в этой области не появится единый стандарт. Таким образом, коррекция также перекладывается на монитор, если он не является ЭЛТ-монитором.

Проекторы

Проекционное устройство само по себе не является новинкой. Принцип его действия хорошо знаком каждому, кто смотрел диафильмы, слайды или был в кинотеатре. Во всех этих случаях происходит одно и то же: изображение на тонкой цветной полупрозрачной пленке просвечивается мощной проекционной лампой и с помощью оптической системы проецируется на экран (рис. 13.20). В результате изображение может быть показано большой аудитории. Имеются также специальные проекторы для презентационных и учебных целей, способные переносить на экран изображения с непрозрачных носителей.

А можно ли проецировать на большой экран изображение с экрана монитора? Оказывается, можно. Для этой цели используются специальные проекционные устройства, подключаемые к PC.

В этих устройствах в качестве источника проецируемого изображения используется специальный электронно-управляемый *модулятор*, на который подается сигнал от видеоадаптера PC. Как кинопленка или слайд, он используется в качестве управляемого светофильтра, модулирующего световой поток от проекционной лампы.

Рис. 13.20. Экран Medium Executive

Конструкции и принципы действия модуляторов отличаются большим разнообразием, хотя в подавляющем большинстве они построены на основе ЖК-панелей. В зависимости от места расположения модулятора все компьютерные проекторы можно разбить на две большие группы.

- *Универсальные проекторы* общего назначения (*оверхед-проекторы*), в качестве источника изображения в которых используется специальный внешний модулятор — ЖК-панель.
- *Мультимедийные проекторы* со встроенным модулятором.

Помимо компонентного RGB-сигнала, снимаемого с выхода видеоадаптера, на проекторы можно подавать обычный видеосигнал, источником которого может быть бытовая или полупрофессиональная видеоаппаратура. Проекто-

ры, в которых в качестве входного используется только видеосигнал, называются *видеопроекторами*. По конструкции и принципу действия они аналогичны мультимедийным, но в них не предусмотрена возможность подключения к компьютеру. Напротив, на большинство мультимедийных проекторов можно подавать видеосигнал.

Оверхед-проекторы

Оверхед-проектор (*Over Head Projector* — проектор, расположенный над головой) представляет собой обычный проектор, в котором изображение от источника проецируется на экран при помощи наклонного *проекционного зеркала*. В зависимости от места размещения проекционной лампы различают *отражательные* и *просветные* проекторы.

Отражательные проекторы

Отражательные проекторы представляют собой малогабаритные устройства, предназначенные для проецирования изображений, нанесенных на специальную прозрачную пленку. Поскольку мощность проекционной лампы у таких проекторов невелика, они не могут использоваться совместно с ЖК-панелями.

Просветные проекторы

В просветных проекторах проекционная лампа размещается под рабочей поверхностью устройства внутри его основания (рис. 13.21). Поскольку в этом случае можно обеспечить принудительное охлаждение, мощность лампы может быть увеличена в десятки раз. Это позволяет использовать в качестве источника изображения не только прозрачные пленки, но и менее прозрачные ЖК-панели.

Такую панель, подключенную к видеоадаптеру PC, кладут на прозрачную рабочую поверхность проектора вместо прозрачной пленки. Свет от проекционной лампы через специальную фокусирующую линзу просвечивает ЖК-панель и через рассеивающую линзу поступает на проекционное зеркало. В некоторых моделях просветных проекторов предусмотрена возможность установки перед проекционным зеркалом дополнительной линзы, предназначенной для увеличения размера изображения на 25—50% (рис. 13.21).

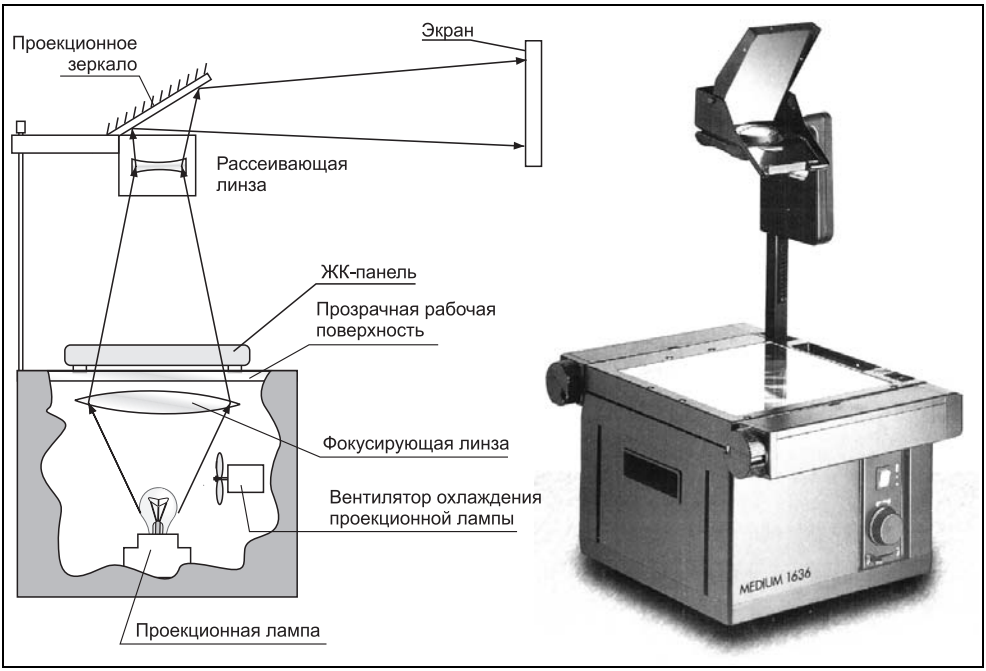


Рис. 13.21. Просветный оверхед-проектор

Мультимедийные проекторы

В мультимедийном проекторе проекционная лампа, ЖК-матрица и оптическая система составляют единое целое и размещаются в одном корпусе. Мультимедийные проекторы (рис. 13.22) напоминают обычные диапроекторы, предназначенные для просмотра слайдов или диафильмов, но их конструкция значительно сложнее.

В целом принцип действия мультимедийного проектора такой же, как и оверхед-проектора: изображение создается с помощью мощной проекционной лампы и встроенного в проектор электронно-оптического модулятора, управляемого сигналом видеоадаптера PC, а затем посредством оптической системы проецируется на внешний экран. Однако конструкция этого модулятора, способы построения и переноса изображения на экран в разных проекторах существенно отличаются.

В зависимости от конструкции модулятора проекторы бывают следующих типов:

- TFT-проекторы;
- полисиликоновые проекторы;
- DMD/DLP-проекторы.

Рис. 13.22. Мультимедийный проектор Hitachi CP-L 550

Кроме того, в зависимости от способа освещения модулятора различают мультимедийные проекторы *просветного* и *отражательного* типа.

Устройства формирования объемных изображений

Теперь рассмотрим группу нетрадиционных и, по нашему мнению, наиболее интересных устройств отображения для PC. Речь идет об особой группе устройств, позволяющих создавать объемные (трехмерные) изображения. Первоначально появившись в качестве весьма дорогостоящих и недостаточно совершенных элементов системы *виртуальной реальности*, эти устройства в настоящее время интенсивно совершенствуются, постепенно превращаясь в непременный атрибут домашнего мультимедийного PC. Способ формирования трехмерных изображений основан на эффекте *бинокулярного зрения*, или *стереозрения*, поэтому по своей конструкции такие устройства принципиально отличаются от традиционных мониторов.

Особенности восприятия человеком объемных изображений

Значительное влияние на естественность восприятия видеоинформации оказывает способность человека оценивать объемность (глубину) изображения. Наряду с высоким разрешением и большим количеством оттенков цветов, объемный характер изображения имеет важнейшее значение для создания у пользователя подсознательного ощущения реальности наблюдаемой сцены.

Способность человека к зрительному объемному восприятию объектов определяют две группы факторов, приведенных ниже.

- Первичные (врожденные) факторы, основанные на использовании бинокулярного зрения.
- Вторичные (эмпирические) факторы, позволяющие оценить глубину наблюдаемого объекта по косвенным признакам, доступным при монокулярном зрении (при этом, как правило, подсознательно используется накопленный человеком опыт ориентации в пространстве).

Важнейшими, безусловно, являются вторичные факторы. Поэтому в данной главе рассмотрим устройства отображения, основанные именно на этом свойстве, т. е. использующие бинокулярное зрение человека (стереозрение).

Вторичные факторы объемного восприятия основаны на подсознательной фиксации человеческим мозгом тех особенностей изображения, которые обусловлены пространственным положением наблюдаемых объектов и их частей.

- Оценка расстояния до предмета на основе информации о его размерах (чем меньше объект — тем он дальше).
- Оценка порядка наложения предметов друг на друга (кто выше — тот ближе).
- Определение глубины пространства за счет использования эффекта перспективы — визуального сближения параллельных линий, уходящих вдаль.
- Анализ световых эффектов на предмете (теней, бликов и т. п.).

Объемное восприятие объектов возможно как при бинокулярном, так и при монокулярном зрении, поэтому иллюзию трехмерности изображения можно создать при помощи традиционных, двумерных устройств отображения (телевизора, монитора). В качестве примера можно привести фотоснимок: сам по себе он является двумерным, плоским изображением, однако при его просмотре человек подсознательно оценивает его особенности, благодаря чему у

него создается хоть и не полное, но достаточно четкое представление о форме и пространственном положении изображенных на фотографии объектов.

Указанные выше особенности изображения (тени, взаимное положение и т. д.) можно не только наблюдать у естественных объектов окружающего мира, но и создавать на искусственных моделях виртуального компьютерного мира. До недавнего времени абсолютное большинство создаваемых компьютером визуальных объектов (например, шрифты, диаграммы, диалоговые окна) выглядели совершенно плоскими. Оно и понятно — все эти объекты изначально программируются и обрабатываются как двумерные. Однако сегодня бурно развивается новая технология, которую принято называть *трехмерной графикой*, или *3D*. В основе этой технологии лежит другой подход: все объекты компьютерного мира описываются в трехмерной системе координат. Имея математическое описание трехмерного объекта, можно корректно рассчитать его двумерную проекцию на плоскость экрана, которая будет обладать всеми перечисленными выше характеристиками. Поскольку объем вычислений, необходимый для расчета трехмерной сцены, исключительно велик, эту работу возлагают на специализированные графические процессоры, называемые *ускорителями трехмерной графики*, или *3D-акселераторами* (*см. главу 15*). Наиболее яркий пример 3D — многочисленные трехмерные компьютерные игры (Quake II, Final Realty, Tomb Rider и многие другие).

Для лучшего понимания принципа действия устройств отображения, формирующих объемные изображения, кратко опишем механизм бинокулярного зрения человека.

Механизм бинокулярного зрения

Известно, что в основе стереозрения лежит явление одновременного раздражения светом горизонтально расположенных *несимметричных* точек сетчатки глаз. Асимметрия этих точек обусловлена тем, что оба глаза, расположенные друг от друга на расстоянии 6—7 см по горизонтали, видят один и тот же объект под разными углами. Благодаря этому проекции объекта на глазном дне каждого глаза оказываются смещенными в горизонтальном направлении. Головной мозг анализирует эти проекции, в результате чего у человека создается ощущение объемности объекта, т. е. он может оценивать размер объекта не только по ширине и высоте, но и в глубину.

Первые опыты по исследованию бинокулярного зрения провел в 1838 г. Ч. Уитстон, а в 1858 г. П. Панум дал им объяснение, а также предложил практический способ формирования стереоизображения. Суть предложенно-

го Ч. Уитстоном способа заключалась в том, что два изображения одного и того же предмета, проецируемые на каждый глаз, были развернуты в горизонтальной плоскости друг относительно друга на небольшой угол, образуя так называемую *стереопару* (рис. 13.23).

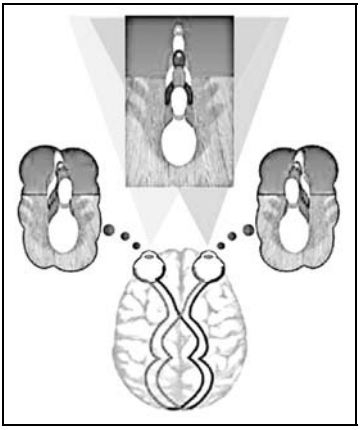


Рис. 13.23. Пример стереопары

Созданный им стереоскоп позволял видеть объемное изображение за счет раздельного наблюдения каждым глазом двух *почти* одинаковых плоских изображений, образующих стереопару. Формирование стереопары происходило за счет использования специальной оптической системы, позволявшей из исходного изображения получить два немного сдвинутых относительно друг друга.

Принцип действия стереоскопа Уитстона и сегодня в том или ином виде реализуется во всех современных устройствах формирования объемных изображений. Однако используемые в них конкретные способы формирования стереопары значительно отличаются друг от друга, в результате появилось множество разнообразных устройств данного типа. Остановимся на этих различиях более подробно.

Не представляет большого труда сформировать два плоских изображения, составляющих стереопару. Значительно труднее заставить каждый глаз видеть только одну половину стереопары. Решить эту задачу можно двумя способами:

- путем использования для каждого глаза отдельного экрана (*двухэкранный способ*);

- проецированием двух изображений, составляющих стереопару, на общий экран с последующей селекцией элементов стереопары, обеспечивающей их раздельный показ каждому глазу (*одноэкранный способ*).

Двухэкранные устройства

Применение двухэкранного способа потенциально обеспечивает наилучшие результаты, поскольку учитываются особенности строения глаз человека (два глаза — два экрана). Однако для его реализации требуется специальное устройство отображения. При использовании в качестве экранов миниатюрных ЭЛТ удается получить весьма высокое разрешение (до 1280□1024 на каждом экране), однако все устройство отображения получается весьма тяжелым и громоздким (рис. 13.24), поэтому для его крепления используют специальную штангу (рис. 13.25). Такие устройства относят к типу *BMD* (*Boom Mounted Display* — дисплей, закрепленный на штанге). Как правило, они весьма дороги и применяются в составе профессиональных тренажеров-симуляторов.

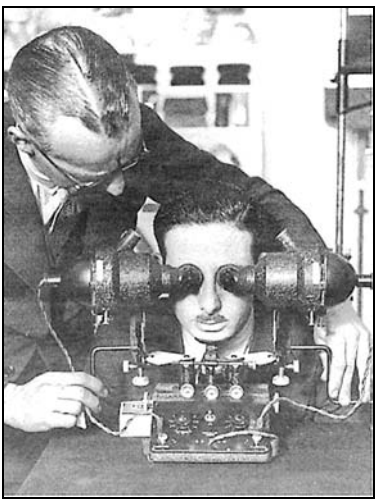


Рис. 13.24. Одно из первых стереоскопических устройств

Рис. 13.25. Устройство отображения Fakespace FS2 типа BMD

Основной недостаток таких устройств — громоздкость — был устранен с появлением компактных ЖК-экранов. По мере совершенствования технологии и удешевления их производства появились и непрерывно совершенствуются

удобные и привычные для использования устройства отображения в виде шлемов, биноклей или специальных очков. Их принято называть устройствами типа *HMD* (*Head Mounted Display* — дисплей, закрепленный на голове). Именно они являются в настоящее время основными устройствами формирования объемных изображений и широко используются в системах виртуальной реальности. Наиболее распространенным устройством отображения типа HMD является шлем виртуальной реальности, или *VR-шлем* (рис. 13.26).

Существует также группа устройств типа HHD (*Hand Held Display* — дисплей, удерживаемый в руках). Типичным представителем устройств типа HHD является подключаемый к PC бинокль (рис. 13.27), в который вмонтированы две ЖК-матрицы. Бинокль значительно меньше весит, его габариты намного меньше по сравнению с устройствами типа BMD, поэтому он находит все более широкое применение в сфере мультимедиа.

Рис. 13.26. VR-шлем

Рис. 13.27. Бинокль

Одноэкранные устройства

В отличие от рассмотренного выше двухэкранного способа, при котором оба элемента стереопары отображаются **одновременно** на двух экранах, одноэкранный способ формирования трехмерных изображений подразумевает показ частей трехмерного изображения на одном экране. Его основное достоинство заключается в том, что данный метод позволяет отображать элементы стереопары при помощи обычных, двумерных устройств отображения (например, монитора PC или проекционного экрана). Однако при этом необходимо специальное оборудование для разделения (селекции) изображений, составляющих стереопару.

Существует несколько способов селекции.

- *Одновременный* (метод поляризационной селекции). На один экран одновременно проецируются два изображения, образующих стереопару, при этом каждое из изображений имеет различную поляризацию световой волны. Обычно используется линейная поляризация (вертикальная — для одного изображения и горизонтальная — для другого), реже — круговая. Надев *поляризационные очки*, наблюдатель может видеть стереоскопическое изображение. Такой способ применяется в стереокино, а также в мультимедийных 3D-проекторах. В последнем случае одновременно используются два проекционных аппарата, изображения от которых должны быть тщательно совмещены на экране.
- *Последовательный* (затворный метод). Элементы стереопары отображаются на экране монитора *по очереди*, при этом между каждым глазом и экраном располагается специальное устройство в виде "шторки" или "затвора" (*shutter*), которое синхронно со сменой элементов стереопары теряет прозрачность, перекрывая поле зрения одному из глаз. Наиболее часто в качестве таких "шторок" используются специальные электронно-управляемые очки (*Shutterglasses* — очки затворного типа). В качестве управляющего сигнала для таких очков, называемых также *активными поляризационными очками*, используется выходной сигнал видеоадаптера PC. В настоящее время эти очки являются наиболее простыми и доступными по цене устройствами, которые совместно с обычным монитором PC позволяют получить трехмерное изображение. Заметим, что последовательный способ показа элементов стереопары требует увеличения частоты кадров монитора в 2 раза.
- *Комбинированный метод*. Отличается от затворного метода тем, что позволяет использовать простые (пассивные) поляризационные очки вместо более дорогих активных. Поскольку реализация этого метода обходится значительно дороже, чем затворного, он пока не нашел широкого применения (3D-проекторы, специальные 3D-экраны для обычных мониторов).

Способы формирования стереокадра

Рассмотренные выше способы создания стереоэффекта определяют главным образом механическую конструкцию устройства формирования трехмерных изображений, но ничего не говорят о способе формирования видеосигнала. Действительно, даже при наличии VR-шлема, имеющего два независимых экрана, в качестве источника изображения используется единственный выход

видеоадаптера. Как же, используя один видеосигнал, сформировать на двух экранах различные изображения?

Для решения этой задачи видеосигнал должен представлять собой последовательность *стереокадров*. Под стереокадром будем понимать совокупность двух последовательных кадров (или полей), каждый из которых представляет собой изображение одного из элементов стереопары (рис. 13.28).

Стереокадр может формироваться несколькими способами, определяющими:

- режим работы видеоадаптера и монитора (точнее, способ развертки);
- способ хранения цифрового образа стереопары в видеопамяти;
- особенности обработки выходного сигнала видеоадаптера (в случае необходимости) для получения стереоэффекта.

Для краткости способ формирования стереокадра будем называть *форматом стереокадра*.

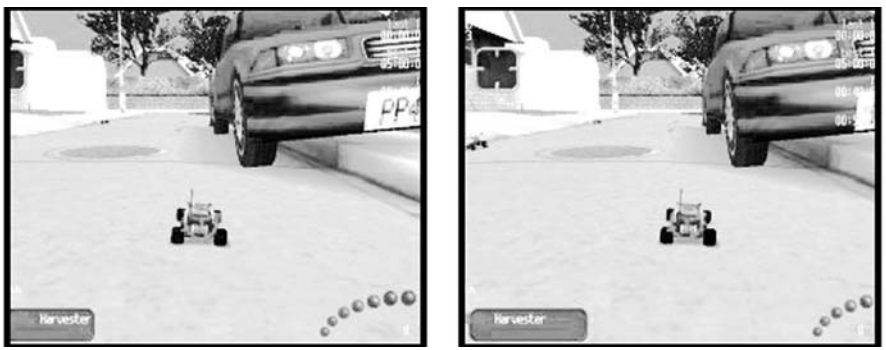


Рис. 13.28. Пример стереокадра

Рассмотрим наиболее распространенные форматы стереокадра, используемые в 3D-очках затворного типа и VR-шлемах.

Последовательная передача кадров

Этот способ имеет несколько названий: *Page-Flipping* (разбиение на страницы), *Field Sequential* (последовательная передача полей), *Alternate Page* (чередующиеся страницы) и *Alternate Frame* (чередующиеся кадры). При последовательной передаче кадров в каждый момент времени в кадровом буфере видеоадаптера размещается только одна половина стереопары (левая или

правая), которая и отображается на экране монитора (рис. 13.29). Используется только построчная развертка, при этом стереокадр формируется за два периода кадровой развертки.

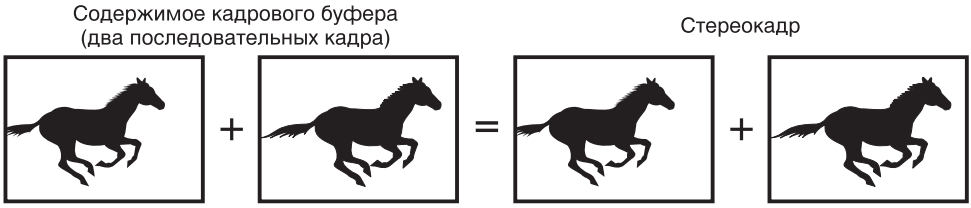


Рис. 13.29. Формирование стереокадра формата Page-Flipping

Этим способом удается получить изображение наилучшего качества, поскольку разрешение каждого элемента стереопары соответствует фактически используемому разрешению монитора. Однако частота смены стереокадров оказывается вдвое меньше, чем реально установленная частота кадровой развертки монитора, поэтому для устранения мелькания рекомендуется использовать частоту кадров не ниже 120 Гц. Отметим, что такую частоту должны поддерживать и монитор, и видеоадаптер (большинство устаревших моделей видеоадаптеров не поддерживают такие частоты!). Кроме того, если изображение стереопары занимает большой объем памяти (высокое разрешение в режиме True Color), шина ввода/вывода, к которой подключен видеоадаптер, должна иметь такую пропускную способность, чтобы обеспечить своевременную пересылку данных из оперативной памяти PC в локальную память видеоадаптера. Поэтому для формирования стереокадра формата Page-Flipping необходим PC с мощным видеоадаптером и высококачественным монитором.

Разбиение кадра по горизонтали

Этот формат стереокадра называют также *Above-below Split-Screen*, *Over-Under Split-Screen* или *Top-Bottom Split-Screen*. Так же как и в формате Page-Flipping, стереокадр формата Above-below Split-Screen формируется с использованием построчной развертки. Отличие состоит в том, что изображения обоих элементов стереопары *одновременно* записываются в кадровый буфер, причем разрешение по вертикали каждого элемента уменьшено в 2 раза. Иными словами, изображение каждого элемента стереопары как бы сжато по вертикали в 2 раза, чтобы они одновременно могли уместиться в кадре (рис. 13.30).

Рис. 13.30. Формирование стереокадра формата Above-below Split-Screen

Если теперь сигнал видеоадаптера просто подать на монитор, то на его экране мы увидим такую же картинку, как и на рис. 13.30 слева, и ни о каком стереоэффекте говорить не придется. Чтобы получить стереоскопическое изображение, между видеоадаптером и монитором включают специальный контроллер, реализующий процедуру *Sync Doubling* — дублирование синхроимпульсов. Напомним, что видеосигнал и синхроимпульсы в видеосистеме VGA передаются по различным проводам, поэтому обработку этих сигналов можно выполнять независимо друг от друга.

Принцип действия контроллера заключается в удвоении частоты следования кадровых синхроимпульсов, подаваемых на монитор: между каждыми двумя синхроимпульсами, сформированными видеоадаптером, он вставляет дополнительный импульс. Это приводит к удвоению частоты кадровой развертки монитора, т. е. электронный луч ЭЛТ будет смещаться по вертикали в два раза быстрее, чем при использовании синхросигналов, формируемых видеоадаптером. В результате полноэкранный растр будет содержать половину строк, хранящихся в кадровом буфере. Например, если видеоадаптер и монитор изначально работали в режиме 640□480/60 Гц, то после выполнения процедуры Sync Doubling монитор перейдет в режим 640□240/120 Гц. За время, в течение которого видеоадаптер просканирует половину кадрового буфера, монитор полностью сформирует растр, как бы растянув сжатое по вертикали изображение, например, левого элемента стереопары на весь экран. Таким же образом будет сформировано изображение правого элемента стереопары, содержащегося в оставшейся части кадрового буфера.

Таким образом, разрешение по вертикали стереокадра формата Above-below Split-Screen будет в два раза ниже, чем стереокадра формата Page-Flipping. Кроме того, между строк растра будут хорошо заметны темные полосы, особенно на экране большого размера и с малым зерном.

Основное преимущество формата Above-below Split-Screen — хорошая совместимость с видеоадаптерами (не требуется переводить их в чересстроч-

ный или какой-либо другой нестандартный режим). Однако использовать его желательно только при сравнительно высоком исходном разрешении (не ниже 800□600), когда уменьшение в два раза количества строк растра не слишком заметно на глаз.

Характерная особенность стереокадра данного формата — нечеткое разделение верхней и нижней половин кадра, приводящее к появлению в верхней и нижней частях экрана дефектов изображения. Для их исключения в середину стереокадра добавляют узкую темную разделительную полосу.

Чередование строк

Чередование строк (*Alternate Line*) иначе называют *Line Sequential* (последовательная передача строк) либо *Interleaved* или *Interlaced* (чересстрочный). Зачастую название этого формата стереокадра путают с названием чересстрочного способа развертки: формат Alternate Line, или Interlaced, определяет способ хранения элементов стереопары в кадровом буфере, а не способ формирования растра на экране ЭЛТ. Более того, он используется как при чересстрочной, так и при построчной развертке.

Стереокадр формата Alternate Line формируется следующим образом. Изображения стереопары одновременно целиком хранятся в кадровом буфере, но имеют чересстрочную структуру (рис. 13.31): в нечетных строках содержится изображение левого элемента стереопары, а в четных — правого (речь идет не о строках растра, а об ячейках видеопамяти, в которых содержатся значения видеосигнала для каждой строки растра). Другими словами, в видеопамяти строки каждого элемента стереопары чередуются друг с другом, а при наложении этих изображений формируется ровный растр.

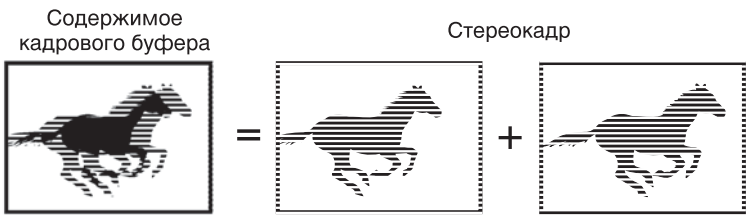


Рис. 13.31. Формирование стереокадра формата Alternate Line

Таким образом, формат Alternate Line предполагает изначальное **программное** разложение стереопары на четные и нечетные строки.

Несложно догадаться, что каждая половина стереопары содержит в два раза меньше строк, чем растр на экране. Поэтому разрешение по вертикали стереокадра формата Alternate Line в два раза хуже, чем стереокадра формата Page-Flipping. С этой точки зрения формат Alternate Line аналогичен рассмотренному выше формату Above-below Split-Screen, но за счет использования специальных методов позволяет заметно повысить качество стереоскопического изображения. Применение конкретного метода зависит от выбранного режима развертки.

Чересстрочная развертка

Наиболее простой метод — использование чересстрочной развертки. В этом случае чересстрочный метод сканирования содержимого кадрового буфера, совместно с чересстрочным способом хранения изображения, обеспечит автоматическое разделение элементов стереопары: в нечетных полях (полукадрах) будет отображаться левый элемент стереопары, а в четных — правый. Наиболее важное достоинство использования чересстрочной развертки для формирования стереокадра формата Alternate Line — это возможность получения высокой (до 150 Гц) частоты смены полукадров (полей) даже на посредственных мониторах, что значительно снижает мерцание экрана.

Построчная развертка

Чересстрочная развертка — анахронизм для видеосистемы современного PC (многие модели современных видеоадаптеров ее не поддерживают!). Существуют также модели VR-шлемов и 3D-очков, для работы которых необходим видеосигнал именно с построчной разверткой! Для того чтобы работать с построчной разверткой, используются два метода: *Line Doubling* — дублирование линий и *Line Blanking* — гашение строк.

Дублирование линий

Дублирование линий является чисто программным методом и реализуется путем соответствующего программирования видеоадаптера. Суть метода проста: каждая строка кадрового буфера сканируется видеоадаптером дважды, в результате чего видеосигнал в соседних строках повторяется. Другими словами, сначала дважды сканируются все нечетные строки кадрового буфера, а затем — все четные (также дважды). В результате каждый элемент стереопары отображается на экране в отдельном кадре в виде построчного рас-

тра, хотя разрешение стереокадра по вертикали по-прежнему остается в два раза ниже, чем в стереокадре формата Page-Flipping.

Таким образом, использование метода дублирования строк позволяет избежать появления темных полос между прореженными строками исходного изображения. Заметим, что в видеоадаптере VGA, если установленное разрешение по вертикали ниже 350 пикселов (например 640□200), режим дублирования строк включается автоматически.

Гашение строк

Гашение строк является более экзотическим и менее качественным способом формирования стереокадра формата Alternate Line при построчной развертке. В отличие от рассмотренного выше метода Line Doubling, метод Line Blanking реализуется не программно, а аппаратно, при помощи специального конвертера (контроллера), включенного в разрыв кабеля, соединяющего видеоадаптер и монитор.

Как известно, при обычной, построчной развертке строки кадрового буфера сканируются последовательно. Однако при использовании формата Alternate Line последовательное сканирование неприемлемо, поскольку оно не позволяет разделить элементы стереопары. Для того чтобы решить эту задачу, контроллер блокирует видеосигнал четных строк в нечетном кадре и наоборот, видеосигнал нечетных строк в четном кадре. В результате на экране монитора в нечетном кадре будет отображаться левый элемент стереопары, а в четном — правый. При этом и видеоадаптер, и монитор работают в обычном режиме с построчной разверткой, а визуально возникает впечатление, что используется чересстрочная развертка (фактическое разрешение вдвое ниже номинального, четные и нечетные поля появляются на экране поочередно). Поэтому метод Line Blanking называют также *Synthetic Interleave* — искусственное чередование строк.

По сравнению с методом дублирования линий, метод гашения линий обеспечивает худшее качество изображения и для своей реализации требует использования дополнительного устройства (контроллера). Однако его очевидным преимуществом является использование стандартных режимов работы видеоадаптера и монитора, что практически полностью устраняет проблему совместимости VR-шлемов и 3D-очков с видеоадаптером.

Таким образом, несмотря на упомянутые выше различия и особенности практической реализации способов формирования стереокадра (Page Flipping, Above-below Split-Screen и Alternate Line), частота показа элементов стереопары должна быть в два раза выше, чем частота стереокадров. Кроме того,

разрешение по вертикали стереокадров формата Above-below Split-Screen и Alternate Line оказывается в два раза ниже, чем установленное разрешение монитора.

Разбиение кадра по вертикали

Создание стереоскопического изображения из видеосигнала путем разбиения кадра по горизонтали значительно ухудшает разрешение изображения по вертикали, которое и так весьма невелико (480 строк в кадре и 240 — в поле в системе NTSC). В этом случае используют разбиение кадра по вертикали. Изображение стереокадра, полученное в результате этого разбиения, представлено на рис. 13.32. Как и при формировании стереокадра формата Above-below Split-Screen, изображения обоих элементов стереопары одновременно размещаются в кадре. Они имеют номинальное разрешение по вертикали, но сжаты по горизонтали, т. е. их разрешение по горизонтали в 2 раза ниже номинального. Такой способ формирования стереокадра получил название *Side-by-Side Split-Screen*.

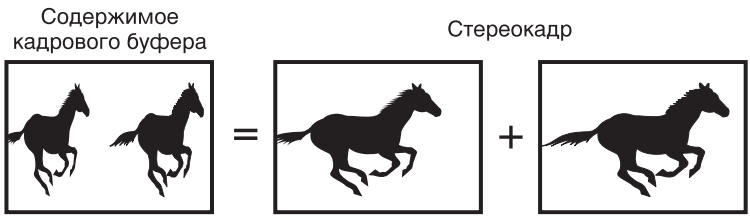


Рис. 13.32. Формирование стереокадра формата Side-by-Side Split-Screen

Формат Side-by-Side Split-Screen применяется в основном в бытовой видеотехнике. Элементы стереопары записываются на специальные видеокамеры, у которых частота строчной развертки увеличена в 2 раза. Далее, при помощи специального видеомагнитофона сигналы с двух видеокамер суммируются так, что они образуют стереокадр формата Side-by-Side Split-Screen. Суммарный сигнал занимает в два раза большую полосу частот и непригоден для просмотра на экране обычного бытового телевизора, поэтому он подвергается цифровой обработке в специальном контроллере, на выходе которого формируется обычный телевизионный сигнал. При этом нечетные поля (полукадры) содержат изображение левого элемента стереопары, а четные — правого.

В мультимедийном оборудовании формат Side-by-Side Split-Screen используется крайне редко.

Шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы)

Шлемы виртуальной реальности (*VR-шлемы*), называемые также *кибершлемами*, являются в настоящее время наиболее совершенными (и дорогостоящими) устройствами формирования трехмерных изображений, которые могут быть использованы в домашних условиях совместно с PC или бытовой видеоаппаратурой. Принцип их действия основан на двухэкранном методе. Помимо наличия двух индивидуальных экранов для каждого глаза, VR-шлемы, благодаря своей конструкции, обеспечивают отсечение поля периферийного зрения человека, что усиливает эффект проникновения в виртуальный компьютерный мир.

В VR-шлемах используются миниатюрные экраны, выполненные на основе активных ЖК-матриц, подобных тем, что используются в мультимедийных проекторах. Каждая из двух ЖК-матриц формирует цветное изображение, которое, благодаря особой конструкции шлема, видит только один глаз. Кроме экранов, VR-шлем снабжен стереофоническими головными телефонами и микрофоном. Узел шлема, объединяющий в себе эти матрицы и органы регулировки, называют *визором*. Важное требование к визору — возможность регулировать расстояние между матрицами по горизонтали, которое должно соответствовать расстоянию между зрачками пользователя, называемому *IPD* (*InterPupil Distance*). Визоры некоторых шлемов оборудованы специальной оптической системой автоматического определения IPD, благодаря чему отпадает необходимость в индивидуальной настройке шлема.

Главным недостатком VR-шлема является недостаточно высокое разрешение стереоскопического изображения. Это обусловлено ограниченным количеством элементов ЖК-матрицы и, что наиболее существенно, малым расстоянием между глазом и визором, при котором зернистость ЖК-матриц наиболее заметна.

Важнейшей особенностью VR-шлемов является наличие так называемой *системы виртуальной ориентации* (СВО), часто обозначаемой *VOS* (*Virtual Orientation System*), которая отслеживает движение головы и в соответствии с ним корректирует изображение на экранах: при повороте головы в одну сторону панорамное изображение "прокручивается" через ЖК-матрицы в противоположном направлении, благодаря чему у пользователя возникает иллюзия стабильности наблюдаемой картины (так, как это происходит в реальной жизни). В итоге возникает неповторимое ощущение реальности изображения. Благодаря наличию СВО VR-шлемы представляют собой нечто большее, чем просто устройство отображения: они помогают человеку окунуться в иную, виртуальную реальность, что и отражено в их названии.

Максимальный эффект от применения VR-шлемов достигается в том случае, когда они используются совместно со специфическими устройствами ввода, называемыми *VR-контроллерами*. Примером VR-контроллера является трехмерная мышь, специальные перчатки и другие устройства.

В качестве входного сигнала для VR-шлема может использоваться либо видеосигнал от бытовой видеоаппаратуры, либо RGB-сигнал видеоадаптера PC. В подавляющем большинстве менее дорогие модели VR-шлемов рассчитаны на использование композитного телевизионного видеосигнала с чересстрочной разверткой. Это объясняется тем, что невысокое разрешение изображения, создаваемого ЖК-матрицами визора, примерно соответствует четкости обычного телевизионного изображения. Для подключения таких VR-шлемов к компьютеру необходим специальный адаптер. VR-шлемы с более качественными визорами, способными обеспечить разрешение не хуже 640□480, обычно рассчитаны на подключение непосредственно к видеоадаптеру PC.

Помимо визора, VR-шлем оборудован высококачественной стереофонической аудиосистемой. Стереозвук на шлем подается по отдельным проводам, через два RCA-разъема или стандартный 3,5-миллиметровый стереофонический разъем. Источником звука может быть либо телевизор (видеомагнитофон), либо звуковая карта компьютера.

Системы виртуальной ориентации (СВО)

Как уже отмечалось, система виртуальной ориентации предназначена для определения положения головы пользователя и передачи полученных координат в PC. Это позволяет оперативно корректировать формируемую VR-шлемом картину с учетом движения пользователя, усиливая тем сам реализм 3D-изображения. Чаше всего элементы СВО вмонтированы в шлем. Однако поскольку СВО применяются не только в игровых, но и в ряде профессиональных приложений, существуют универсальные, самостоятельные и высокоточные системы данного типа, одинаково пригодные для различных целей.

Пространственные координаты

СВО обеспечивает слежение по шести координатам (иногда их называют *степенями свободы*):

- трем пространственным координатам *X*, *Y* и *Z*, измеряемым в прямоугольной системе координат и характеризующим *положение* объекта относительно начала координат;

- трем угловым координатам, характеризующим *ориентацию* объекта (головы пользователя) относительно трех осей системы координат.

В VR-шлемах, предназначенных для игровых приложений (таких на рынке абсолютное большинство), достаточно отслеживать только ориентацию. Это положение характеризуется тремя углами:

- *yaw* (*azimuth*) — *углом рыскания*, или *азимутом*, отсчитываемым в горизонтальной плоскости (0—360□);
- *pitch* (*elevation*) — *углом возвышения*, или *углом места*, отсчитываемым в вертикальной плоскости (±90□);
- *roll* (*tilt*) — *углом крена* (*наклона*), отсчитываемым в плоскости, перпендикулярной линии визирования (±180□).

Изображенные на рис. 13.33 углы называются *углами Эйлера*. Измеренные значения углов СВО передает в РС (обычно через последовательный порт) программе, которая корректирует изображение на ЖК-матрицах шлема. Частота, с которой измеряются показания датчиков и передача результатов в РС, называется *частотой опроса*. Значение частоты опроса, а также точность измерения углов, оцениваемая величиной среднеквадратической ошибки, являются важными техническими характеристиками СВО.

В зависимости от принципа действия и типа используемого поля различают *магнитные*, *ультразвуковые* и *инерциальные* СВО.

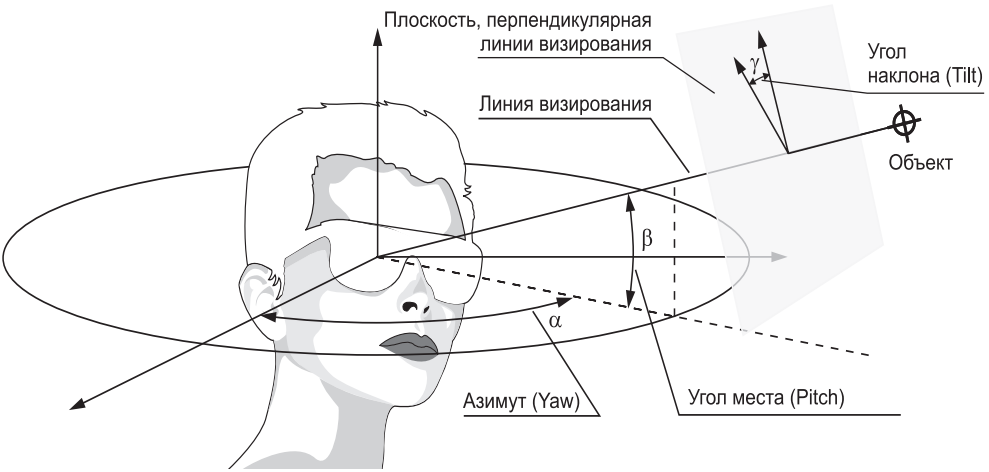


Рис. 13.33. Углы, характеризующие ориентацию головы в пространстве

Магнитные СВО

Наиболее широко распространены магнитные СВО, в которых используются миниатюрные магнитные датчики (катушки индуктивности). Магнитная СВО включает в себя блок внешних неподвижных передатчиков, выполняющих роль радиомаяков, датчик-приемник, расположенный на шлеме, а также системный электронный блок, который формирует электрические сигналы, поступающие на передатчик, и обрабатывает сигналы, принятые приемником. Интенсивность и фаза принятых сигналов зависят от расстояния между передающими и приемными катушками, а также от их взаимной ориентации. Обрабатывая передаваемые и принимаемые сигналы, системный электронный блок вычисляет пространственные координаты приемника относительно передатчика. Результаты вычислений передаются в PC через стандартный последовательный интерфейс RS-232 с частотой 50—60 Гц.

Типовая магнитная СВО имеет следующие характеристики:

- максимальное расстояние, на котором обеспечивается заданная точность, — от 0,5 до 1,5 м;
- частота съема измерений — до 60 Гц;
- среднеквадратическая ошибка определения положения — 0,24 см;
- среднеквадратическая ошибка определения углов — 0,75□.

Магнитные СВО сравнительно просты, однако обладают серьезным недостатком: результаты полученных с их помощью измерений могут быть искаженными вследствие влияния внешних магнитных полей от работающих электробытовых приборов либо находящихся рядом крупных металлических предметов. Чтобы уменьшить это влияние, используют ультразвуковые СВО.

Ультразвуковые СВО

В ультразвуковых СВО вместо магнитных используются малогабаритные пьезокерамические преобразователи, выполняющие функции передатчиков и приемников. Обычно используются три передатчика и приемника, размещенных в шлеме (рис. 13.34). Системный блок посылает на передатчики электрический сигнал и регистрирует ультразвуковой сигнал, принятый приемником (датчиком). Измеряя временную задержку между посланным и принятым сигналом, а также зная скорость распространения звуковой волны (около 330 м/с), можно с достаточной точностью определить расстояние ме-

жду передатчиком и приемником. Обрабатывая результаты измерений расстояния между тремя парами датчиков, можно рассчитать положение и ориентацию шлема (головы пользователя) в пространстве.

Рис. 13.34. Ультразвуковая система виртуальной ориентации Logitech Head Tracker

Инерциальные СВО

В наиболее дорогих моделях VR-шлемов, предназначенных главным образом для профессионального применения, используются *инерциальные СВО*. Свое название они получили благодаря использованию в них инерциальных датчиков — квантовых гироскопов и акселерометров, не требующих для своей работы искусственных полей (магнитных или ультразвуковых). С их помощью создается независимая, *инерциальная* система координат, в которой отслеживается положение головы пользователя.

В инерциальных СВО в качестве квантовых гироскопов используются миниатюрные твердотельные датчики, выполненные в форме куба. Такой датчик включает в себя полупроводниковые лазерные передатчик и приемник, а также три контура, расположенные в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Такие датчики позволяют измерять угловые скорости вращения датчика относительно трех взаимно перпендикулярных осей, а также направления силы притяжения и вектора магнитного поля Земли.

Наиболее известны квантовые гироскопические датчики InertiaCube производства фирмы InterSence. На основе этих датчиков создана компактная СВО INTERTRAX, обеспечивающая высокоточное измерение трех угловых координат.

Малогабаритный датчик (рис. 13.35, *слева*) закрепляется на затылке головы (рис. 13.34, *справа*) и соединяется проводом с электронным блоком, закрепленным на поясе пользователя. Никакого передающего устройства этой системе не требуется. Электронный блок, в котором расположен сигнальный процессор, вычисляет значения трех угловых координат и с частотой до 256 Гц через последовательный порт передает их в PC.

Рис. 13.35. Датчик инерциальной СВО INTERTRAX

Диапазон измерения азимута и угла наклона составляет ±180□, диапазон измерения угла места — ±80□. Максимально допустимая угловая скорость равна 400 град./с, минимальная — 2 град./с. Ошибка измерений углов не более 0,02□.

Важной особенностью инерциальных угломерных СВО является отсутствие ограничения на дальность действия (напомним, что у рассмотренных выше магнитных и ультразвуковых СВО она составляет единицы метров) и невосприимчивость к внешним помехам (электрическим и магнитным полям). Это объясняется тем, что система использует не искусственные, а естественные поля (магнитное и гравитационное).

Все рассмотренные выше устройства формирования стереоскопических изображений предназначены для индивидуального использования и не обеспечивают коллективный просмотр объемных изображений. Для решения этой задачи предназначены *3D-проекторы* (рис. 13.36). Принцип их действия такой же, как и мультимедийных проекторов, однако имеются и важные отличия:

- более сложная конструкция оптической системы;

- специальные поляризационные фильтры (встроенные или внешние), при помощи которых производится селекция элементов стереопары.

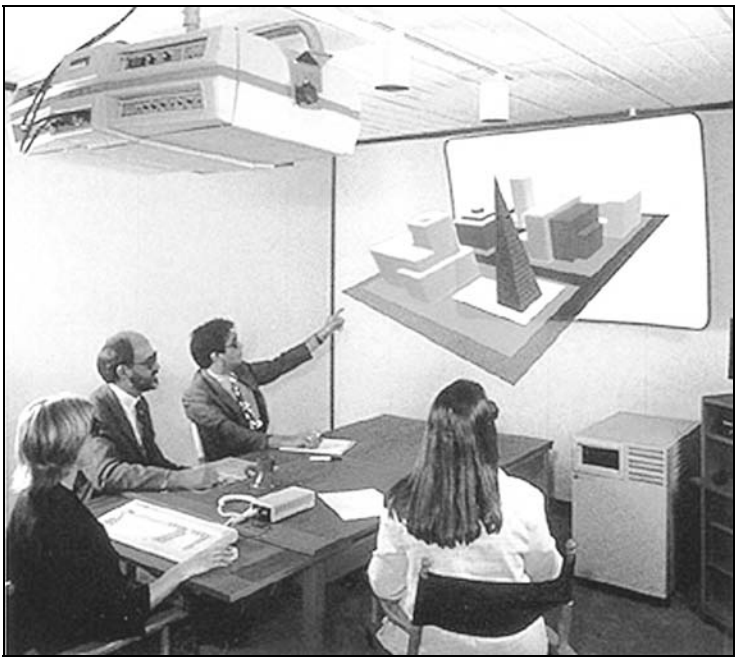


Рис. 13.36. 3D-проектор

Глава 14

Видеоадаптеры

Вторым после монитора основным компонентом видеосистемы PC является *видеоадаптер*. Иногда его называют *видеокартой*, но мы будем употреблять первый, более строгий, по нашему мнению, термин. Основная функция видеоадаптера — преобразование цифрового сигнала, циркулирующего внутри PC, в аналоговые электрические сигналы, подаваемые на монитор. Другими словами, видеоадаптер выполняет роль интерфейса между компьютером и устройством отображения информации (монитором).

Интерфейс между компьютером и устройством отображения — было единственным назначением первых видеоадаптеров (MDA, CGA, HGC, EGA, VGA). Однако по мере развития PC на видеоадаптер стали возлагаться дополнительные обязанности: аппаратное ускорение 2D- и 3D-графики, обработка видеосигналов, прием телевизионных сигналов и многое другое. Для решения этих задач в состав видеоадаптера начали включать дополнительные элементы, в результате чего современный видеоадаптер, часто именуемый Super VGA или SVGA, превратился в мощное универсальное графическое устройство. Однако по сложившейся традиции такие интегрированные изделия по-прежнему называются видеоадаптерами.

Видеоадаптер является исключительно важным элементом видеосистемы, поскольку определяет следующие ее характеристики:

- максимальное разрешение и частоты разверток (совместно с монитором);
- максимальное количество отображаемых оттенков цветов;
- скорость обработки и передачи видеоинформации, определяющие производительность видеосистемы и PC в целом.

В самом общем случае видеоадаптер включает в себя следующие основные элементы:

- видеопамять, предназначенную для хранения цифрового изображения;

- набор микросхем (*Chipset*), реализующий все необходимые функции обработки цифрового изображения и преобразования его в видеосигнал, подаваемый на монитор;
- схемы интерфейса с шиной ввода/вывода PC;
- ROM Video BIOS, в котором хранится расширение BIOS, предназначенное для управления видеосистемой PC (нужное для загрузки компьютера);
- цифроаналоговый преобразователь, выполняющий преобразование цифровых данных, хранящихся в видеопамяти, в аналоговый видеосигнал (для видеоадаптеров с аналоговым выходом).

Помимо видеосигнала, видеоадаптер формирует сигналы горизонтальной и вертикальной синхронизации, используемые при формировании растра на экране монитора, — сигналы *H-Sync* и *V-Sync*. Параметры этих сигналов должны соответствовать возможностям монитора, используемого совместно с видеоадаптером.

Кратко логику работы видеоадаптера можно изложить следующим образом.

CPU формирует цифровое изображение в виде матрицы $N \times M$ n-разрядных чисел и записывает его в видеопамять. Участок видеопамяти, отведенный для хранения цифрового образа текущего изображения (кадра), называется *кадровым буфером*, или *фрейм-буфером* (от англ. *frame buffer* — кадровый буфер). Видеоадаптер последовательно считывает (сканирует) содержимое ячеек кадрового буфера и формирует на выходе видеосигнал, уровень которого в каждый момент времени пропорционален значению, хранящемуся в отдельной ячейке. Сканирование видеопамяти осуществляется синхронно с перемещением электронного луча по экрану ЭЛТ. В результате яркость каждого пиксела на экране монитора оказывается пропорциональной содержимому соответствующей ячейки памяти видеоадаптера. По окончании просмотра ячеек, соответствующих одной строке растра, видеоадаптер формирует импульсы строчной синхронизации H-Sync, инициирующие обратный ход луча по горизонтали, а по окончании сканирования кадрового буфера — сигнал V-Sync, вызывающий движение луча снизу вверх. Таким образом, частоты строчной и кадровой развертки монитора определяются скоростью сканирования содержимого видеопамяти, т. е. видеоадаптером. Очевидно, что блок разверток монитора должен поддерживать эти частоты. В противном случае изображение на экране монитора будет нестабильным или вовсе отсутствовать.

Режимы работы

В зависимости от режима работы видеоадаптера видеосистема PC может обеспечивать различные разрешение и палитру. Совокупность всех параметров, характеризующих режим работы видеоадаптера (разрешение, палитра, частоты строчной и кадровой развертки, способ адресации участков экрана и др.), называется *видеорежимом*.

Все видеорежимы делятся на *графические* и *текстовые*. Различие в режимах существенно только для видеоадаптера, поскольку в каждом из них используются разные механизмы формирования видеосигнала. Что же касается монитора, то в обоих режимах он работает одинаково.

Графический режим

В *графическом режиме* содержимое каждой ячейки кадрового буфера (матрицы $N \times M$ n-разрядных чисел) является кодом цвета соответствующего пиксела экрана. Разрешение экрана при этом также равно $N \times M$. Адресуемым элементом экрана является минимальный элемент изображения — пиксел. По этой причине графический режим называют также режимом *APA* (*All Point Addressable* — все точки адресуемы). Иногда число n называют *глубиной цвета*. При этом количество одновременно отображаемых цветов равно 2^n, а размер кадрового буфера, необходимый для хранения цветного изображения с разрешением $N \times M$ и глубиной цвета n, составит $N \times M \times n$ бит.

Графический режим является основным режимом работы видеосистемы современного PC, поскольку в этом режиме на экран монитора можно вывести текст, рисунок, фотографию, анимацию или видеосюжет. В частности, в таком режиме работает видеосистема PC под управлением Windows. Однако для эффективной работы в графическом режиме требуется значительный объем видеопамяти и высокопроизводительный компьютер, поэтому данный режим стал основным только с появлением PC на базе CPU Intel 80386 и 80486.

Текстовый режим

В *текстовом* (*символьном*) режиме, как и в графическом, изображение на экране монитора представляет собой множество пикселов и характеризуется разрешением $N \times M$. Однако все пикселы разбиты на группы, называемые *знакоместами*, или *символьными позициями* (*Character positions*, или *Character*

boxes — символьные ячейки) размером $p \times q$. В каждом из знакомест может быть отображен один из 256-ти символов. Таким образом, на экране умещается $M/q = M_t$ символьных строк по $N/p = N_t$ символов в каждой. Типичным текстовым режимом является режим 80×25 символов.

Изображение символа в пределах каждого знакоместа задается *точечной матрицей* (*dot matrix*). Размер матрицы зависит от типа видеоадаптера и текущего видеорежима. Чем больше точек используется для отображения символа, тем выше качество изображения и лучше читается текст. Точки матрицы, формирующие изображение символа, называют *передним планом* (*foreground*), остальные — *задним планом*, или *фоном* (*background*). В качестве примера на рис. 14.1 показана символьная матрица 9×16 пикселов.

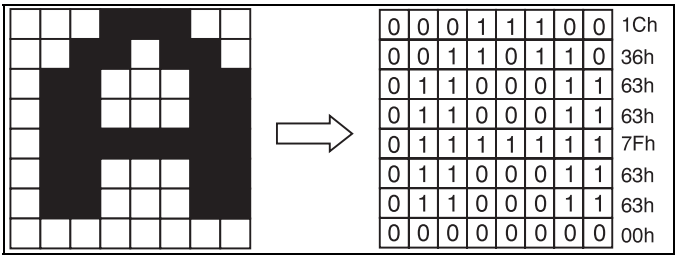


Рис. 14.1. Схема представления символа "A" в текстовом режиме в матрице 9×16 и ячейка знакогенератора

Если считать, что темной клетке соответствует логическая единица, а светлой — логический ноль, то каждую строку символьной матрицы можно представить в виде двоичного числа. Следовательно, графическое изображение символа можно хранить в виде набора двоичных чисел. Для этой цели используется специальное ПЗУ, размещенное на плате видеоадаптера. Такое ПЗУ называют *аппаратным знакогенератором* (*Hardware character generator*). Совокупность изображений 256 символов называется *шрифтом*. Аппаратный знакогенератор хранит шрифт, который автоматически используется видеоадаптером сразу же после включения компьютера (обычно это буквы английского алфавита и набор специальных символов). Адресом ячейки знакогенератора является порядковый номер символа.

Для кодирования изображения символа на экране используется два байта: один — для задания номера символа, второй — для указания атрибутов символа (цвета символа и фона, подчеркивания, мигания, отображения курсора). Если на экране имеется $N_t \times M_t$ знакомест, то объем видеопамяти, необходи-

мый для хранения изображения, составит $N_i \times M_i \times 2$ байт. Эту область видеопамяти называют *видеостраницей* (*video page*). Видеостраница является аналогом кадрового буфера в графическом режиме, но имеет значительно меньший объем. В наиболее распространенном текстовом режиме (80×25 символов) размер видеостраницы составляет 4000 байт, в режиме 40×25 — 2000 байт. На практике для удобства адресации под видеостраницу отводят 4 Кбайт = 4096 байт и 2 Кбайт = 2048 байт соответственно, при этом "лишние" байты (96 и 48) не используются.

Главная особенность текстового режима заключается в том, что адресуемым элементом экрана является не пиксел, а знакоместо. Иными словами, в текстовом режиме нельзя сформировать произвольное изображение в любом месте экрана — можно лишь отобразить символы из заданного набора, причем только в отведенных символьных позициях. Другим существенным ограничением текстового режима является узкая цветовая палитра — в данном режиме может быть отображено не более 16-ти цветов.

Как следует из сказанного выше, в текстовом режиме предоставляется гораздо меньше возможностей для отображения информации, нежели в графическом. Тем не менее, он имеет одно важное преимущество — незначительные затраты ресурсов PC на его реализацию. Благодаря этому обеспечивается приемлемая скорость работы в текстовом режиме даже на самых медленных PC. Именно по этой причине видеосистема первого персонального компьютера IBM PC работала только в текстовом режиме. Легендарная программная оболочка Norton Commander для MS-DOS также работает в текстовом режиме, поэтому затраты ресурсов PC на ее функционирование минимальны.

Характеристики видеоадаптеров

К важнейшим характеристикам видеоадаптера относятся следующие:

- характеристики поддерживаемых видеорежимов;
- объем видеопамяти, а также ее тип, разрядность и быстродействие;
- разрядность и быстродействие чипсета видеоадаптера;
- набор аппаратно ускоряемых графических функций;
- быстродействие цифроаналогового преобразователя (для устаревших типов);
- тип интерфейса с шиной ввода/вывода.

После разработки видеоадаптеров типа VGA и SVGA любой видеоадаптер VGA поддерживает стандартный набор видеорежимов, включая режимы, в которых работали их предшественники, а также работу в видеорежимах высокого разрешения, определяемых спецификацией VESA.

Объем видеопамяти

Объем видеопамяти является одной из основных характеристик видеоадаптера, определяющей его возможности с точки зрения разрешения и цветности формируемого изображения. Чем больше объем видеопамяти, тем выше разрешение и шире цветовая палитра изображения. Если нужно получить изображение с разрешением $N \times M$ и количеством оттенков цветов, равным 2^n, то необходимый объем видеопамяти составит $N \times M \times n$ бит, или $(N \times M \times n)/8$ байт. Увеличение объема видеопамяти — основная тенденция развития видеоадаптеров, начиная с первых моделей и до настоящего времени.

Заметим, что данный параметр был особенно актуален для первых видеоадаптеров SVGA, поскольку наличие режимов с повышенными разрешением и глубиной цвета было их главным отличием от стандартного видеоадаптера VGA (табл. 14.1). Например, чтобы максимально использовать возможности монитора с экраном 15—17 дюймов по диагонали, видеоадаптер должен был иметь не менее 2—4 Мбайт видеопамяти. В современных видеоадаптерах, предназначенных для работы с трехмерной графикой и новыми API, объем видеопамяти определяет не только разрешение, но и быстродействие графической подсистемы PC, поэтому размер видеопамяти составляет 128—2048 Мбайт.

Таблица 14.1. *Зависимость объема видеопамяти от разрешения и количества цветов*

Разрешение	Количество цветов	Объем видеопамяти
640×480	16	256 Кбайт
640×480	256	512 Кбайт
640×480	32 768	1 Мбайт
640×480	65 536	1 Мбайт
640×480	16,7 млн	1 Мбайт
800×600	16	256 Кбайт

Таблица 14.1 (*окончание*)

Разрешение	Количество цветов	Объем видеопамяти
800×600	256	512 Кбайт
800×600	32 768	1 Мбайт
800×600	65 536	1 Мбайт
800×600	16,7 млн	2 Мбайт
1024×768	16	512 Кбайт
1024×768	256	1 Мбайт
1024×768	32 768	2 Мбайт
1024×768	65 536	2 Мбайт
1024×768	16,7 млн	4 Мбайт
1280×1024	16	1 Мбайт
1280×1024	256	2 Мбайт
1280×1024	32 768	4 Мбайт
1280×1024	65 536	4 Мбайт

При работе с высоким разрешением (свыше 1024×768) и большой глубиной цвета (от 16 до 32 бит на пиксел) заметное влияние на быстродействие видеосистемы и PC в целом оказывает *пропускная способность видеопамяти*, определяемая как произведение разрядности шины видеопамяти на ее тактовую частоту. Кроме того, быстродействие памяти зависит от ее типа.

Быстродействие цифроаналогового преобразователя

Быстродействие цифроаналогового преобразователя (ЦАП) характеризуется его тактовой частотой. Данный параметр определяет ширину спектра видеосигнала. Его значение должно быть не меньше ширины полосы пропускания видеотракта монитора (приблизительно оно может быть определено в герцах как произведение $N_{max} \times M_{max} \times F_{кадр}$, где $N_{max} \times M_{max}$ — максимальное разреше-

ние, а $F_{кадр}$ — максимальная частота кадров, которые может обеспечить видеоадаптер).

Как правило, тактовая частота ЦАП превышает полосу пропускания монитора, поэтому можно не обращать внимания на значение данного параметра. Однако для профессиональной работы в системах автоматизированного проектирования и графических редакторах, требующих максимально четкого изображения, следует выбирать видеоадаптеры с высокой частотой ЦАП. Для последних моделей видеоадаптеров с аналоговым выходом типичная частота ЦАП составляла 250—300 МГц.

Тип интерфейса с шиной ввода/вывода

Интерфейс с шиной ввода/вывода определяет скорость обновления кадрового буфера, поэтому оказывает существенное влияние на быстродействие видеосистемы и PC в целом. Наиболее медленными являлись видеоадаптеры с интерфейсом ISA, которые ныне имеют только историческую ценность. Для эффективной работы с двумерной графикой вполне достаточно видеоадаптера с интерфейсом PCI (но не для ОС Windows Vista, которая использует вычислительные возможности видеоадапетра).

Для трехмерной графики и работы с современными приложениями требуется наличие специального графического интерфейса PCI-Express или AGP (*см. главу 5*). Все современные видеоадаптеры выпускаются с интерфейсом PCI-Express, и незначительное количество с интерфейсом AGP для модернизации старых PC.

Основные типы видеоадаптеров

С момента появления и до наших дней сменилось несколько типов видеосистем для PC. Рассмотрим основные из них, поскольку именно они оказали наибольшее влияние на облик видеосистемы современного мультимедийного PC.

MDA

Первые модели IBM PC были оснащены монохромным дисплеем с люминофором зеленого свечения. Для связи этого дисплея с компьютером использовался видеоадаптер типа *MDA* (*Monochrome Display Adapter* — адаптер мо-

нохромного дисплея). Он работал только в текстовом режиме 80×25 символов. Символьная матрица (знакоместо) была размером 9×14 пикселов, поэтому разрешение, поддерживаемое монитором MDA, составляло 720×350 пикселов, а размер самого символа — 7×9 пикселов. Емкость видеопамяти видеоадаптера MDA была минимальной, достаточной для размещения только одной видеостраницы размером 4 Кбайт. Основу видеоадаптера MDA составляла микросхема MC6845 фирмы Motorola.

Видеосистема MDA обеспечивала довольно хорошую читаемость символов на экране монитора и вполне соответствовала требованиям приложений, связанных с обработкой текстовой информации, однако имела и два серьезных недостатка.

- Видеосистема формировала только монохромное изображение.
- Многие приложения требовали вывода на экран не только текстовой, но и графической информации, т. е. работа с этими приложениями должна была осуществляться в графическом режиме, который видеосистема MDA не поддерживала.

CGA

Видеосистема CGA включала в себя цветной TTL-монитор и видеоадаптер *CGA* (*Color Graphics Adapter* — цветной графический адаптер). Главные отличия этой видеосистемы от MDA отражены в ее названии, т. е. она обеспечивала:

- цветное изображение (от 4 до 16 цветов);
- несколько графических режимов работы видеоадаптера.

Максимальное разрешение монитора CGA составляло 640×200. Такое разрешение использовалось либо в текстовом 80×25 (при размере знакоместа 8×8), либо в монохромном графическом режиме. В последнем случае для хранения цифрового образа экрана требовался кадровый буфер размером 640×480× ×1 = 128 000 бит = 5,625 Кбайт. Поэтому объем видеопамяти видеоадаптера CGA составлял 16 Кбайт. При работе в графическом режиме с более низким разрешением (например 320×200) для кодирования цвета каждого пиксела использовалось 2 бита, благодаря чему обеспечивалось одновременное отображение 4-х цветов, а при разрешении 200×160 — 16-ти цветов. В текстовом режиме были доступны все 16 цветов. Видеоадаптер CGA также выполнен на основе микросхемы MC6845.

HGC

Стандарт HGC (*Hercules Graphics Card*), разработанный фирмой Hercules в 1982 г., явился логичным решением, позволившим объединить в одном изделии возможности MDA, обеспечивающие высококачественное отображение текста, с поддержкой графического режима CGA. Часто видеоадаптеры этого стандарта называют *картами Hercules*. Поскольку в качестве устройства отображения для данного видеоадаптера использовался стандартный монохромный монитор видеосистемы MDA, видеоадаптеры HGC быстро завоевали популярность и де-факто стали единственным стандартом в области видеосистем для PC, разработанных за пределами фирмы IBM.

По своему разрешению (720×348) видеоадаптер HGC подобен карте MDA. Соответственно, одинаковы у них и размеры символьной матрицы для текстового режима — 9×14 пикселов. В качестве видеоконтроллера в HGC используется уже известная микросхема MC6845.

EGA

Видеоадаптер *EGA* (*Enhanced Graphics Adapter* — улучшенный графический адаптер) обеспечивал более высокое разрешение по вертикали, большее количество отображаемых цветов и обладал более высоким быстродействием. Максимальное разрешение, обеспечиваемое видеосистемой EGA, составило 640× ×350, что позволило значительно повысить качество изображения в текстовом и графическом режимах работы по сравнению с CGA. Благодаря увеличению размера знакоместа до 8×14 (размер символа составил 7×9) значительно повысилась четкость отображения текста.

По сравнению с CGA в видеоадаптере EGA была усовершенствована схема кодирования цвета пиксела: вместо четырех двоичных сигналов использовалось шесть, что увеличило размер палитры до 64 оттенков. Однако количество одновременно отображаемых цветов по-прежнему было ограничено шестнадцатью.

Применение 16-цветной палитры при разрешении 640×350 потребовало резко увеличить объем видеопамяти: в первых моделях видеоадаптера EGA было установлено 64 Кбайт видеопамяти, в дальнейшем размер видеопамяти был увеличен до 128 Кбайт.

Видеоадаптер EGA имел еще одну важную особенность, существенную для неанглоязычных пользователей PC: наряду с аппаратным знакогенератором

он позволял использовать и программный, т. е. загружаемые шрифты. Это значительно облегчило поддержку национальных языков.

VGA

Размер цветовой палитры в видеосистемах CGA и EGA ограничивался не столько видеоадаптером (объемом видеопамяти), сколько цифровыми мониторами, не позволявшими использовать более шести двоичных сигналов для кодирования цвета. Понимая это, специалисты фирмы IBM приняли гениальное и простое решение — вернуться к аналоговому видеосигналу, используемому в обычном телевизоре. В итоге вместо многоразрядного цифрового сигнала видеоадаптер стал формировать трехкомпонентный аналоговый RGB-сигнал, который после усиления подавался на модуляторы электронных пушек ЭЛТ. Так появилась видеосистема *VGA*, включающая новый аналоговый цветной монитор и встроенный в материнскую плату видеоадаптер VGA. Впервые она была использована в компьютере IBM PS/2 (*Personal System*). В дальнейшем видеоадаптеры VGA стали выпускать в виде отдельных плат, устанавливаемых в 16-разрядный слот шины ISA (рис. 14.2).

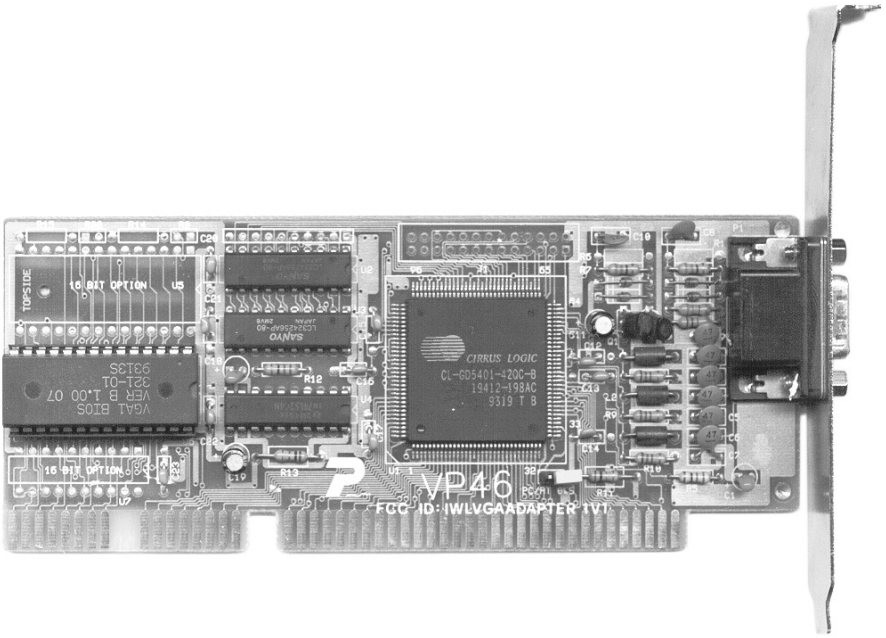


Рис. 14.2. Видеоадаптер VGA

Существует несколько вариантов расшифровки аббревиатуры VGA. Первоначально она обозначала название сверхбольшой интегральной схемы (СБИС), в которой были реализованы основные узлы видеоадаптера (*Video Gate Array* — вентильная матрица для формирования видеосигнала). Однако потом нюансы внутреннего устройства таких адаптеров отошли на второй план, а расшифровка этих аббревиатур стала отражать их функциональные особенности. Была также учтена созвучность данных аббревиатур с названиями предыдущих видеоадаптеров (CGA, EGA), в которых сочетание *GA* (*Graphics Adapter*) означало *графический адаптер*. В итоге VGA стали расшифровывать как *Video Graphics Adapter* — графический адаптер, формирующий видеосигнал (т. е. аналоговый сигнал).

Основным конструктивным отличием видеоадаптера VGA от его предшественника (EGA) стало наличие специальной микросхемы — *RAMDAC* (*Random Access Memory Digital-to-Analog Converter* — цифроаналоговый преобразователь данных, хранимых в ОЗУ). RAMDAC представлял собой быстродействующий трехканальный ЦАП (цифроаналоговый преобразователь), оснащенный 256-ю *регистрами цвета*, образующими его собственное маленькое ОЗУ — RAM (этим и объясняется название данного элемента — RAMDAC, а не просто DAC). RAMDAC предназначен для преобразования двоичных чисел, содержащихся в ячейках видеопамяти, в три непрерывных RGB-сигнала, уровень которых пропорционален яркости каждого из трех основных цветов.

Видеоадаптер VGA имел 256 Кбайт видеопамяти. Это обеспечило поддержку графических режимов 640×480 при 16-ти цветах (640×480/16) и 320×200/256. В последнем случае используется 8-битная кодировка цвета пиксела, благодаря чему размер текущей палитры равен 256 цветовым оттенкам (именно столько регистров цвета имеет RAMDAC). Благодаря использованию видеорежима 320×200/256 впервые стало возможно получить изображение, хоть и немного размытое, но весьма реалистичное по цветовой гамме.

В соответствии с традициями IBM видеоадаптер VGA обеспечивал совместимость со всеми видеорежимами предыдущих видеоадаптеров. Дополнительно он поддерживал три новых видеорежима:

- высококачественный текстовый режим 80×25 символов при 16 цветах, разрешение экрана 720×400, размер знакоместа 9×16, частота кадров 70 Гц;
- графический режим 640×480/16;
- графический режим 320×200/256.

Благодаря высоким характеристикам и совместимости с программным обеспечением для более старых видеоадаптеров VGA быстро стал господствующим стандартом. Был разработан список стандартных видеорежимов (табл. 14.2), причем списки видеорежимов видеоадаптеров предыдущих типов являлись подмножествами основного списка. Таким образом, сложилась единая нумерация всех стандартных видеорежимов, что обеспечило хорошую совместимость различных моделей видеоадаптера VGA с программным обеспечением.

Таблица 14.2. *Номера и характеристики стандартных видеорежимов*

Видеорежим		Характеристики				
Номер	Тип	Видеоадаптер	Разрешение экрана, пиксел	Количество знакомест	Символьная матрица, пиксел	Количество цветов или оттенков серого цвета
		CGA	320□200	40□25	8□8	16 оттенков серого
00h	Текстовый	EGA	320□350	40□25	8□14	16
		VGA	360□400	40□25	9□16	16
		CGA	320□200	40□25	8□8	16
01h	Текстовый	EGA	320□350	40□25	8□14	16
		VGA	360□400	40□25	9□16	16
		CGA	640□200	80□25	8□8	16 оттенков серого
02h	Текстовый	EGA	640□350	80□25	8□14	16
		VGA	720□400	80□25	9□16	16
		CGA	640□200	80□25	8□8	16
03h	Текстовый	EGA	640□350	80□25	8□14	16
		VGA	720□400	80□25	9□16	16
04h	Графический	CGA	320□200	40□25	8□8	4 оттенка серого
		EGA/VGA	320□200	40□25	8□8	4

Таблица 14.2 (*окончание*)

Видеорежим		Характеристики				
Номер	Тип	Видеоадаптер	Разрешение экрана, пиксел	Количество знакомест	Символьная матрица, пиксел	Количество цветов или оттенков серого цвета
05h	Графический	CGA/EGA/VGA	320□200	40□25	8□8	4
06h	Графический	CGA/EGA/VGA	640□200	80□25	8□8	Моно
07h	Текстовый	MDA	720□350	80□25	9□14	Моно
		VGA	720□400	80□25	9□16	Моно
0Dh	Графический	EGA/VGA	320□200	40□25	8□8	16
0Eh	Графический	EGA/VGA	640□200	80□25	8□8	16
0Fh	Графический	EGA/VGA	640□350	80□25	8□14	Моно
10h	Графический	EGA/VGA	640□350	80□25	8□14	16
11h	Графический	VGA	640□480	80□25	8□16	Моно
11h	Графический	VGA	640□480	80□25	8□16	Моно
13h	Графический	VGA	320□200	40□25	8□8	256

Увеличение разрешения и частоты кадров привело к значительному расширению спектра видеосигнала на выходе видеоадаптера VGA. Для того чтобы обеспечить неискаженную передачу широкополосного видеосигнала от видеоадаптера к монитору, разработчики использовали новый 15-штырьковый D-образный разъем и высокочастотный соединительный кабель.

Super VGA

Первоначально совершенствование видеоадаптера VGA шло в основном за счет увеличения объема его видеопамяти: сначала до 512 Кбайт, а затем и до 1 Мбайт. Появились видеоадаптеры, поддерживающие режимы 800×600, 1024×768 при одновременном отображении 256-ти оттенков цветов. Для работы с такими видеоадаптерами использовались модернизированные мони-

торы, имеющие уменьшенное зерно люминофора экрана, повышенные частоты синхронизации и более широкую полосу пропускания видеотракта. Возникло понятие видеосистемы Super VGA, под которым поначалу понималось любое расширение возможностей стандарта VGA.

VESA Super VGA

Появление многочисленных моделей видеоадаптеров SVGA, изготовленных разными фирмами, породило проблему их совместимости с программным обеспечением. Причина ее возникновения заключалась в том, что расширенные режимы работы видеоадаптера не поддерживали стандартные способы инициализации: каждая из фирм-производителей использовала свои номера видеорежимов, расширенных относительно VGA, и свои команды инициализации. Например, режим 800×600/256 у видеоадаптеров фирмы Trident Microsystems имеет номер 5Eh, у видеоадаптеров фирмы Realtek — 27h, а у видеоадаптеров фирмы Tseng Labs — 30h. Следовательно, для установки режима 800×600/256 центральный процессор должен послать каждому из этих видеоадаптеров различные команды, что затрудняет создание универсальной программы.

Долгое время нельзя было говорить о Super VGA как о стандарте еще и потому, что не был четко определен смысл самого термина *SVGA*. Часто обычный видеоадаптер VGA преподносился продавцами как SVGA только на том основании, что поддерживал видеорежим 800×600/16. Однако для реализации такого режима необходимо менее 256 Кбайт видеопамяти, поэтому практически любой видеоадаптер VGA, имеющий стандартный объем памяти (256 Кбайт), может поддерживать данный режим.

Стремясь исправить это ненормальное положение, Ассоциация стандартов по видеоэлектронике (*Video Electronics Standard Association, VESA*) предложила свой стандарт на нумерацию и способ инициализации видеорежимов, расширенных относительно VGA (табл. 14.3). Было предложено считать SVGA-режимами только такие, которые требуют для своей реализации не менее 512 Кбайт видеопамяти. Это позволило создавать универсальные программы, предназначенные для работы в режимах с повышенным разрешением, а также решать вопрос принадлежности видеоадаптера к семейству SVGA. Не случайно в течение длительного времени объем видеопамяти был главным критерием качества видеоадаптера SVGA.

Таблица 14.3. *Стандартные SVGA-режимы согласно спецификации VESA версии 1.0*

Видеорежим		Характеристики	
Номер	**Тип**	**Разрешение**	**Количество цветов**
100h	Графический	640×400	256
101h	Графический	640×480	256
102h	Графический	800×600	16
103h	Графический	800×600	256
104h	Графический	1024×768	16
105h	Графический	1024×768	256
106h	Графический	1280×1024	16
107h	Графический	1280×1024	256
108h	Текстовый	80×60	16
109h	Текстовый	132×25	16
10Ah	Текстовый	132×43	16
10Bh	Текстовый	132×50	16
10Ch	Текстовый	132×60	16
10Dh	Графический	320×200	32 768
10Eh	Графический	320×200	65 536
10Fh	Графический	320×200	16 777 216
110h	Графический	640×480	32 768
111h	Графический	640×480	65 536
112h	Графический	640×480	16 777 216
113h	Графический	800×600	32 768
114h	Графический	800×600	65 536
115h	Графический	800×600	16 777 216
116h	Графический	1024×768	32 768

Таблица 14.3 (*окончание*)

Видеорежим		Характеристики	
Номер	**Тип**	**Разрешение**	**Количество цветов**
117h	Графический	1024×768	65 536
118h	Графический	1024×768	16 777 216
119h	Графический	1280×1024	32 768
11Ah	Графический	1280×1024	65 536
11Bh	Графический	1280×1024	16 777 216
11Ch	Графический	1600×1200	32 768
11Dh	Графический	1600×1200	65 536
11Eh	Графический	1600×1200	16 777 216

Устройство и особенности работы видеоадаптера VGA

Несмотря на то что облик современного видеоадаптера сильно изменился, он сохранил принцип действия и основные узлы, присущие видеоадаптеру VGA. По этой причине краткое знакомство с VGA полезно не только с точки зрения истории видеоадаптеров — оно поможет лучше понять особенности и современных устройств.

Видеоадаптер VGA содержит следующие элементы (рис. 14.3):

- видеопамять;
- ROM Video BIOS;
- контроллер ЭЛТ, или *CRTC* (*Cathode Ray Tube Controller*);
- графический контроллер;
- контроллер атрибутов;
- *секвенсер* (*sequencer*);
- *RAMDAC* (*Random Access Memory Digital-to-Analog Converter*);
- синхронизатор;

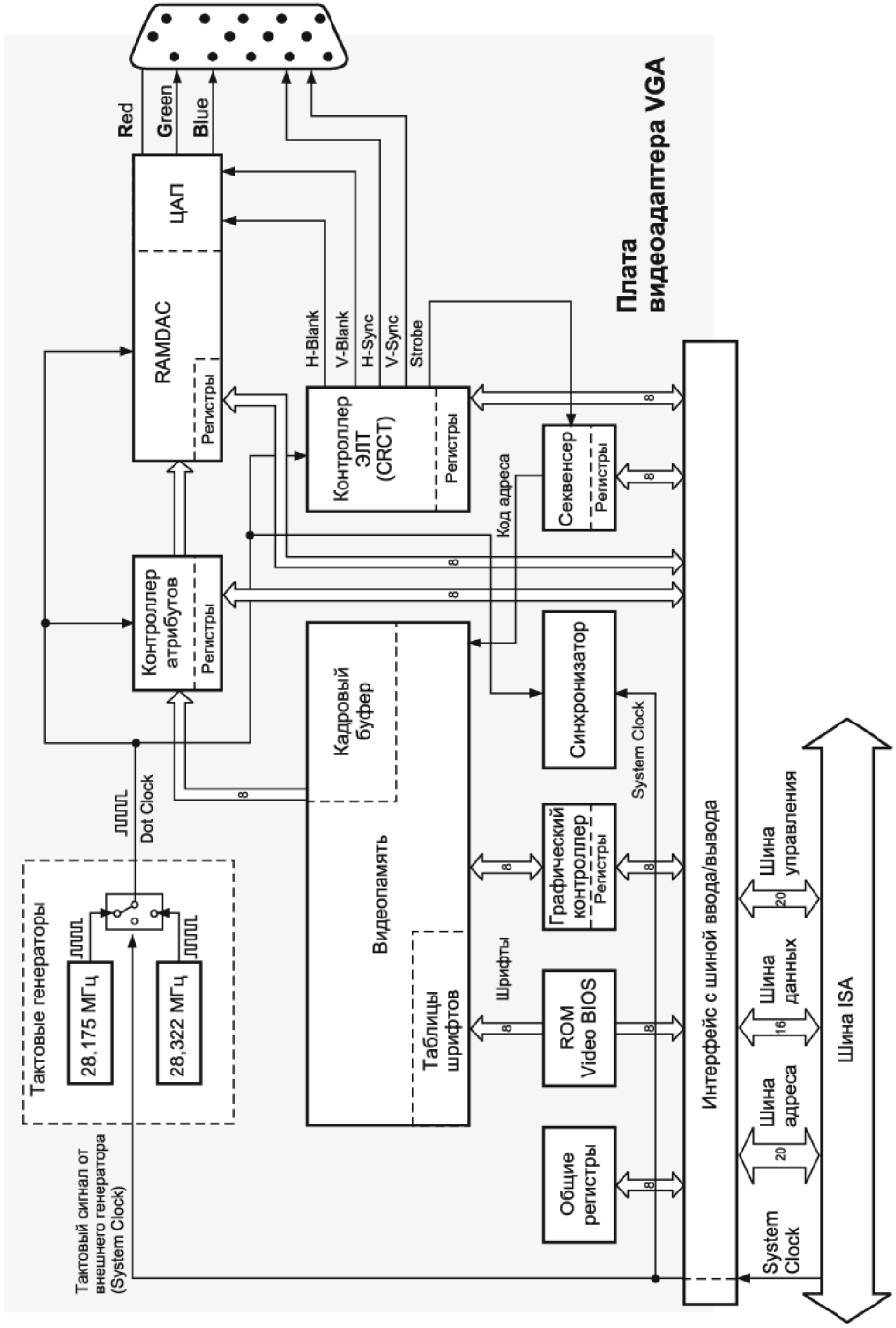


Рис. 14.3. Структурная схема видеоадаптера VGA

- тактовые генераторы;
- интерфейс с шиной ввода/вывода;
- 15-контактный D-образный разъем для подключения монитора.

Большинство перечисленных выше элементов видеоадаптера содержат специальные 8-разрядные *регистры*, доступные центральному процессору для чтения/записи данных. Модифицируя содержимое этих регистров, CPU управляет работой видеоадаптера.

Помимо регистров, входящих в состав указанных элементов, видеоадаптер VGA имеет несколько общих регистров, указанных далее.

- *Многоцелевой выходной регистр* (предназначен для задания адресов портов ввода/вывода элементов видеоадаптера, начального адреса кадрового буфера и выбора тактового генератора).
- *Регистр состояния* (доступен только для чтения, используется для синхронизации процесса обновления кадрового буфера с обратным ходом кадровой развертки).

Видеопамять

Видеопамять — это специализированное ОЗУ, размещенное на плате видеоадаптера. Оно предназначено для хранения цифрового образа формируемого изображения. Синонимом данного понятия является термин *видеобуфер*. Современные видеоадаптеры с интерфейсом AGP могут использовать для работы не только свою собственную, но и оперативную память PC, поэтому видеопамять таких адаптеров часто называют *локальной*, подчеркивая тем самым место ее физического размещения. В дальнейшем будем использовать термин *видеопамять*.

Часть видеопамяти, используемая для хранения цифрового изображения, называется *кадровым буфером* (*frame buffer*). Как правило, размер кадрового буфера меньше, чем объем видеопамяти. Например, в видеорежиме 640×480/16 кадровый буфер занимает 150 из доступных 256 Кбайт. Помимо кадрового буфера, в видеопамяти хранятся другие данные, например загружаемые национальные шрифты.

Важной характеристикой видеопамяти является ее *пропускная способность*, определяемая как произведение разрядности шины видеопамяти на тактовую частоту шины. Пропускная способность видеопамяти измеряется количеством мегабайт информации, которую можно передать через шину видеопамя-

ти за 1 с. Иногда вместо этого термина употребляется выражение "полоса пропускания видеопамяти", что совершенно неверно. В видеоадаптере VGA применялась 8-разрядная внутренняя шина, а в видеоадаптерах SVGA — сначала 16-, а затем и 32-разрядная шина. В современных видеоадаптерах используется 64-, 128- или 256-разрядная внутренняя шина, а также разрядность не кратная степени 2.

Video BIOS

Реализация любой графической операции (смена видеорежима, обмен данными с кадровым буфером, управление курсором и т. п.) требует от центрального процессора выполнения весьма длинной последовательности низкоуровневых команд (чтения/записи, перемещения данных в регистрах и др.). Для того чтобы избавить программиста от необходимости составлять детальную низкоуровневую программу, а также для обеспечения совместимости аппаратного и программного обеспечения все наборы команд (подпрограммы) CPU, реализующие графические функции, помещаются в специальное ПЗУ, расположенное на плате видеоадаптера VGA. Эти подпрограммы образуют так называемое *расширение базовой системы ввода/вывода* (*BIOS extension*) для решения задач вывода изображения на экран монитора и называются *Video BIOS*. Кроме того, Video BIOS содержит множество данных (констант), необходимых для работы в различных видеорежимах, а также сведения о производителе, модели и возможностях видеоадаптера.

Фактически Video BIOS — это набор подпрограмм, написанных в кодах команд центрального процессора и предназначенных для реализации основных функций видеосистемы. Набор этих функций принято называть *видеосервисом*.

Контроллер ЭЛТ

Контроллер ЭЛТ формирует сигналы горизонтальной и вертикальной синхронизации, сигналы инкремента (увеличения) счетчика адреса ячеек видеопамяти, в которых хранится цифровой образ изображения, а также стробирующие сигналы чтения/записи видеопамяти. Эти сигналы формируются таким образом, что движение луча по экрану ЭЛТ осуществляется синхронно с процессом сканирования ячеек видеопамяти, причем цвет пиксела на экране соответствует значению, содержащемуся в соответствующей ячейке кадрового буфера.

Работа контроллера ЭЛТ синхронизируется сигналами одного из двух тактовых генераторов (*Dot Clock* или *Pixel Clock*), установленных на плате видеоадаптера. Их частоты равны 28,322 МГц и 25,175 МГц соответственно. Выбор синхросигнала производится программно.

Контроллер ЭЛТ имеет 26 регистров, доступных CPU для чтения и записи. Данные, хранящиеся в регистрах контроллера ЭЛТ, полностью определяют параметры растра на экране монитора: разрешение, частоту кадров, размеры знакоместа и др. Смена видеорежима реализуется путем записи в эти регистры новых значений, соответствующих выбранному режиму (решение этой задачи обеспечивает функция 00h прерывания 10h).

Графический контроллер

Графический контроллер предназначен для управления обменом данными между центральным процессором и видеопамятью и выполнения элементарных преобразований этих данных. В частности, графический контроллер помогает центральному процессору выполнять следующие элементарные операции:

- запись пиксела (группы пикселов) по заданному адресу;
- считывание значения пиксела (группы пикселов) по заданному адресу;
- модификация цвета пиксела (группы пикселов) путем выполнения таких элементарных логических операций, как "И", "ИЛИ", "Исключающее ИЛИ", циклический сдвиг битов в пределах байта и т. п.;
- считывание из кадрового буфера кода пиксела (считывание со сравнением цвета; фактически реализуется поиск пиксела с заданным цветом).

Кроме того, графический контроллер видеоадаптера VGA содержит четыре 8-разрядных регистра-защелки (*lathces*), которые используются для доступа к цветовым плоскостям (напомним, что в 16-цветных графических режимах кадровый буфер видеоадаптера разделен на четыре области, называемые *цветовыми* (или *битовыми*) *плоскостями*).

Секвенсер

Секвенсер, или *указатель последовательности*, предназначен для генерации сигналов, необходимых при сканировании видеопамяти. Другими словами, секвенсер обеспечивает последовательную адресацию и считывание содержимого ячеек видеопамяти (отсюда и происходит его название) и передачу

их содержимого в контроллер атрибутов и далее — в RAMDAC. Работа секвенсера синхронизируется стробирующими сигналами, формируемыми контроллером ЭЛТ.

Контроллер атрибутов

Контроллер атрибутов видеоадаптера VGA предназначен для управления цветом изображения, выводимого на экран монитора. В текстовом режиме работы видеоадаптера он задает цвет пикселов в пределах символьной матрицы на основании содержимого байта атрибутов выводимого символа (отсюда и его название). Кроме того, в этом режиме контроллер атрибутов позволяет создавать такие эффекты, как мигание, инверсия цвета или повышенная яркость символа. В графическом 16-цветном режиме контроллер атрибутов преобразует условный 4-разрядный номер цвета пиксела, хранящийся в видеопамяти, в 8-разрядный номер регистра RAMDAC, содержащего 18-разрядный код отображаемого цвета. С выхода контроллера атрибутов данные поступают на RAMDAC видеоадаптера.

RAMDAC

Основная задача RAMDAC (цифроаналогового преобразователя данных, хранящихся в его регистрах) — преобразование кода цвета пиксела в аналоговый сигнал. RAMDAC (рис. 14.4) включает:

- трехканальный 6-разрядный ЦАП;
- 256 18-разрядных регистров цвета (именно эти регистры и образуют оперативную память, аббревиатура которой (RAM) входит в название данного устройства);
- выходной 18-разрядный регистр цвета, выходы которого соединены с соответствующими входами ЦАП;
- схему адресации.

Работа ЦАП синхронизируется сигналом Dot Clock тактового генератора видеоадаптера. Именно этой частотой определяется верхняя граничная частота спектра видеосигнала. Разрядность ЦАП определяет количество оттенков цвета, которые потенциально может сформировать видеоадаптер VGA, т. е. размер его палитры. Несложно подсчитать, что палитра составляет $(2^6)^3 = 2^{18} = 262\,144$ оттенка. Оттенок цвета текущего пиксела определяется кодом, записанным в *вы-*

ходной регистр цвета. Однако на практике количество оттенков цвета, которые видеосистема VGA в состоянии отобразить *одновременно*, значительно меньше размера его палитры и равно количеству регистров цвета, т. е. 256. Видеоадаптер VGA не позволяет загрузить в выходной регистр цвета произвольное значение — туда заносятся данные только из регистров цвета, которых в видеоадаптере VGA насчитывается только 256.

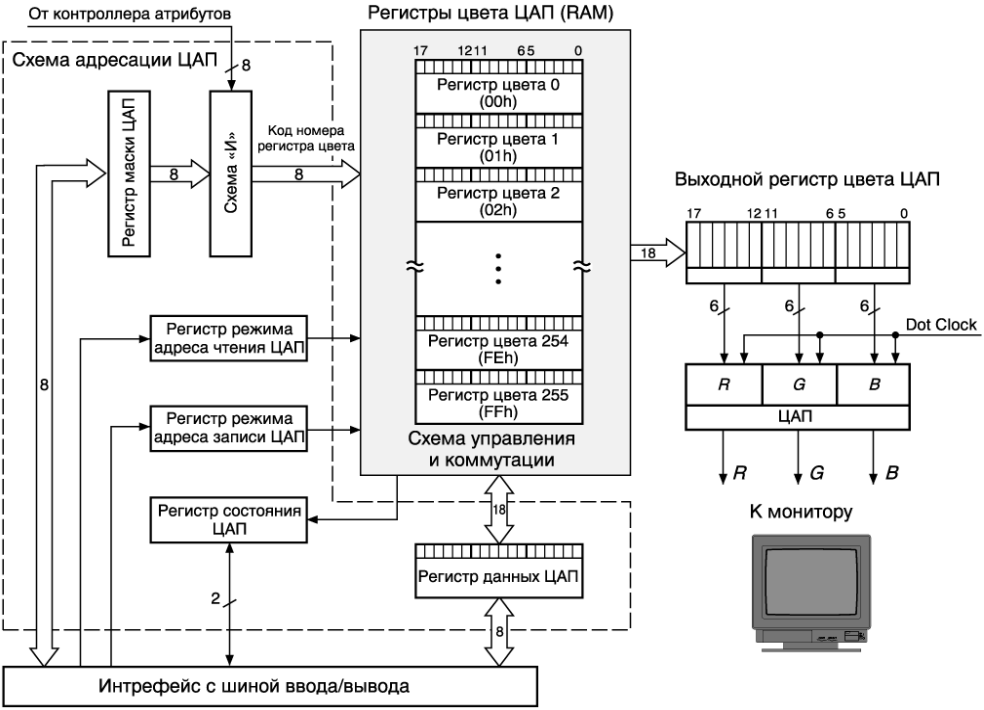


Рис. 14.4. RAMDAC

Синхронизатор

Синхронизатор управляет доступом CPU к кадровому буферу и разрешает его обновление только во время действия сигналов гашения. В результате устраняются помехи, которые могут возникать при обращении к кадровому буферу во время прямого хода луча (такие искажения в виде ряби на экране были характерны для видеоадаптера CGA и назывались *снег CGA* (*CGA snow*).

Тактовые генераторы

Работа всех устройств видеоадаптера VGA синхронизируется сигналом Dot Clock или производными от него тактовыми сигналами. Частота сигнала Dot Clock равна верхней граничной частоте выходного видеосигнала. Кроме того, при заданном разрешении этой же частотой определяются значения частот строчной и кадровой синхронизации.

Аппаратное ускорение графических функций

При выводе данных на экран в графическом режиме видеоадаптером VGA центральный процессор вынужден выполнять огромное количество элементарных (низкоуровневых) команд для модификации кадрового буфера и регистров видеоадаптера. В результате этого большая часть ресурсов системы задействуется в целях создания графического интерфейса (диалоговых окон, курсора мыши и т. п.), а на решение прикладных задач, ради которых и приобретается компьютер, ресурсов уже не хватает.

Между тем, операции по созданию графического интерфейса в большинстве своем достаточно просты и рутинны, просто их необходимо выполнять очень часто. Например, для создания *стандартного графического интерфейса пользователя в среде Windows* (*Graphic User Interface, GUI*) необходимо многократно проделывать в основном простейшие операции построения *графических примитивов* (таких как линии, прямоугольники, окружности), их закраски, переноса фрагментов растра (окна) из одной области экрана в другую и т. п. Выполнение этих операций можно значительно ускорить, если поручить их не центральному процессору, а специализированному устройству, специально приспособленному для построения графических примитивов. Такому устройству можно выдать одну команду высокого уровня вместо множества низкоуровневых, например, команду "Построить окружность". При этом достаточно указать параметры объекта: радиус, цвет, координаты центра. Все промежуточные операции по модификации каждого пиксела, находящегося на окружности, это устройство выполнит самостоятельно, не прибегая к помощи центрального процессора. Устройство, работающее по такому принципу, называют *графическим ускорителем* (*акселератором*).

Повышение быстродействия видеосистемы и PC в целом при использовании графического ускорителя достигается за счет:

- аппаратной реализации заданного набора графических функций, выполнение которых осуществляется всего лишь за несколько тактов работы акселератора;
- использования акселератором системы команд высокого уровня, что разгружает шину ввода/вывода — поток данных значительно уменьшается;
- освобождения центрального процессора от необходимости выполнения множества элементарных операций с содержимым кадрового буфера.

Использование графического ускорителя является отступлением от классической архитектуры PC, когда всей работой управляет центральный процессор, и является шагом на пути создания распределенной вычислительной структуры. Взамен пассивного устройства — графического контроллера — видеоадаптер получил специализированный вычислитель — графический акселератор, который самостоятельно манипулирует содержимым видеопамяти точно так же, как центральный процессор — содержимым оперативной памяти PC.

Говоря об акселерации графических функций видеоадаптера, необходимо обратить внимание на следующие два обстоятельства.

- Акселерация необходима только в графическом режиме работы видеоадаптера.
- Одно из главных отличий графического акселератора от графического контроллера видеоадаптера VGA заключается в том, что он оперирует не пикселами, а объектами более высокого иерархического уровня — *графическими примитивами*. Примеры графических примитивов — отрезок прямой, треугольник, прямоугольник, прямоугольник с закругленными краями, многоугольник, дуга, эллипс и т. п. Используя графические примитивы, можно конструировать достаточно сложные изображения значительно быстрее и проще, чем при модификации отдельных пикселов. Поэтому команды для работы с графическими примитивами, которые центральный процессор посылает акселератору, часто называют *высокоуровневыми*.

Основные графические функции видеоадаптера

К основным графическим функциям видеоадаптера следует отнести следующие:

- прорисовка графических примитивов;
- перенос блоков изображения;

- аппаратная поддержка окон;
- аппаратный курсор;
- масштабирование растровых изображений;
- панорамирование;
- преобразование цветового пространства;
- декомпрессия сжатых видеоданных.

Прорисовка графических примитивов

Прорисовка графических примитивов активно используется при создании элементов графического интерфейса прикладных программ и операционной системы Windows. В *командах прорисовки* (*Drawing Commands*) параметры этих примитивов задаются в компактном, *векторном виде*, т. е. в виде координат или векторов узловых точек, по которым легко построить всю фигуру (например, координаты вершин треугольника). При использовании команд прорисовки центральный процессор освобождается от выполнения математических расчетов, необходимых для построения упомянутых фигур (например, от решения трансцендентного уравнения при построении эллипса или дуги).

Перенос блоков изображения

Перенос блоков изображения выполняется при перетаскивании окон, ярлыков и других элементов графического интерфейса операционной системы и прикладных программ, при выполнении прокрутки (*Scrolling*) экрана, при редактировании изображений в графических редакторах. Данная функция сводится к перемещению блока битов из одной области видеопамяти в другую, поэтому часто ее обозначают *BitBlt* (*Bit Block Transferring*).

Аппаратная поддержка окон

Суть *аппаратной поддержки окон* (*Hardware Windowing*) состоит в следующем. При наличии на экране нескольких раскрытых (особенно перекрывающихся) окон и использовании обычного видеоадаптера VGA каждая прикладная программа тратит много времени на то, чтобы постоянно отслеживать координаты ячеек кадрового буфера, соответствующих области "своего" окна. Естественно, это значительно замедляет работу программы. Если же используется акселератор с аппаратной поддержкой функции Hardware Windowing, то

для окна каждой программы в видеопамяти выделяется отдельная область: вместо одного кадрового буфера, размеры которого определяются разрешением экрана, акселератор использует несколько "кадровых буферов", размеры которых соответствуют размерам окон конкретных программ. Акселератор также запоминает порядок, в котором окна накладываются друг на друга. В процессе вывода изображения на экран акселератор сканирует ячейки кадрового буфера не последовательно (как это имеет место в обычном видеоадаптере), а в соответствии с порядком расположения окон, переключаясь при этом с одной области видеопамяти на другую.

Аппаратный курсор

Центральный процессор считывает через порт, к которому подключена мышь, координаты курсора и посылает их значения в акселератор. Тот, в свою очередь, формирует изображение курсора мыши в указанном месте экрана. При выполнении манипуляций с мышью акселератор самостоятельно переносит изображение курсора в нужное место экрана и ликвидирует "следы" его пребывания на первоначальном месте, внося в кадровый буфер необходимые изменения. Таким образом, центральный процессор освобождается от необходимости корректировать содержимое кадрового буфера видеоадаптера при перемещении указателя мыши — ему достаточно послать акселератору только новые координаты курсора.

Масштабирование растровых изображений

Масштабирование растровых изображений — очень часто выполняемая процедура, причем весьма трудоемкая для центрального процессора, т. к. требуется интенсивный обмен данными между CPU и видеопамятью. Такая задача возникает при изменении размеров окна программы, работе с растровыми изображениями в графических редакторах, просмотре на PC видеофильмов в полноэкранном режиме и в ряде других случаев.

Различают два вида масштабирования: *дублирование* (*репликация*) и *интерполяция* (*фильтрация, сглаживание*). Дублирование сводится к простому увеличению размера пиксела в необходимое количество раз. Оно сопровождается появлением характерных дефектов — *пикселизации* и *алиасинга* (зазубренности наклонных линий). Для сведения этих искажений к минимуму используется *интерполяция*. Ее суть заключается в том, что значение каждого пиксела нового, масштабированного изображения определяется как средневзвешенное

значений нескольких соседних пикселов. Чем большее количество пикселов обрабатывается при интерполяции, тем лучше результат.

Панорамирование

Если объем видеопамяти превышает размер кадрового буфера, необходимый при данном разрешении и выбранной палитре, то прикладная программа может синтезировать изображение, размер которого (в пикселах) будет превышать размер видимой области экрана. Такая ситуация возникает, например, при использовании плоскопанельных ЖК-мониторов, рассчитанных на работу с фиксированным разрешением. В этом случае для просмотра невидимой в данный момент области экрана используется функция *панорамирования* (*Panning*), похожая на упомянутую выше прокрутку экрана. Однако панорамирование не требует выполнения операций типа BitBlt, а сводится лишь к изменению начального адреса той области видеопамяти, в которой записана видимая в данный момент часть изображения.

Преобразование цветового пространства

Преобразование цветового пространства используется главным образом в мультимедийных приложениях, связанных с обработкой видеоинформации.

Как известно, видеоадаптер SVGA в режимах High Color (16 бит на пиксел) и True Color (24 бита на пиксел) хранит изображение в кадровом буфере и передает его в RAMDAC в формате RGB. Однако для хранения изображения в формате RGB требуется память большого объема. Поэтому во многих приложениях, связанных с обработкой и хранением динамических изображений, использование данного формата нецелесообразно. В частности, в телевидении, цифровом видео и других областях широко используются более экономичные формы представления, основанные на замене трех сигналов основных цветов сигналами яркости и цветности. В настоящее время наиболее широко распространен формат YUV (*см. главу 16*).

Для воспроизведения цифрового изображения в формателUV (Y — составляющая яркости, U и V — составляющие цветности) на экране монитора PC необходимо преобразовать это изображение в формат RGB. В частности, такая задача возникает при воспроизведении видео, сжатого по методу MPEG. Если преобразование цветового пространства будет выполнять центральный процессор, то решение им других задач (например, декомпрессия кадров) будет отложено, в результате чего скорость воспроизведения (частота кадров) будет не-

достаточной для создания у пользователя иллюзии непрерывности движения. Высококачественный графический ускоритель самостоятельно выполняет это преобразование, причем делает это в реальном масштабе времени.

Декомпрессия сжатых видеоданных

Цифровые видеофильмы хранятся в упакованном, сжатом формате. Обычно используется метод сжатия MPEG. При воспроизведении необходимо распаковать каждый кадр изображения перед его записью в кадровый буфер видеоадаптера. Эта распаковка, или *декомпрессия* может выполняться либо программно (центральным процессором), либо аппаратно (графическим ускорителем).

Построение трехмерных изображений

Перечень функций, используемых для построения трехмерных изображений, весьма обширен. Эти функции реализуются специальным устройством — 3D-акселератором, или ускорителем трехмерной графики. В современных видеоадаптерах 3D-акселератор интегрирован в графический процессор видеоадаптера в виде отдельного блока.

2D-акселераторы

Первоначально видеоадаптеры с аппаратным ускорением графических функций делились на две группы:

- видеоадаптеры с графическим ускорителем (акселератором);
- видеоадаптеры с графическим сопроцессором.

Критерием разделения был способ реализации аппаратного ускорения и степень "интеллектуальности" видеоадаптера.

Графический акселератор

Графический акселератор является по сути основательно усовершенствованным вариантом графического контроллера видеоадаптера VGA.

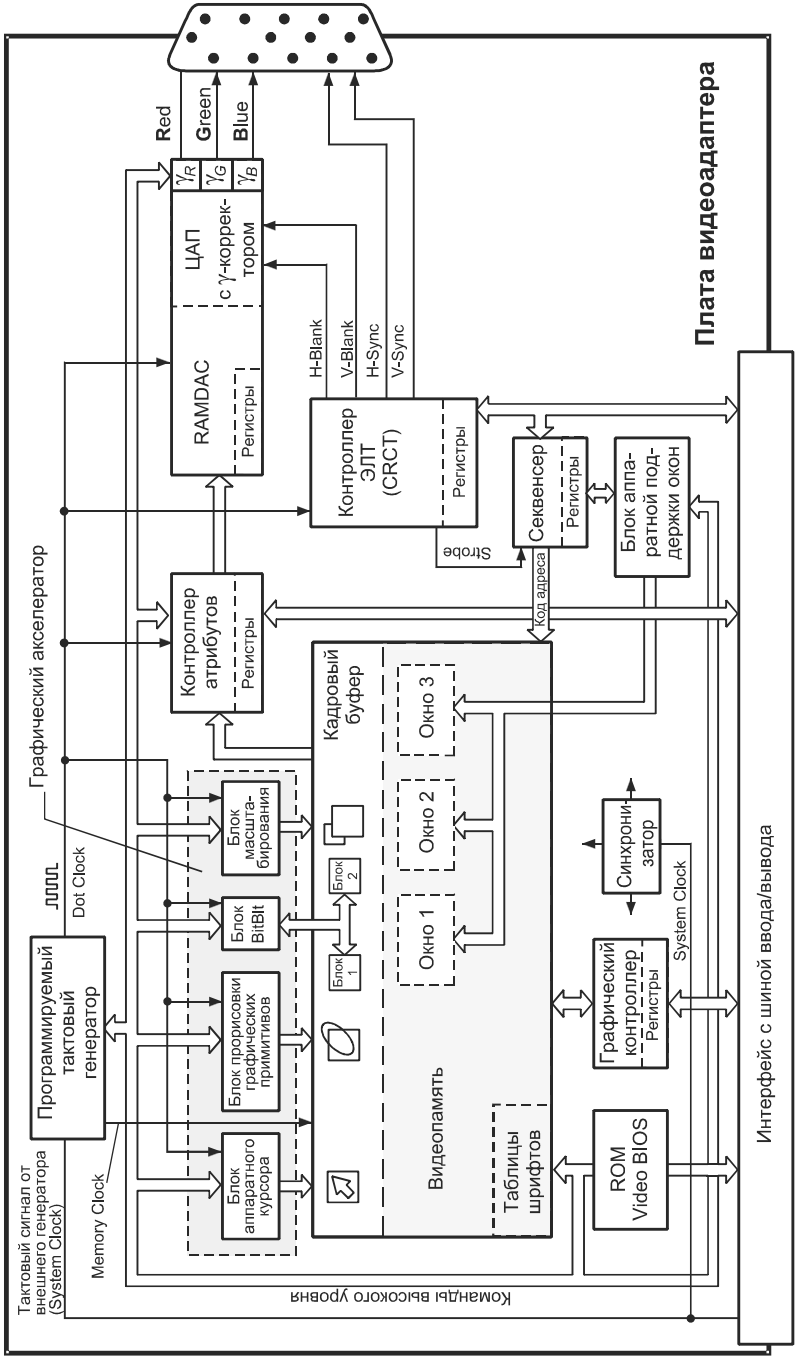


Рис. 14.5. Типовая схема видеоадаптера с графическим акселератором

Освобождая центральный процессор от выполнения многих операций, он не изменяет общего характера взаимодействия между CPU и видеоадаптером. Акселератор обладает определенной самостоятельностью только в пределах видеоадаптера (при работе с видеопамятью), но не в рамках общей архитектуры PC. В частности, акселератор не может самостоятельно через шину ввода/вывода обращаться к системной оперативной памяти так, как это делает центральный процессор.

Графический акселератор (рис. 14.5) представляет собой устройство комбинационного типа, выполняющее заданные логические или арифметические операции по жесткому алгоритму, который не может быть изменен. По этой причине видеоадаптеры с графическим акселератором ориентированы, как правило, на вполне конкретные приложения (например, на поддержку графического оконного интерфейса Windows).

Графический сопроцессор

Графический сопроцессор является более универсальным устройством и работает параллельно с CPU (отсюда и его название). В принципе, графический сопроцессор решает те же задачи, что и акселератор, но делает это иначе. Отличия проявляются как в структуре этих устройств, так и в способе их взаимодействия с центральным процессором (рис. 14.6).

Во-первых, графический сопроцессор — это *интеллектуальное устройство*, основу которого составляет арифметико-логическое устройство (АЛУ). АЛУ фактически представляет собой специализированный микропроцессор, работающий по программам, содержащимся в собственном оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ). Таким образом, основное отличие графического сопроцессора от графического акселератора заключается в том, что сопроцессор можно запрограммировать на выполнение различных задач, тогда как ускоритель ориентирован только на конкретные приложения.

Во-вторых, графический сопроцессор, в отличие от графического акселератора, является активным устройством. В процессе выполнения своих функций он может наравне с центральным процессором обращаться к системной оперативной памяти и управлять шиной ввода/вывода.

В современных видеоадаптерах объем и сложность графических функций, выполняемых графическим сопроцессором, возросли до такой степени (особенно в области 3D), что они стали соперничать с объемом задач, решаемых центральным процессором PC.

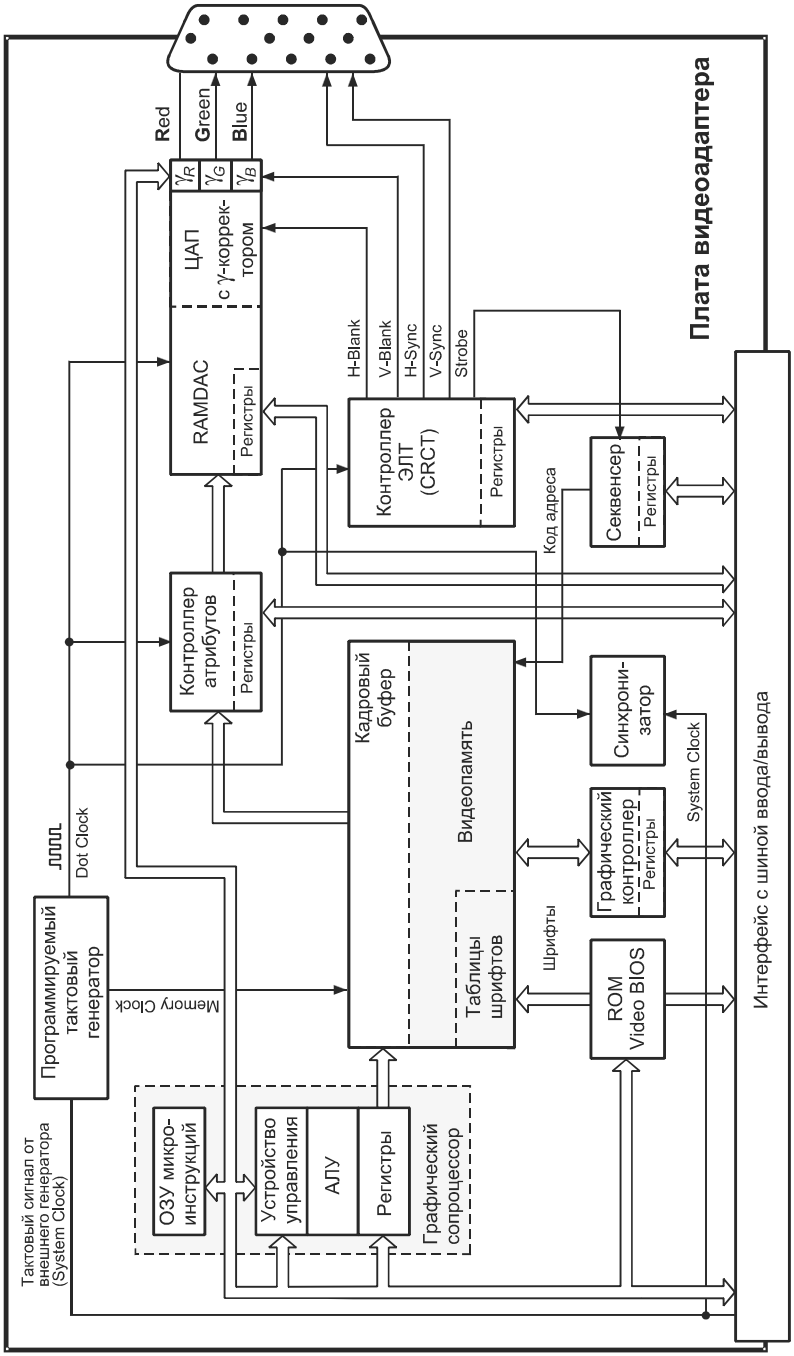


Рис. 14.6. Типовая схема видеоадаптера с графическим сопроцессором

По этой причине приставка "со" утратила свой первоначальный смысл, и чипсет, составляющий основу современного видеоадаптера с аппаратной поддержкой практически всех упомянутых графических функций, стали называть *графическим процессором*, подчеркивая тем самым его самостоятельность в решении задачи формирования изображения на экране монитора.

3D-акселераторы

Совокупность приложений и задач, в рамках которых реализуется эта схема построения трехмерного изображения на экране монитора PC, называется *трехмерной графикой*, или *3D* (*3-Dimentional* — трехмерный). Наиболее яркими примерами трехмерной графики служат многочисленные компьютерные игры, поражающие реалистичностью создаваемых образов. Другой пример 3D-моделирования — отображение на компьютере внешнего вида доисторических животных, позволяющее настолько правдоподобно их "оживить", что создается полная иллюзия, что вы видите результат реальной видеосъемки, а не компьютерной анимации.

Объем вычислений, необходимый для моделирования трехмерного объекта, очень велик. Чтобы обеспечить возможность видеть на экране проекцию динамического трехмерного объекта, в состав PC включают устройство, самостоятельно выполняющее основную часть расчетов трехмерной сцены. Такое устройство принято называть *ускорителем трехмерной графики* или *3D-акселератором*.

Первоначально 3D-акселераторы размещались на платах (отдельно от видеоадаптера), устанавливаемых в слот шины ввода/вывода и соединяемых с видеоадаптером специальным кабелем типа Pass-Through. Отсюда и возник термин "3D-акселератор" — самостоятельное устройство, используемое только для работы с трехмерной графикой.

Все современные видеоадаптеры содержат один мощный графический процессор, в состав которого, помимо ускорителя традиционной 2D-графики, входит 3D-акселератор. Поэтому в настоящее время термин "3D-акселератор" практически утратил свой первоначальный смысл: сегодня он означает не специализированную плату, а универсальный видеоадаптер, в состав которого входит ускоритель как двумерной, так и трехмерной графики.

Синтез трехмерного изображения. 3D-конвейер

Так как современные видеоадаптеры — это, в первую очередь, широкие возможности моделирования реалистических изображений объектов, то при его покупке следует понимать, что имеют в виду под тем или иным термином разработчики. Ведь у каждого разработчика чипов для видеоадаптеров есть собственные фирменные технологии моделирования объектов. Кроме того, не следует забывать, что в отличие от простых вычислений методы построения объектов у каждого видеоадаптера свои. Поэтому далее объясняются основы функционирования 3D-конвейера или процесса расчета трехмерного изображения, точнее, его двумерной проекции.

В процессе синтеза трехмерного объекта существуют несколько основных этапов (их количество зависит от типа видеоадаптера и используемого видеопроцессора). В самом общем виде можно выделить основные этапы 3D-конвейера.

1. *Построение геометрической модели поверхности объекта* путем задания трехмерных координат опорных (ключевых) точек, а также уравнений соединяющих их линий. В результате этого возникает так называемая *каркасная модель объекта* (*wireframe*). На рис. 14.7 изображена каркасная модель тора, заданного координатами центра O (x, y, z), внутренним радиусом R_1 и радиусом сечения R_2.

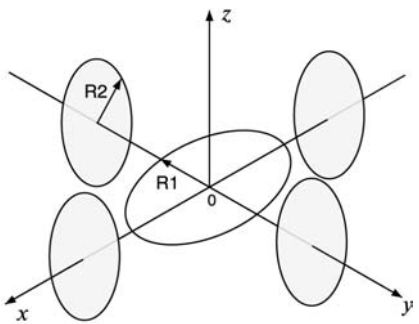


Рис. 14.7. Каркасная модель объекта

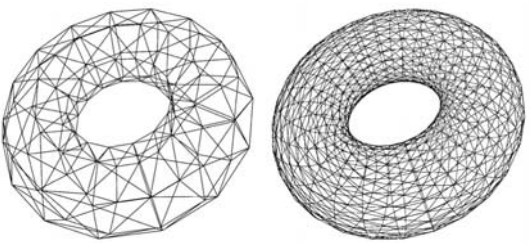


Рис. 14.8. Тесселяция объекта при помощи 420 (слева) и 2668 (справа) треугольников

2. *Разбиение поверхности полученного объекта на элементарные плоские элементы* — прямоугольники или треугольники. Этот этап называется

также *тесселяцией* (*Tesselation*) или *триангуляцией*. В результате поверхность объекта, обычно имеющая искривленную (овальную) форму, становится "граненой", т. е. представляет собой совокупность плоских многоугольников (треугольников или четырехугольников). Чем больше таких граней и чем меньше они по размеру, тем точнее воспроизводится поверхность объекта (рис. 14.8).

3. *Трансформация* (*Transformation*). На этом этапе моделируется движение объекта: его перемещение, вращение и изменение размеров (формы). Она сводится к стандартному преобразованию координат вершин граней (вертексов) и реализуется путем выполнения множества различных операций матричной (линейной) алгебры и тригонометрических функций (рис. 14.9).

4. *Расчет освещенности* (*Lighting*) *и затенения* (*Shading*) *объекта.* На данном этапе рассчитывается освещенность каждого элементарного треугольника, принимая во внимание его удаленность от источника света и угол падения светового луча (вот для чего элемент поверхности объекта должен быть плоским). Это позволяет имитировать реальную освещенность объекта, подчеркивающую его объемность. Однако, если освещенность всех точек каждого треугольника одинакова, то поверхность объекта будет выглядеть состоящей из множества маленьких плоских граней (рис. 14.10). Чтобы устранить этот дефект, используют различные методы интерполяции значений освещенности, позволяющие плавно изменять освещенность каждой грани и скрыть резкие переходы между гранями. Эти приемы принято называть *методами затенения*. Наиболее распространенными из них являются *метод Гуро* (*Gouraud Shading*) и *метод Фонга* (*Phong Shading*).

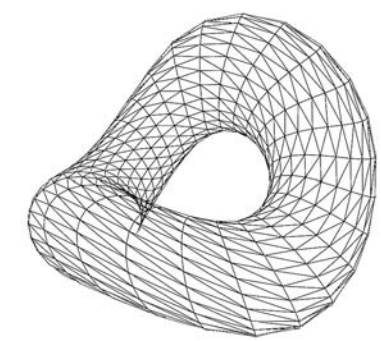


Рис. 14.9. Трансформация формы объекта путем изгиба и скручивания

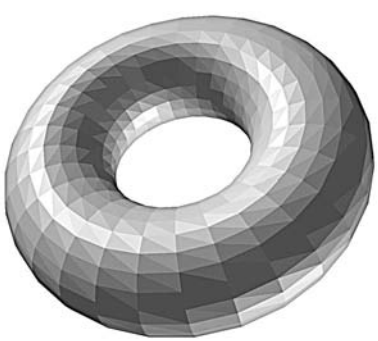


Рис. 14.10. Расчет освещенности без использования алгоритмов интерполяции

5. *Проецирование* полученного трехмерного объекта на плоскость экрана. На данном этапе происходит первое, предварительное преобразование трехмерного объекта в совокупность двумерных, однако информация о расстоянии каждой из вершин элементарного треугольника до плоскости проектирования сохраняется. Это позволяет на последующих этапах корректно определить, какие части объекта окажутся видимыми, а какие — нет. Совокупность данных о глубине каждой из вершин, или значения ее третьей координаты Z называют *z-буфером*. Использование *z*-буфера — одно из главных отличий работы с трехмерной графикой от работы с двумерной.

6. *Обработка* (*настройка*) данных о вершинах элементарных треугольников, полученных на предыдущих этапах (*Triangle Setup*). На этом этапе выполняется преобразование формы представления координат вершин: из чисел с плавающей точкой (вещественных чисел) формируются целые числа. Кроме того, производится сортировка вершин, отбрасывание задних граней (*culling*) и ряд других действий.

7. *Удаление скрытых поверхностей* — исключение из проецирования тех элементов поверхности объекта, которые оказываются невидимыми с точки наблюдения.

   Этот этап называется также *HSR* (*Hidden Surface Removal*). Строго говоря, процесс удаления скрытых поверхностей выполняется последовательно на нескольких этапах: на предыдущем (*Triangle Setup*), когда обрабатываются векторные изображения, а также на последующих, на которых с помощью алгоритмов z-буферизации или z-сортировки обрабатываются растровые изображения.

8. *Закраска элементарных треугольников, или текстурирование*, выполняется путем наложения текстур (*Texture mapping*) с учетом данных, полученных на предыдущих этапах (рис. 14.11). *Текстура* (*Texture*) — это элемент обшивки объекта, т. е. изображение участка его поверхности. Оно хранится в виде квадратной растровой картинки, состоящей из *текселов* (*Texel* — *TEXture ELement* — элемент текстуры). После наложения текстур (рис. 14.11, *слева*) каркасная модель (см. рис. 14.8) как бы "обрастает кожей" и становится похожа на реальный объект.

   Наложение текстур — это первый этап конвейера, выполняемый с *растровой* графикой. В результате каждый треугольник, задававшийся только координатами вершин, заменяется частью текстуры. При этом значение каждого пиксела двумерного изображения вычисляется по значению соответствующего тексела текстуры (одному или нескольким). Соответст-

вие между пикселами и текселами обеспечивается благодаря результатам 5-й стадии 3D-конвейера, т. е. проецированию. Текстурирование — довольно трудоемкий процесс, поскольку обработке подвергается растровая графика. При модификации растрового изображения возникают многочисленные дефекты, поэтому на данном этапе используются разнообразные приемы коррекции изображения: применение текстур с различным разрешением (*MIP-mapping*), коррекция перспективы, фильтрация и другие действия.

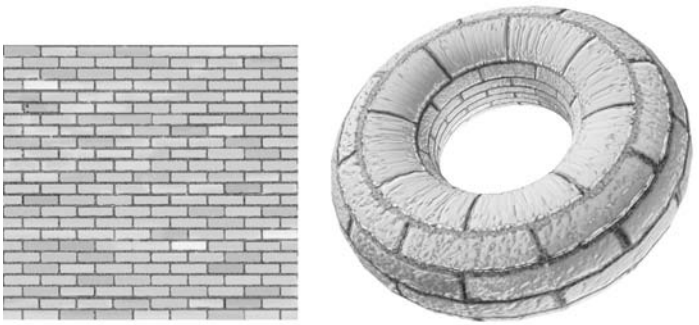


Рис. 14.11. Текстура (слева) и результат ее наложения на каркасную модель (справа)

9. *Моделирование эффектов прозрачности и полупрозрачности.* Здесь на основе информации о взаимной прозрачности объектов и среды выполняется коррекция цвета пикселов — так называемое *альфа-смешение* (*alpha-blending*) и *затуманивание* (*fogging*).

10. *Коррекция дефектов картинки*, вызванных зазубренностью линий на границах объектов, — так называемый *антиалиасинг* (*anti-aliasing*).

11. *Интерполяция недостающих цветов — дизеринг* (*dithering*) — используется в том случае, когда в текущем видеорежиме 3D-акселератора для кодирования цвета пиксела используется менее 24 бит (например, в режим High Color при 16-битном цвете). Это приводит к незначительному ухудшению разрешения (резкости), но позволяет эффективно имитировать цвета, отсутствующие в палитре.

12. *Окончательное формирование кадрового буфера* (*frame buffer*) — области памяти 3D-акселератора, в которую помещается спроецированное двумерное изображение. Кадровый буфер используется для формирования выходного, аналогового видеосигнала 3D-ускорителя точно так же, как это делается в обычном видеоадаптере VGA (в совмещенных 2D/3D-

картах под кадровый буфер отводится часть видеопамяти). Для ускорения процесса создания изображения используется механизм *двойной буферизации*, при котором выделяется память одновременно для двух смежных кадров: построение следующего кадра начинается еще до того, как закончится отображение (передача в RAMDAC) предыдущего. В результате удается избежать ненужного "простоя" акселератора и обеспечить более плавную смену кадров.

13. *Пост-обработка* (*Post-processing*). Используется в том случае, когда требуется реализовать какие-либо двумерные эффекты над подготовленным кадром как единым целым.

Этапы 1—6 образуют так называемую *геометрическую стадию* 3D-конвейера. На этой стадии выполняются интенсивные тригонометрические вычисления.

Этапы 7—13 образуют *стадию прорисовки объекта*, или *стадию рендеринга* (*Rendering* — изображение, рисование, визуализация). На этой стадии все действия выполняются уже с *растровыми* объектами, состоящими из отдельных, дискретных элементов — пикселов и текселов.

> ***Примечание***
>
> Иногда термин "рендеринг" употребляют для обозначения всего 3D-конвейера, а этапы 7—13 называют "растеризацией", подчеркивая тем самым отличие данной стадии конвейера от предыдущей, на которой все операции выполнялись с векторной графикой. Мы будем придерживаться термина "рендеринг", понимая под этим только этапы 7—13.

Стадия рендеринга является наиболее сложной, многоэтапной и трудоемкой. Выполняемые операции не характерны для центрального процессора (как на геометрической стадии), поэтому именно на этом этапе конвейера необходимо аппаратное ускорение. Большинство современных 3D-ускорителей как раз и предназначены для рендеринга на аппаратном уровне и различаются лишь количеством реализуемых функций.

Функции 3D-акселераторов

Для ускорения выполнения этапов 3D-конвейера ускоритель трехмерной графики должен обладать определенным набором *функций*, т. е. аппаратно, без участия центрального процессора, производить операции, необходимые для построения 3D-изображения. Набор этих функций является важнейшей характеристикой 3D-акселератора, которую следует учитывать при его выборе.

Затенение

Для создания ощущения объемности объекта необходимо корректно рассчитать освещенность его поверхности. Эта задача решается в процессе *затенения*. Расчет освещенности точек каждой грани выполняется на основании закона падения освещенности, согласно которому *освещенность точки поверхности прямо пропорциональна силе света и косинусу угла между направлением падения света и нормалью к поверхности, но обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника света.*

Освещенность объекта легко рассчитать в том случае, когда он состоит из плоских граней: нормаль к грани имеет постоянную ориентацию, и освещенность всех точек грани будет одинакова. Такое затенение называют *простым* или *плоским* (*Flat Shading*). Это самый простой и быстрый метод, однако при его использовании подчеркивается дискретность разбиения (тесселяции), т. е. объект выглядит угловатым (рис. 14.12, *слева*). Для устранения этого недостатка используется метод Гуро, с помощью которого можно придать поверхности объекта гладкую, овальную форму (рис. 14.12, *справа*).

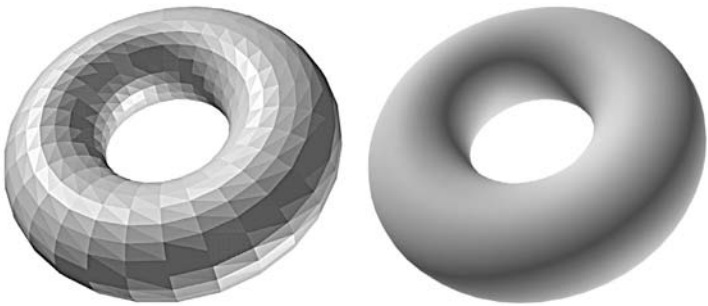


Рис. 14.12. Плоское затенение (слева) и затенение Гуро (справа)

При использовании метода Гуро освещенность каждой точки (пиксела) внутри грани вычисляется путем линейной интерполяции по значениям цвета или яркости на его краях. Поскольку изменение освещенности происходит линейно, можно составлять простые и эффективные алгоритмы затенения по методу Гуро, не требующие больших вычислительных затрат. Интерполяции может подвергаться не только освещенность объекта, но и его цвет.

Затенение Гуро является наиболее распространенным приемом, позволяющим быстро и легко убрать дефекты тесселяции. Однако по этому методу нельзя корректно рассчитать освещенность грани при близком расположении

источника света. В этом случае применяется метод Фонга. Данный метод учитывает изменение угла падения света для различных точек грани (в идеале — для всех точек, как минимум — для вершин грани). Для ускорения расчетов затенение Фонга применяется с использованием так называемых *карт затенения*, подготовленных заранее.

Выделение глубины

Простым, но эффективным способом создания иллюзии объемности объекта путем изменения освещенности является прием, называемый *выделение глубины* (*Depth Cueing*). Его суть очень проста: по мере увеличения значения координаты *z* освещенность (яркость) пиксела убывает (рис. 14.13).

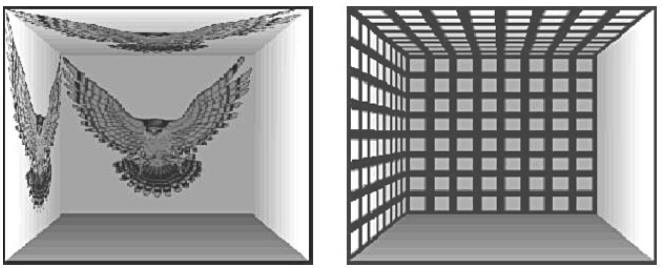


Рис. 14.13. Выделение глубины объекта

Удаление скрытых поверхностей

При реализации проецирования трехмерного объекта на двумерную плоскость экрана необходимо корректно определить, какие части объекта будут видимыми, а какие — нет. Это, во-первых, позволит избежать ошибок при построении изображения и, во-вторых, значительно уменьшить количество граней, которые необходимо текстурировать. Этот процесс называется *HSR* (*Hidden Surface Removal* — удаление скрытых поверхностей). Он носит комплексный характер и решается последовательно, на различных этапах 3D-конвейера. В частности, можно выделить несколько этапов в процессе HSR.

1. Отсечение частей изображения, не попадающих в объем отсечения (*clip volume*). Объем отсечения представляет собой параллелепипед, задающий границы трехмерной сцены.
2. Отбрасывание задних, невидимых граней (*culling*).

3. Z-сортировка.

4. Z-буферизация.

Два первых этапа выполняются на геометрической стадии 3D-конвейера, а два последних — на стадии рендеринга.

Суть первого этапа очевидна — все, что оказывается за пределами объема отсечения, исключается из дальнейшей обработки. Эта процедура реализуется всегда.

Отбрасывание задних граней выполняется после проведения тесселяции. Поскольку треугольники *ориентированы* в пространстве, можно легко определить ориентацию нормали к каждой грани. Если нормаль направлена на наблюдателя, то грань видима, в противном случае она исключается из дальнейшей обработки. За счет отбрасывания задних граней уменьшается общий объем операций по рендерингу примерно в два раза.

Однако может возникнуть ситуация, когда две грани ориентированы на наблюдателя, но при проецировании они перекрываются. Какую же из них следует текстурировать?

Для ответа на этот вопрос анализируется третья координата (z) каждого элемента поверхности объекта, описывающая его удаление "вглубь" экрана. Область памяти, отводимая для хранения этих данных для всех точек поверхности, называется *z-буфером*. Разрядность z-буфера — важный параметр 3D-акселератора, определяющий число возможных градаций глубины трехмерной сцены. Современные модели 3D-акселераторов имеют 24- и 32-разрядный z-буфер.

Для удаления невидимых участков могут использоваться 2 метода:

- z-сортировка;
- z-буферизация.

Z-сортировка (*z-sorting*) — наиболее простой метод, при котором целенаправленное удаление скрытых поверхностей как таковое специально не производится. Программа выполняет рендеринг всех элементов трехмерной сцены, но в порядке убывания координаты z. При этом происходит их наложение, причем более близкий к зрителю элемент сцены прорисовывается поверх более удаленного. Естественно, что видимым оказывается последний из элементов, т. е. ближний. При z-сортировке не требуется хранить (запоминать) координаты z, (z-буфер не используется), однако нерационально загружается CPU: прорисовывать приходится весь объект, независимо от видимости его элементов. Кро-

ме того, при прорисовке близко расположенных или пересекающихся объектов данный метод часто дает ошибочный результат (рис. 14.14, *слева*)

Под *z*-буферизацией подразумевается проведение анализа всех *z*-координат в процессе рендеринга. Для этого, собственно, и нужен *z*-буфер. Из всех точек объекта с одинаковыми координатами (*x*, *y*) проецироваться будет только одна, координата *z* которой имеет минимальное значение. В результате этого будут корректно изображены объекты, образованные пересекающимися поверхностями (рис. 14.14, *справа*).

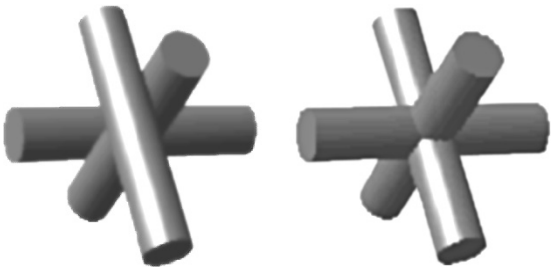


Рис. 14.14. Удаление скрытых поверхностей методом *z*-сортировки (слева) и методом *z*-буферизации (справа)

Оптимизация наложения текстур

Наложение текстур — наиболее трудоемкая и сложная стадия 3D-конвейера, которая сопровождается появлением многочисленных дефектов изображения. Именно на этом этапе реализуется бóльшая часть разнообразного арсенала аппаратных средств 3D-акселератора, используемого для коррекции изображения.

Для создания реалистичной картины при рендеринге близко расположенных и удаленных частей сцены необходимо использовать различное разрешение. Большинство поклонников первых трехмерных игр хорошо помнят характерный недостаток Wolf 3D и DOOM — гладкая на расстоянии стена или дверь при приближении быстро искажается за счет эффекта пикселизации, превращаясь в набор цветных квадратов. Причина проста: в этих играх для рендеринга удаленных и близких поверхностей используются текстуры с одинаковым (низким) разрешением.

Увеличение размеров объекта при приближении к нему сопровождается масштабированием растровой картинки текстуры. В результате проявляется

хорошо известный всем эффект — пикселизация (лестничный эффект). Можно было бы использовать текстуры с высоким разрешением, однако это требует значительного объема памяти для их хранения, и совершенно не нужно при текстурировании удаленных объектов. Для решения этой проблемы предназначена следующая функция.

MIP-текстурирование

MIP-текстурирование, или *мипмэппинг* (*MIP-mapping*), применяется для устранения пикселизации при приближении к 3D-объекту. Суть MIP-текстурирования состоит в том, что в памяти акселератора хранятся несколько копий одной и той же текстуры, но с различным разрешением *LOD* (*Level Of Detalization* — уровень детализации). Каждая последующая копия текстуры содержит в 4 раза больше пискелов, чем предыдущая. Совокупность всех копий одной и той же текстуры называют *MIP-каскадом* (рис. 14.15).

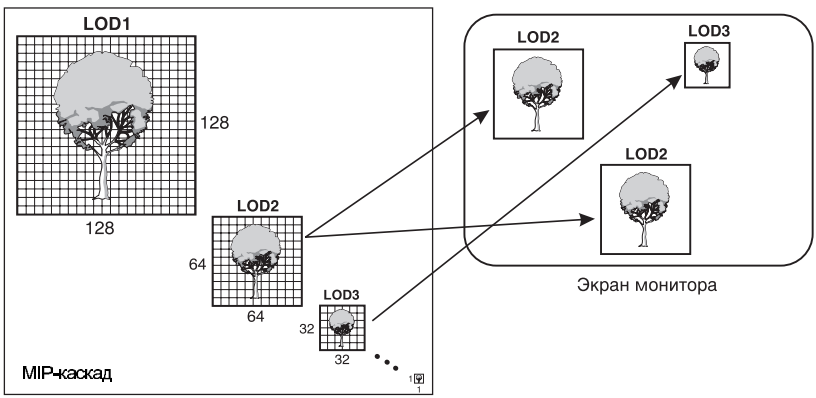


Рис. 14.15. MIP-каскад

При рендеринге ближних к наблюдателю поверхностей используются более крупные текстуры, а при прорисовке дальних — более мелкие. Это значительно ослабляет эффект пикселизации. Название этой технологии образовано аббревиатурой *MIP* (*Multum In Parvo* — "много в одном" — лат.), что отражает основную идею описанных выше действий. Очевидный недостаток данного метода — резкое увеличение памяти акселератора, необходимой для хранения текстур. Для того чтобы хранить текстуры не в локальной памяти 3D-акселератора, а в RAM PC и при необходимости быстро их подгружать, используется локальная шина AGP.

Однако применение технологии MIP-mapping само по себе не решает всех проблем, т. к. разрешение текстур меняется дискретно, вызывая искажения. В частности, возникает целый ряд специфических дефектов:

- появление *бэндинга* (полос) *MIP-текстурирования* (*Banding Of MIP-mapping*) — хорошо различимых границ между текстурами с разным разрешением;
- возникновение "шума текстуры" — при движении объекта на его поверхности образуется изменяющийся рисунок;
- размывание мелких деталей на удаленных текстурах и *муара* (инородного рисунка) на изображении текстуры;
- нарушение перспективы на рисунке текстуры;
- нестыковка текстур на краях;
- "рваные", угловатые края объектов, особенно заметные на наклонных линиях (этот дефект обычно называется *алиасингом* — *aliasing*);
- неправильное отображение глубины отдельных элементов рисунка, называемое *z-алиасингом* (*z-aliasing*).

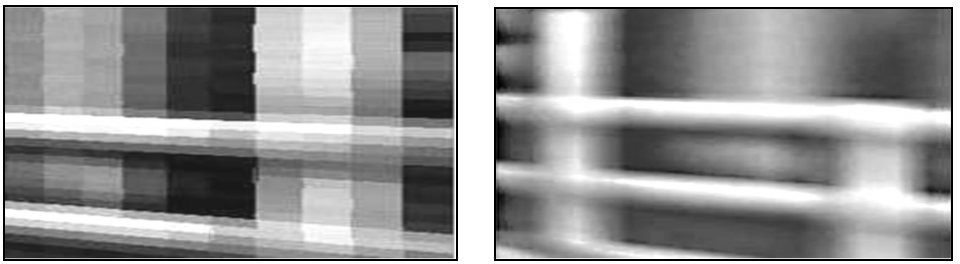
Для устранения этих дефектов используется *фильтрация*, которая заключается в интерполяции значения тексела по значениям соседних.

Фильтрация

Главная идея фильтрации — линейная интерполяция значения тексела в зависимости от значения соседних текселов в одной или двух текстурах ближайшего уровня детализации. Различают следующие виды фильтрации:

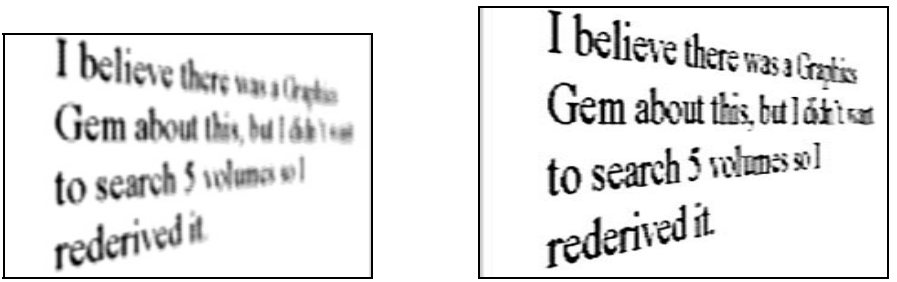
- *линейную* (*Linear filtering, LF*) — для интерполяции тексела используется значение тексела в текстуре ближайшего уровня (LOD);
- *билинейную* (*Bi-linear filtering, BLF*) — каждый тексел вычисляется как взвешенная сумма четырех соседних пикселов (слева и справа, а также сверху и снизу). Это наиболее распространенный метод, однако он не устраняет полос MIP-текстурирования и приводит к небольшой "размытости" изображения (рис. 14.16);
- *трилинейную* (*Tri-linear filtering, TLF*) — каждый тексел текстуры вычисляется как усредненный результат билинейной фильтрации по двум соседним уровням детализации (например, LOD1 и LOD2, т. е. используются две текстуры);

- *анизотропную* — используется при прорисовке сильно наклоненных к наблюдателю граней, когда текселы перестают быть квадратными (рис. 14.17). В соответствии с этим методом тексел описывается эллипсом и интерполяция выполняется по большему количеству текселов (до 32).



а *б*

Рис. 14.16. Пример использования билинейной фильтрации:
а — билинейная фильтрация выключена;
б — билинейная фильтрация включена



а *б*

Рис. 14.17. Пример реализации трилинейной (*а*) и анизотропной (*б*) фильтрации

Мультитекстурирование

Важным преимуществом 3D-акселератора является его способность к ускорению процесса наложения текстур. Это реализуется за счет использования технологии *мультитекстурирования*. Как правило, итоговое значение каждого пиксела кадрового буфера становится известным только после наложения на него нескольких текстур (за счет пересечения и наложения объектов). Для этого текстурирование необходимо выполнять несколько раз (в несколь-

ко этапов). Чтобы решить все задачи за один этап, в архитектуре 3D-акселератора используется не один, а два и более блоков обработки текстур, работающих параллельно. Наложив на грань одну текстуру, первый блок передает результат работы второму блоку, который накладывает на нее другую текстуру и т. д. Первый же блок в это время уже занят обработкой следующей грани и т. д. Другими словами, тектурирование выполняется конвейерным методом (рис. 14.18).

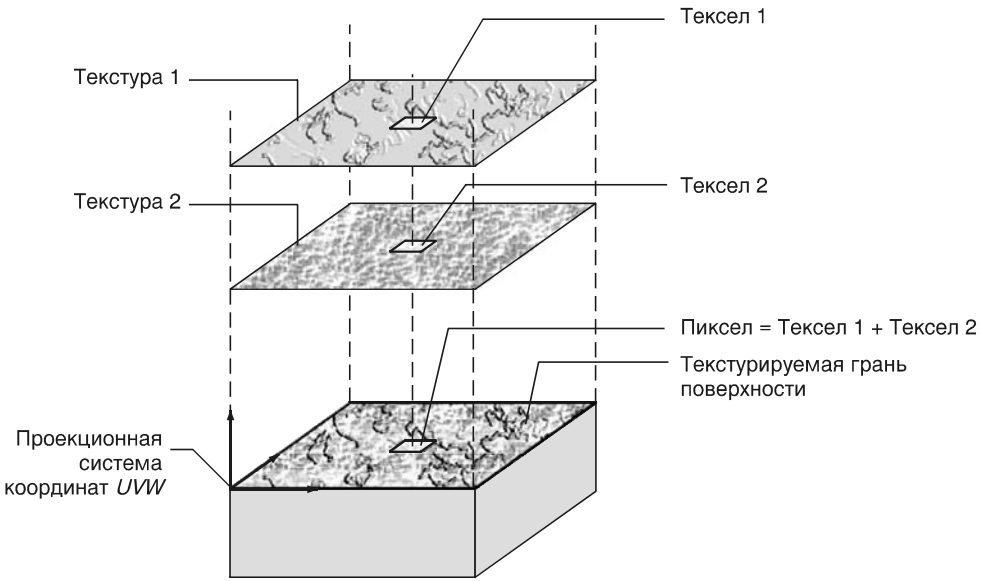


Рис. 14.18. Механизм мультитекстурирования

Текстурирование с коррекцией перспективы

Еще одной важной задачей при наложении текстур является коррекция перспективы. Так как различные грани, образующие поверхность объекта, наклонены под разными углами к линии зрения, наложение текстуры требует выполнения поворота и скоса растра исходной квадратной текстуры. При этом возникают характерные искажения, нарушающие ориентацию рисунка текстуры на поверхности объекта и приводящие к искажению зрительной перспективы (рис. 14.19). Для коррекции этих искажений акселератор должен аппаратно выполнять операцию *Perspective Corrected Texture Mapping* (наложение текстуры с коррекцией перспективы).

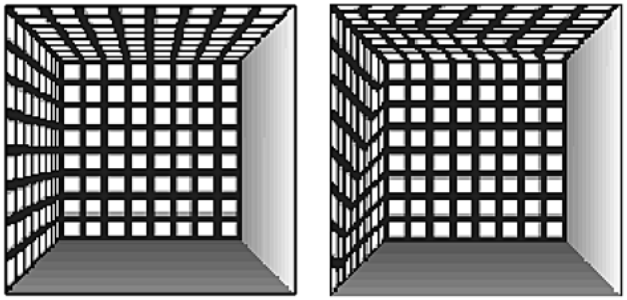


Рис. 14.19. Пример текстурирования с коррекцией перспективы (слева) и без нее (справа)

Моделирование рельефа при наложении текстур

Строго говоря, рельеф объекта формируется на первых этапах геометрической стадии. Однако это *грубый рельеф*, который передает сравнительно крупные детали поверхности. Предусмотреть на геометрической стадии задание тонкой структуры рельефа не представляется возможным, т. к. это значительно усложнит геометрическую модель и сведет на нет выгоду от использования векторной графики. Между тем реалистичность отображения объекта во многом зависит именно от *тонкого рельефа*, передающего мелкую структуру поверхности и позволяющего создать ощущение шершавости или, напротив, гладкости, зеркальности поверхности.

Оказывается, эту задачу можно решить на этапе наложения текстур, изменяя соответствующим образом их рисунок. Эта технология получила название *рельефное текстурирование* (*bump-mapping*). Согласно определению автора данной технологии, Джима Блинна, рельефное текстурирование — это метод получения визуальных выпуклостей и вогнутостей на поверхности объекта, находящегося в трехмерном пространстве, без изменения геометрической формы самого объекта.

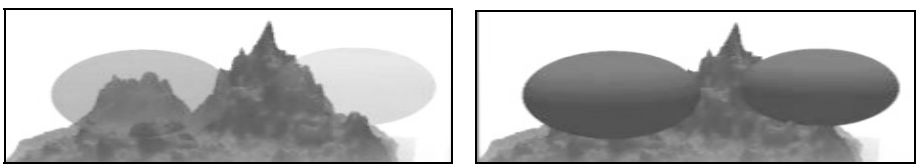
Основная идея рельефного текстурирования очевидна — наличие неровностей на поверхности объекта приводит к образованию участков с разной освещенностью. Вопрос только в том, каким образом задать правило, по которому будет изменяться освещенность различных участков текстуры. Существует несколько разновидностей рельефного текстурирования:

- текстурирование методом *вдавливания* (чеканки) — *Embossing Bump Mapping*;

- текстурирование с использованием *карт окружающей среды* — *Environment Map Bump Mapping*;
- текстурирование с применением *программно-изменяемых рельефных карт* — *Procedural Texturing*.

Управление прозрачностью (цветовой насыщенностью) текстур

Важную роль для правильного построения трехмерной сцены играет управление оттенками цветов. Это необходимо при отображении движущихся объектов (например, при удалении) и, особенно, при их наложении. Техника управления оттенками цветов получила название *альфа-смешения* (*Alpha Pixel Blending* — смешение цветов пикселов с учетом коэффициента α). При ее использовании цвет каждого из двух пикселов, участвующих в наложении, определяется не тремя, как обычно, а четырьмя компонентами: R, G, B и α, где α — весовой коэффициент, учитывающий степень *прозрачности объекта* (*Object Transparency*). Значению α = 1 соответствует прозрачный пиксел, значению α = 0 — непрозрачный. При таком способе задания цвета появляется возможность корректно управлять процессом смешения цветов при наложении друг на друга полупрозрачных объектов (рис. 14.20).



а *б*

Рис. 14.20. Пример использования α-смешения полупрозрачных (*а*) и непрозрачных (*б*) объектов

Плавное уменьшение коэффициента α до нуля по мере удаления объекта позволяет создать эффект, называемый *затуманиванием* (*Fogging*). Он имеет место, когда объект удаляется от наблюдателя и очертания объекта становятся размытыми, постепенно сливаясь с фоном (рис. 14.21).

В зависимости от вида функции α(*z*) различают несколько типов затуманивания и правил выбора значения α для конкретного пиксела. Если α линейно уменьшается с увеличением расстояния до объекта (координаты *z*), то затуманивание называют *линейным* (*Linear Fog*). Если же значение α уменьшает-

ся по экспоненциальному закону, то говорят об *экспоненциальном тумане* (*Exponential Fog*).

Рис. 14.21. Пример использования затуманивания

Антиалиасинг

Наиболее объемная и важная часть работы по коррекции изображения объединяется понятием *антиалиасинг* (*Anti-aliasing*). Основным проявлением алиасинга являются лестничный эффект на наклонных линиях (краях), муар на изображении и т. п.

С учетом особенностей устраняемых дефектов антиалиасинг иногда называют сглаживанием. Различают *краевой* (*Edge Anti-aliasing*) и *полный* (*Full-screen Anti-aliasing, FSAA*) *антиалиасинг*.

Краевой антиалиасинг

Краевой антиалиасинг заключается в усреднении цвета пикселов на краях (ребрах) грани на основе взвешенного суммирования цветов прилегающих граней. При этом используется техника усреднения по площади (рис. 14.22). Считается, что каждая точка (линия) на краю грани имеет фиксированную, ненулевую площадь. В зависимости от того, какую часть этой площади перекрывают прилегающие грани, определяются весовые коэффициенты, с которыми суммируются цвета при определении цвета краевого пиксела.

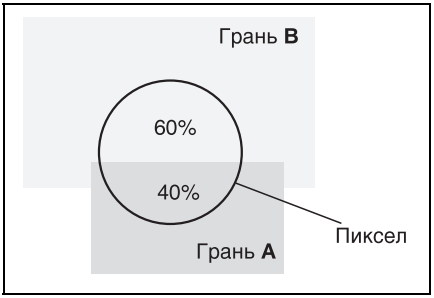


Рис. 14.22. Правило площадей, используемое при краевом антиалиасинге

Полный антиалиасинг

Для полного устранения всех дефектов алиасинга используется *полный антиалиасинг*, или *субпиксельный антиалиасинг*. Основная идея данного метода состоит в том, что коррекция дефектов выполняется с так называемым *виртуальным разрешением*, которое выше исходного. При этом каждый пиксел оказывается состоящим из нескольких виртуальных *субпикселов*, над которыми и совершаются операции антиалиасинга (рис. 14.23). После выполнения коррекции, когда цвета всех субпикселов определены, исходное разрешение восстанавливается.

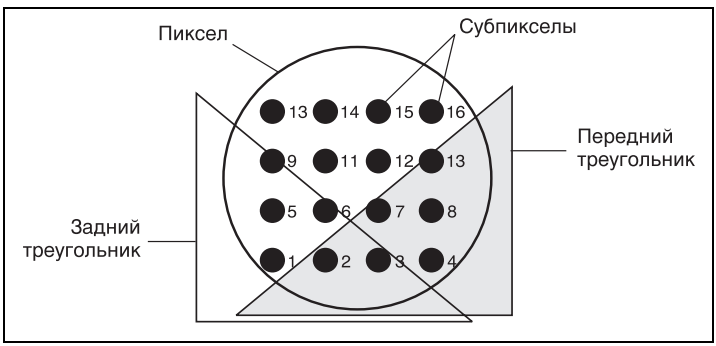
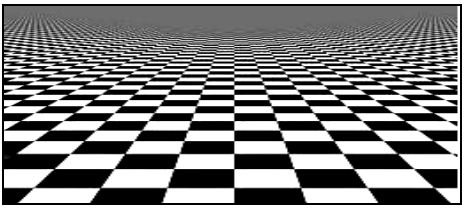
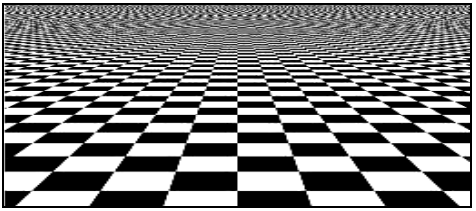


Рис. 14.23. Субпиксельный антиалиасинг по методу мультисэмплинга с использованием маски

Благодаря реализации субпиксельного антиалиасинга можно получать хорошие результаты на достаточно сложных изображениях, содержащих множество резких переходов цвета и яркости (рис. 14.24).



а



б

Рис. 14.24. Пример использования полного (субпиксельного) антиалиасинга (*а*) (для сравнения приведено изображение, (*б*) не обработанное по методу антиалиасинга)

Интерполяция недостающих цветов

Если текущий режим работы видеоадаптера не позволяет отобразить требуемое число оттенков цветов (не хватает видеопамяти), применяется *дизеринг* (*Color Dithering*) — техника получения недостающих цветов за счет смешения имеющихся. Этот метод широко распространен и используется не только в трехмерной графике, но и во многих программах обработки растровых изображений.

Суть метода подобна идее, положенной в основу работы цветного монитора: для создания цвета пиксела экрана используется триада зерен люминофора основных цветов. При дизеринге цвета соседних пикселов изображения подбираются из доступной палитры так, чтобы в результате их слияния появлялась иллюзия нового цвета, которого нет в исходной палитре. Очевидно, что при этом немного ухудшается разрешение изображения.

Программное обеспечение для 3D-акселераторов

Поскольку 3D-акселератор имеет собственную систему команд, его эффективное применение возможно лишь в том случае, когда прикладная программа использует эти команды. Но поскольку различных программ и моделей 3D-акселераторов существует великое множество, возникает проблема совместимости: невозможно написать такую программу, которая бы одинаково хорошо использовала низкоуровневые команды различных акселераторов. Очевидно, что и разработчики прикладного программного обеспечения, и

производители 3D-акселераторов нуждаются в некоем "арбитре" или "переводчике", который выполнял бы следующие функции:

- эффективное преобразование запросов прикладной программы в оптимизированную последовательность низкоуровневых команд 3D-акселератора с учетом особенностей его аппаратного построения;
- программную эмуляцию запрошенных функций, если в используемом акселераторе отсутствует их аппаратная поддержка;
- стимулирование производителей акселераторов унифицировать используемые системы команд с учетом требований производителей программного обеспечения.

Роль подобного "арбитра" возлагается на специальный пакет служебных программ, называемый *интерфейсом прикладного программирования* (*Application Program Interface, API*). API занимает промежуточное положение между высокоуровневыми прикладными программами и низкоуровневыми командами акселератора, которые генерируются его драйвером. Использование API избавляет разработчика прикладной программы от необходимости работать с низкоуровневыми командами акселератора, облегчая процесс создания программ и делая их более универсальными. При этом они по-прежнему в состоянии максимально реализовать потенциал аппаратно ускоряемых функций.

В настоящее время в 3D существует несколько API, области применения которых довольно четко разграничены.

- *DirectX*, разработанный фирмой Microsoft, используемый в игровых приложениях, работающих под управлением операционных систем Windows.
- *OpenGL*, используемый в основном в профессиональных приложениях (CAD, системы трехмерного моделирования, симуляторы и т. п.), работающих под управлением операционной системы Windows NT (хотя есть и игры, ориентированные на OpenGL — легендарный Quake).

Стандарт OpenGL более консервативен, но более надежен, т. к. является коллективным трудом очень многих организаций. Microsoft DirectX очень быстро обновляется, и, как это повелось, часто появляются различные недокументированные функции или обновления без смены номера версии, соответственно, возникают различные коллизии, когда два видеоадаптера, например поддерживающих DirectX 9, могут работать по-разному, т. к. один умеет работать с Pixel Shader 3.0, а второй только с Pixel Shader 2.0.

По мере совершенствования графических процессоров и увеличения объема памяти видеоадаптеров совершенствовались и API. В настоящее время для получения более реалистичной графики внедряются варианты DirectX 10, который позволяет создать довольно реальную картину виртуального мира, но зато требует очень много ресурсов.

DirectX

Подавляющее число игр ориентировано на DirectX, который включает в себя несколько узконаправленных API:

- DirectDraw — обеспечивает использование аппаратных средств ускорения обычной, двумерной графики;
- Direct3D — отвечает за работу графической системы в режиме создания трехмерных изображений;
- DirectInput — обеспечивает аппаратно независимый ввод информации в PC через клавиатуру, мышь и джойстик;
- DirectPlay — используется при совместной игре на нескольких компьютерах, объединенных в сеть или соединенных непосредственно, через параллельный или последовательный порты;
- DirectSound — управляет использованием ресурсов звуковой системы PC.

DirectX является жестко регламентированным, закрытым стандартом, который не допускает изменений до выхода в свет своей очередной, новой версии. Это, с одной стороны, ограничивает возможности разработчиков программ и особенно производителей акселераторов, однако значительно облегчает пользователю настройку программного и аппаратного обеспечения для 3D.

Архитектура Direct3D основана на проверке функциональных возможностей установленного аппаратного обеспечения. Согласно этому принципу прикладная программа сначала запрашивает Direct3D-совместимый драйвер об аппаратно поддерживаемых данным акселератором 3D-функциях, а затем, в зависимости от ответа, активизирует поддерживаемые функции. Очевидно, что такой вариант является наилучшим, т. к. избавляет от необходимости вникать в детали и производить ручную настройку.

OpenGL

В отличие от DirectX, API OpenGL построен на основе концепции открытого стандарта, имеющего небольшой базовый набор функций и множество рас-

ширений, реализующих более сложные функции. Производитель видеоадаптера обязан создать BIOS и драйверы, выполняющие базовые функции OpenGL, но не обязан обеспечивать поддержку всех расширений. Это порождает ряд проблем, связанных с написанием производителями драйверов для своих изделий, которые поставляются как в полном, так и в усеченном виде.

Устройство 3D-акселератора

Сегодня прогресс в области совершенствования видеоадаптеров значительно опережает по темпам роста и введению новых функций и блоков традиционные центральные процессоры. Практически разработчики уже начали перенос вычислительных процессов от центрального процессора на специализированные блоки графических процессоров видеоадаптеров. Рассмотреть даже кратко все новые веяния, которые появляются с регулярностью в полгода, вряд ли возможно в рамках этой книги. Поэтому рассмотрим базовые идеи построения 3D-устройств. Заметим, что несмотря на значительные различия в характеристиках и возможностях, все 3D-акселераторы имеют несколько обязательных, базовых элементов, обеспечивающих аппаратное ускорение основных этапов 3D-конвейера (рис. 14.25):

- геометрический процессор (Geometry Processor);
- механизм прорисовки (Rendering);
- видеопамять;
- цифроаналоговый преобразователь (RAMDAC) для аналогового интерфейса.

> ***Примечание***
>
> В наиболее мощных современных видеоадаптерах графический процессор содержит до 640 штук (блоков) упрощенных графических ускорителей, которые подключены к внутренней высокопроизводительной магистральной шине разрядностью до 1024 бит.

Геометрический процессор отвечает за 2—6 этапы (*см. разд. "Синтез трехмерного изображения"*) 3D-конвейера. В большинстве недорогих 3D-акселераторов геометрический процессор, предназначенный для аппаратного ускорения этапов 2—6 геометрической стадии конвейера, отсутствует, и его функции выполняет CPU. В лучшем случае такой акселератор имеет только механизм установки (*Setup Engine*), выполняющий преобразование

данных о вершинах граней, сортировку и отбрасывание задних граней (стадия *Triangle Setup*).

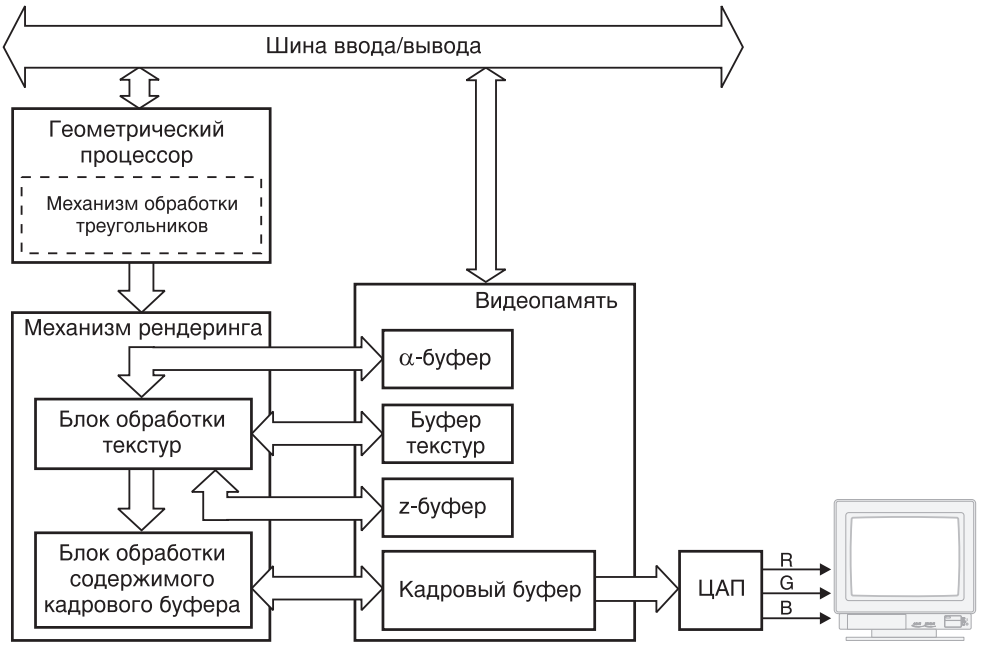


Рис. 14.25. Обобщенная структурная схема 3D-акселератора

Процесс прорисовки (рендеринга, закраски) является наиболее существенным и может быть разбит на 2 ступени: обработка элементов текстур (*Texel Engine*) и обработка элементов итогового кадра (*Pixel Engine*). На каждой из этих ступеней происходит работа со своим участком локальной памяти, называемым буфером. Кроме буферов кадра и текстур, обычно выделяется память для *z*-буфера, необходимого для корректного удаления скрытых поверхностей, а также для α-буфера, необходимого для эффективного выполнения альфа-смешения.

Размер кадрового буфера, по аналогии с видеопамятью обычного видеоадаптера VGA, определяет максимально допустимые разрешение изображения и число оттенков цветов. В большинстве акселераторов для ускорения работы используется метод двойной буферизации: кадровый буфер разбивается на передний (*Front buffer*) и задний (*Back buffer*) буферы. Пока выполняется отображение (передача в RAMDAC) первого, "переднего"

кадра, акселератор приступает к построению следующего кадра в заднем буфере. Благодаря этому обеспечивается более плавная и быстрая смена кадров.

3D-акселераторы фотореалистичной графики

Сегодня на рынке игровых 3D-акселераторов появились новые мощные устройства, обеспечивающие качественно новый, более высокий, уровень синтеза трехмерной сцены. Эти 3D-акселераторы в состоянии синтезировать изображение, обладающее следующими характеристиками:

- высоким разрешением — до 2048×1536;
- 32-битным цветом;
- очень высокой степенью детализации, обусловленной использованием сложных геометрических моделей и текстур больших размеров (до 2048× ×2048).

Изображение с такими характеристиками (рис. 14.26) настолько похоже на естественное, например, полученное при фотографировании, что возникло новое понятие — *фотореалистичная графика.*

Рис. 14.26. Пример фотореалистичного изображения

Для того чтобы достичь такого результата, характеристики основных элементов 3D-акселератора должны быть радикально улучшены. В качестве примера 3D-акселератора фотореалистичной графики рассмотрим структуру и основные параметры базовой модели акселераторов фотореалистичной графики — изделия канадской фирмы ATI Technologies (ныне принадлежит корпорации AMD) — видеоадаптера Radeon 256 (рис. 14.27). По нынешним временам это очень простой ускоритель (графический процессор), но можно сказать, что все новые решения выполнены на его основе.

Структура Radeon 256 имеет множество отличий от базовой структуры 3D-акселератора, наиболее существенными из которых являются следующие:

- как и все современные изделия — это мощный многофункциональный видеоадаптер, у которого ускорение 3D-графики — одна из множества функций, среди которых: аппаратное ускорение 2D-графики, ввод/вывод видеосигнала, формирование цифрового видеосигнала для управления плоскопанельными ЖК-мониторами, декодирование цифровых видеопотоков;
- благодаря наличию специального геометрического процессора *Charisma Engine* обеспечивается аппаратное ускорение функций, выполняемых на геометрической стадии 3D-конвейера: преобразование координат (при моделировании движения и вращения), расстановка источников света и расчет освещенности вершин граней (вертексов), позволяющая использовать до 8 источников света, отсечение невидимых граней, коррекция перспективы, преобразование формата представления данных о вершинах (замена чисел с плавающей точкой числами с фиксированной точкой), модификация граней в местах резкого изгиба поверхности (функция *Vertex Skinning*), интерполяция промежуточных кадров по ключевым кадрам (*KeyFrame Interpolation*), позволяющая быстро рассчитать анимационную картинку, основываясь только на начальном и конечном кадрах;
- значительно увеличены объем и скорость работы видеопамяти; на карте видеоадаптера может быть установлено до 128 Мбайт быстродействующей видеопамяти типа SDRAM/SGRAM или DDR SDRAM;
- разрядность шины памяти до 256;
- графическое ядро имеет ярко выраженную конвейерную архитектуру: два конвейера рендеринга, каждый из которых содержит по 3 блока (эта технология получила название *Pixel Tapestry*);
- аппаратная поддержка наиболее эффективных методов текстурирования: рельефное текстурирование, специальные методы наложения и сжатия текстур и др.

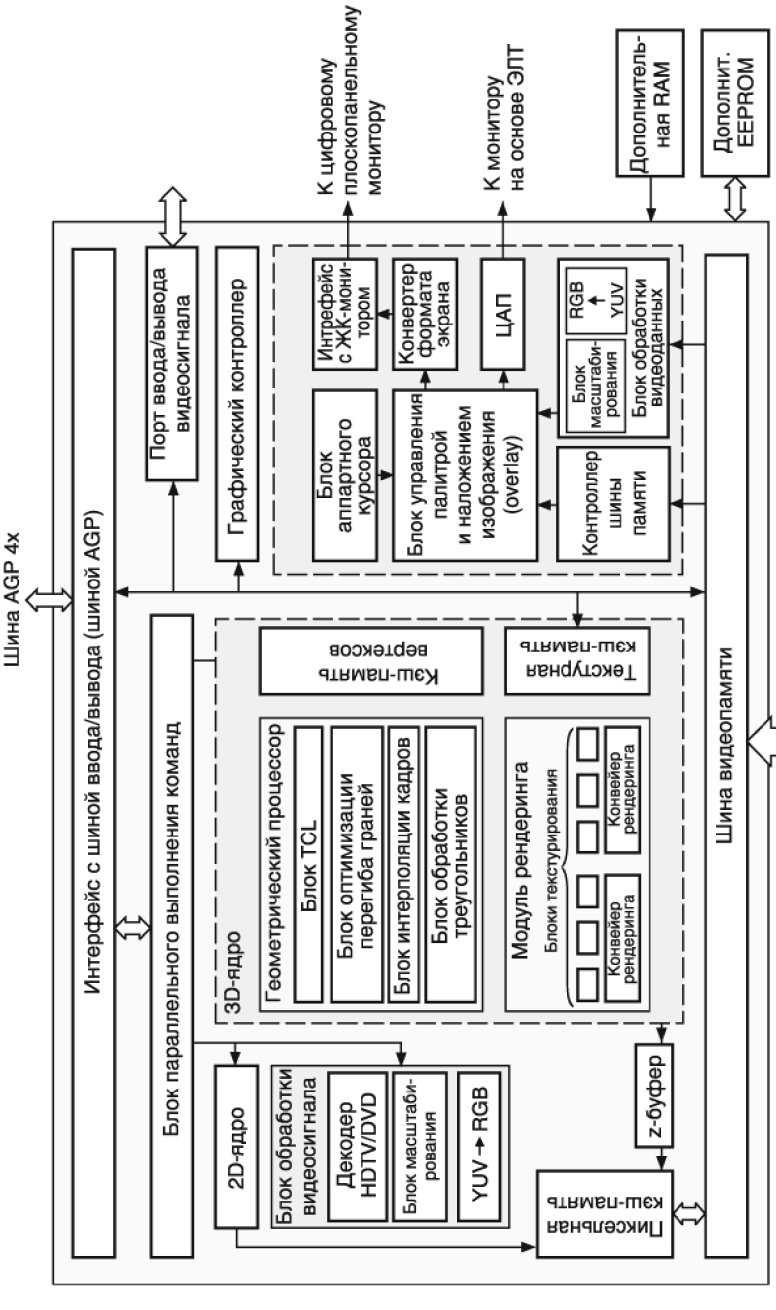


Рис. 14.27. Структурная схема видеоадаптера ATI Radeon 256

Так как расчет трехмерных изображений — это множество математических расчетов с плавающей запятой, то наиболее совершенные видеопроцессоры обзавелись и *математическим сопроцессором.* В дальнейшем число специализированных сопроцессоров стало стремительно увеличиваться, появилась специализация, когда одна группа сопроцессоров рассчитывает координаты вершин фигур, а другая, например, проверяет видимость точек для двумерной проекции. В результате, в современном видеопроцессоре может быть несколько сотен сопроцессоров, а сама архитектура GPU стала очень сложной и не похожей на традиционные решения для центральных процессоров (процессоров общего назначения). Для примера на рис. 14.28 показана модель конвейеров в GPU GeForce 8800, где маленькие квадратики, сгруппированные по 8 штук, с надписями SP (Special Processor) — это специализированные сопроцессоры (фактически это то, что мы рассматривали на рис. 14.25, но без блоков вывода данных на монитор).

Если подвести итог, то можно отметить, что сейчас на современном видеоадаптере устанавливается процессор, мало уступающий по производительности современному центральному процессору. Кроме того, следует отметить, что графический процессор умеет моделировать не только дву- и трехмерные изображения, но и, например, выполнять декомпрессию сжатых видеоданных при воспроизведении видеофильмов.

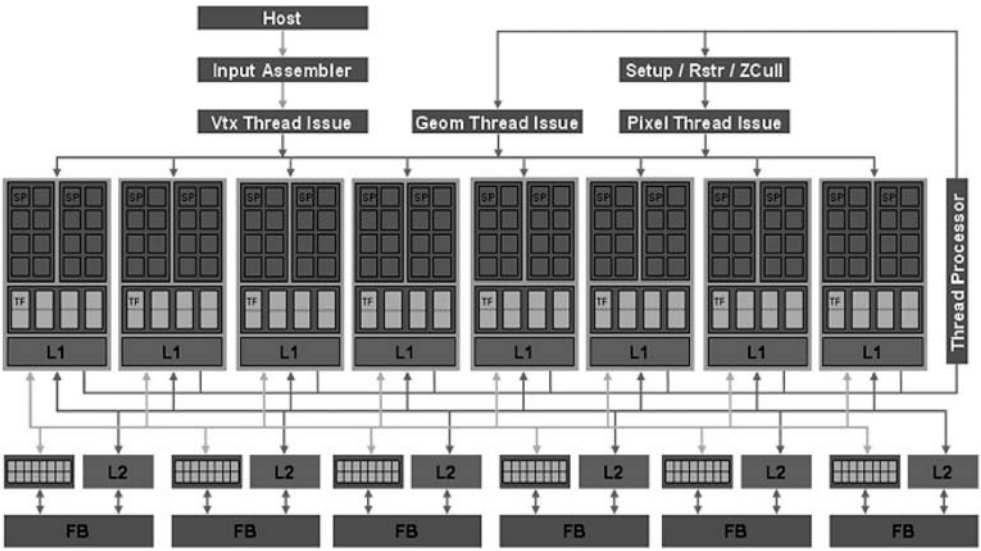


Рис. 14.28. Модель конвейеров в GPU GeForce 8800

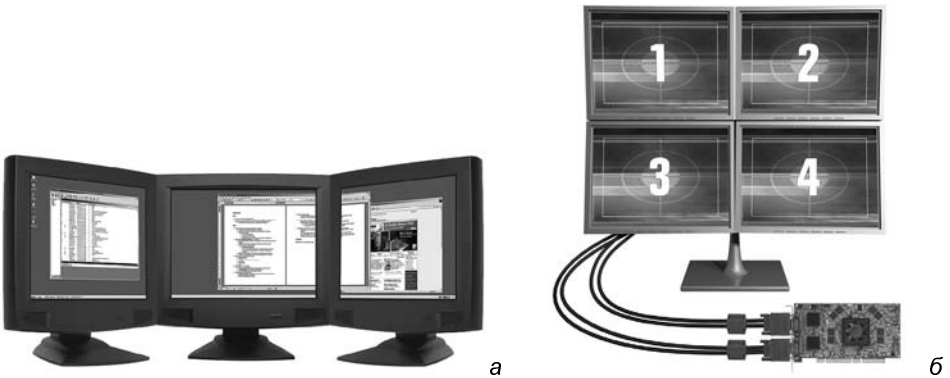
Несмотря на то, что эпоха 3D началась сравнительно недавно, современный рынок 3D-акселераторов различного класса испытывает невероятный бум. Но выделилось два лидера в этой области — AMD (ATI) и nVIDIA, а количество производимых ими продуктов настолько возросло, что разобраться во всем многообразии предлагаемых продуктов стало очень сложно. Если же учесть крайне агрессивную рекламу, которой сопровождается появление каждого нового изделия, то сделать правильный выбор становится еще труднее.

Мультимониторные системы

Пока не появилась шина PCI, персональный компьютер мог полноценно работать только с одним видеоадаптером, выводя изображение на один монитор, тогда как второй видеоадаптер на шине ISA мог параллельно работать только в текстовом режиме. Шина PCI позволила устанавливать в системе произвольное число видеоадаптеров. Учитывая это, начиная с Windows 98, корпорация Microsoft стала разрабатывать программное обеспечение с поддержкой мультимониторных систем.

При установке в персональный компьютер двух видеоадаптеров или одного видеоадаптера с двумя видеовыходами можно организовать более удобную работу с рядом приложений — чаще всего подобная возможность требуется при работе с графическими редакторами. В этом случае, скажем, на первичном мониторе (на него выводится информация BIOS при старте компьютера) осуществляется редактирование изображения, а на вторичном мониторе располагаются окна, используемые в работе палитр. Но можно применить второй монитор и для дублирования изображения. Кроме того, в системе может быть установлено до 9 видеоадаптеров, что позволяет, например, растянуть одно окно Windows на все мониторы для создания *видеостенки*. Мониторы разрешается группировать любым образом. Пример использования мультимониторных систем показан на рис. 14.29.

Как правило, все современные видеоадаптеры PCI Express (не низшей ценовой категории) позволяют подключать до двух мониторов. Для подключения большего количества мониторов желательно иметь системную плату с двумя слотами PCI Express x16. В тех случаях, когда нет возможности установить внутрь компьютера второй видеоадаптер, можно использовать специальный видеоадаптер для построения видеостенок. Он может быть выполнен как в виде платы для слотов PCI Express или PCI, так и в виде внешнего блока. Правда, цена подобных решений высока.



а *б*

Рис. 14.29. Мультимониторные системы:
а — распределение рабочего стола на три монитора при использовании видеоадаптера компании Matrox Parhelia; *б* — видеоадаптер Matrox Parhelia HR256 и видеостенка из четырех мониторов

Технологии SLI и CrossFire

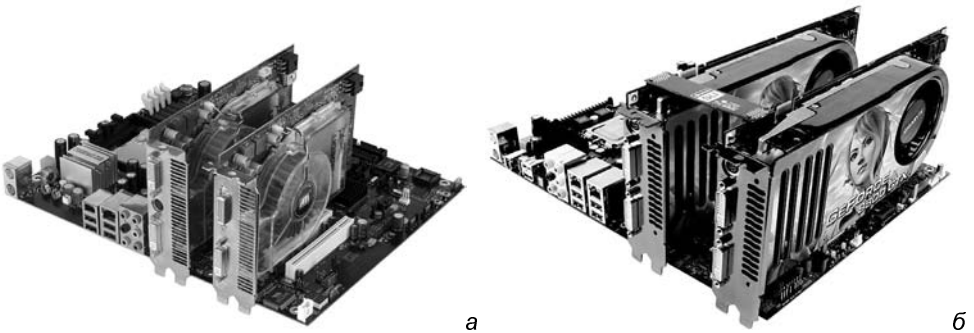
Неким зеркальным отражением мультимониторных систем является случай, когда два видеоадаптера работают на один монитор. В частности, корпорация nVIDIA предложила *технологию SLI* (Scalable Link Interface — масштабируемый интерфейс соединений), когда два видеопроцессора по-братски делят построение картинки на экране монитора, а корпорация AMD аналогичную технологию CrossFire.

Для использования технологии SLI на системную плату с двумя разъемами PCI Express допустимо установить два видеоадаптера на базе nVIDIA. Соединенные через разъем nVIDIA SLI, оба адаптера работают с одним монитором, обеспечивая повышенную производительность за счет перераспределения вычислительной нагрузки между двумя видеопроцессорами. Пример использования данной технологии показан на рис. 14.30, *б*.

Аналогично технологии SLI, компания AMD предложила технологию CrossFire, которая позволяет использовать два и более видеоадаптеров (видеопроцессоров) для обработки одного изображения. На рис. 14.30, *а* приведен вариант, когда на системную плату устанавливаются два видеоадаптера. Для примера на рис. 14.31 показана блок-схема работы технологии CrossFire.

Обратите внимание, что использование технологии CrossFire или SLI подразумевает повышенные требования к блоку питания компьютера, охлажде-

нию, модулям памяти и, кроме того, видеоадаптеры должны быть сертифицированы для работы в таком режиме. Не все видеоадаптеры поддерживают технологию nVIDIA SLI или AMD CrossFire. Проверьте сертификацию перед его приобретением. При самостоятельной сборке системы с двумя видеоадаптерами следует помнить, что оба они должны быть сертифицированы, так же как и системная плата. Кроме того, потребуется блок питания с повышенной мощностью. Для получения реального выигрыша в производительности необходимо использовать высокопроизводительные модули памяти.



а *б*

Рис. 14.30. Установка двух видеоадаптеров:
а — с технологией AMD CrossFire; *б* — с технологией nVIDIA SLI

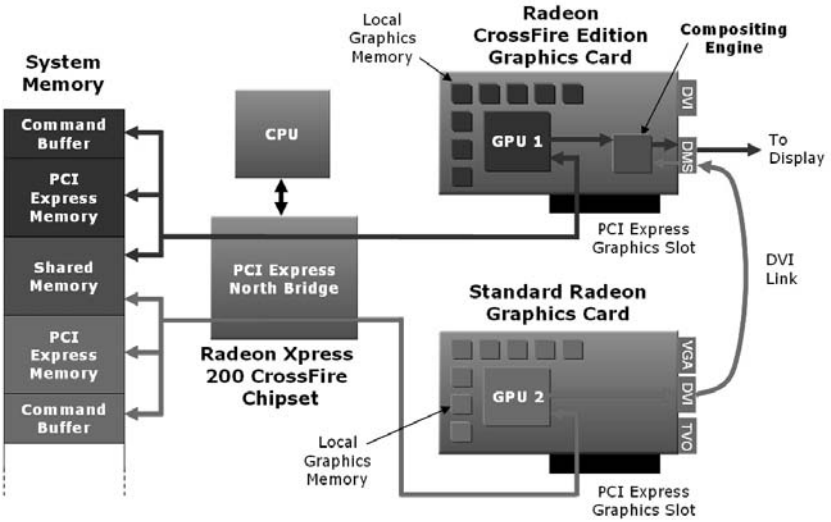


Рис. 14.31. Блок-схема работы видеоадаптеров с технологией CrossFire

Примечание

Использование технологий nVIDIA SLI и AMD CrossFire — это дорогостоящее решение, которое нужно только ограниченному кругу пользователей. Соответственно, при желании использовать ту или иную технологию необходимо перед покупкой изучить предлагаемый на сайтах корпораций технический материал.

TV-тюнер

Современные видеоадаптеры, помимо своей основной задачи, могут выполнять ряд дополнительных, мультимедийных функций. До недавнего времени традиционным считался подход, заключающийся в том, что более высокое качество изображения может быть обеспечено лишь при выполнении этих функций отдельными, специализированными устройствами. Эти устройства выполнялись в виде отдельных карт расширения PC и соединялись с видеоадаптером через шину ввода/вывода, разъем Feature Connector или с помощью специальных высокочастотных кабелей. Очевидно, что в этом случае перечисленные мультимедийные функции прямого отношения к видеоадаптеру не имеют.

В настоящее время ситуация кардинально изменилась: все большее распространение получает другой подход. Современные чипсеты для видеоадаптеров отличаются настолько высокой степенью интеграции, что большинство мультимедийных функций удобнее и дешевле реализовать на одном мощном графическом процессоре. В результате на рынке появились мощные унифицированные видеоадаптеры, способные решать практически любые задачи: от воспроизведения цифрового видео до аппаратного ускорения 3D-графики.

Итак, к мультимедийным функциям относятся следующие:

- прием телевизионных программ и просмотр их на экране монитора;
- прием радиопрограмм;
- ввод в PC отдельных кадров или целых видеофрагментов;
- формирование стандартного телевизионного сигнала (функция TV-Out);
- воспроизведение Video-CD и DVD в полноэкранном режиме и др.

Реализация последних трех функций, связанных с обработкой видеосигналов (как аналоговых, так и цифровых), — предмет отдельного разговора, выходящего за рамки данной книги. Поэтому в настоящем разделе рассмотрим лишь первые две мультимедийные функции.

Итак, что же необходимо для приема радио- и просмотра телевизионных программ на экране монитора PC? Оказывается, совсем не так много, как может показаться на первый взгляд.

Устройство TV-тюнера

В самом деле, какие устройства составляют основу телевизора? Это кинескоп, приемник телевизионного радиосигнала или телевизионный тюнер, блок обработки видеосигнала или декодер (модуль цветности) и блок разверток. Видеосистема PC содержит практически те же элементы, за исключением телевизионного тюнера.

Монитор VGA (SVGA) работает по такому же принципу, как и обычный телевизор. Принципиальное различие между ними состоит в том, что в первом используется прогрессивная (построчная) развертка, а во втором — чересстрочная; различаются также частоты кадров и строк. Другим важным отличием является тип видеосигнала: если видеоадаптер изначально формирует компонентный видеосигнал (т. е. RGB-сигнал), то *полный цветовой телевизионный сигнал* является *композитным* (совмещенным), и для выделения из него сигнала RGB в телевизоре используется специальный блок — декодер.

Таким образом, для приема телевизионных программ достаточно снабдить компьютер приемником телевизионного радиосигнала, декодером (модулем цветности), а также устройством преобразования типа развертки. Устройство, включающее в себя перечисленные блоки, называют *TV-тюнером*.

На рис. 14.32 представлена обобщенная структурная схема TV-тюнера, выполняющего прием и обработку телевизионного сигнала.

Модуль радиоканала осуществляет поиск высокочастотного радиосигнала, принятого антенной, его усиление, преобразование по частоте и детектирование (демодуляцию). На выходе радиоканала формируется телевизионный сигнал (ТВ-сигнал), содержащий сигнал яркости, сигналы цветности и синхронизации, а также частотно-модулированный сигнал звукового сопровождения. Селектор выделяет из видеосигнала импульсы кадровой и строчной синхронизации (*V-Sync* и *H-Sync*), декодер выделяет сигнал яркости и два *цветоразностных сигнала*.

Устройство и алгоритм работы декодера зависят от того, с какими системами цветного телевидения (PAL, NTSC или SECAM) совместим TV-тюнер. В частности, при приеме ТВ-сигнала системы PAL на выходе модуля цветности формируются сигналы Y, U и V. Наилучшим решением является использование универсального модуля цветности, поддерживающего все три системы.

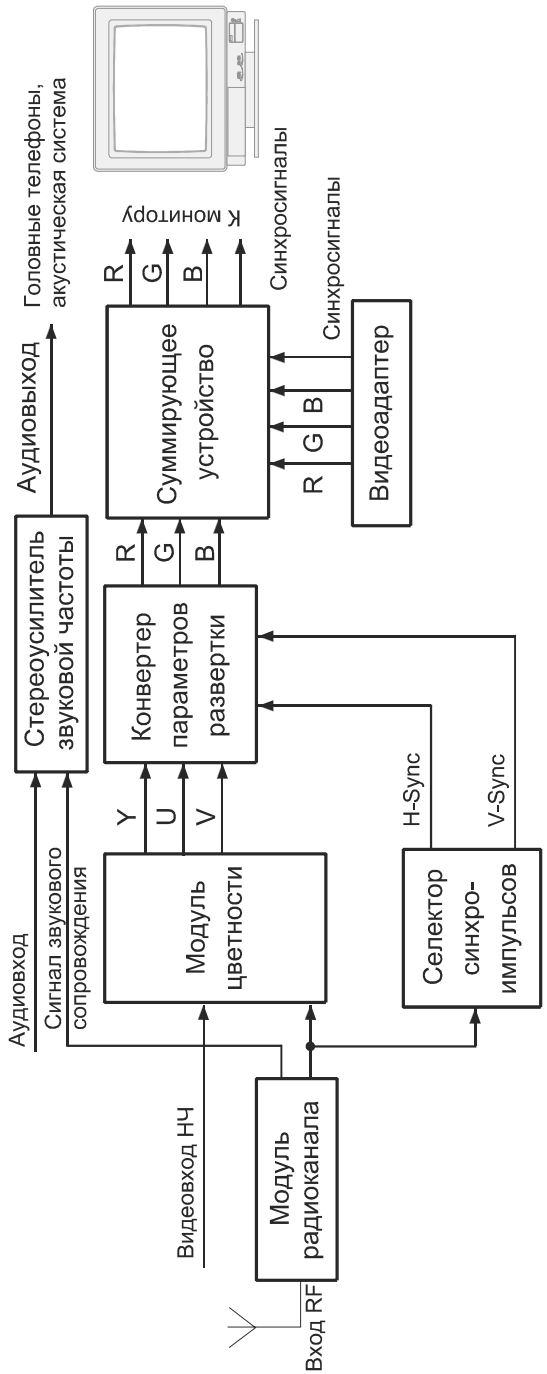


Рис. 14.32. Обобщенная структурная схема TV-тюнера

Таким образом, на выходе декодера формируется компонентный видеосигнал, однако его формат отличен от используемого в видеоадаптерах формата RGB. Для преобразования цветового пространства (формата представления), а также типа развертки (из чересстрочной в построчную) используется специальный конвертер. В его состав входят специальные фильтры, позволяющие устранить неприятный эффект мерцания изображения и снизить негативное влияние внешних помех, имеющихся в радиоканале, а также собственных шумов модуля радиоканала.

Сформированные и отфильтрованные сигналы R, G и B подаются на суммирующее устройство, в котором они объединяются с выходным сигналом видеоадаптера и затем поступают на монитор. Способ объединения определяет форму представления телевизионного изображения на экране монитора: на полном экране или в окне.

Рассмотрим перечисленные выше этапы обработки TV-тюнером телевизионного радиосигнала более подробно.

Принцип работы TV-тюнера

Прием и преобразование телевизионного сигнала

В подавляющем большинстве моделей TV-тюнера используют радиоприемники, выполненные на интегральных микросхемах фирмы Philips. Такой радиоприемник представляет собой малогабаритный экранированный блок с антенным гнездом и низкочастотным входом. В нем реализованы все перечисленные этапы обработки радиосигнала, вплоть до формирования сигналов *R*, *G*, *B*, сигнала звукового сопровождения, а также сигналов синхронизации. Подаваемый на вход радиоприемника сигнал может быть как высокочастотным (RF — *Radio Frequency*; в TV-тюнерах используется единый для метрового и дециметрового диапазонов антенный вход с волновым сопротивлением 75 Ом), так и низкочастотным (видеосигнал), поэтому в качестве источника изображения могут использоваться:

- приемная антенна;
- линия кабельного телевидения;
- видеомагнитофон, подключенный к антенному входу либо к низкочастотным входам типа RCA (видеосигнал и звук отдельно);
- видеокамера.

При подаче на вход TV-тюнера низкочастотного сигнала первые этапы его обработки (в радиоканале) исключаются, благодаря чему качество изображе-

ния оказывается выше. Входной видеосигнал может быть композитным или компонентным, при этом для каждого из них должен быть предусмотрен соответствующий входной разъем. Сигнал звукового сопровождения подается на отдельный вход Audio (если в PC установлена звуковая карта, звуковой сигнал подается на ее вход Line In).

Композитный видеовход представляет собой коаксиальный разъем типа RCA ("колокольчик" или "тюльпан"), по которому на вход тюнера подается полный цветной телевизионный сигнал. Он используется в бытовой видеоаппаратуре формата VHS (*Video Home System*).

Компонентный видеосигнал, как следует из его названия, предусматривает раздельную подачу сигнала яркости Y и сигналов цветности C и обозначается Y/C или S-Video. Раздельная подача сигналов Y и C позволяет повысить качество изображения за счет устранения типичных для композитного видеосигнала перекрестных искажений. Такой сигнал используется в полупрофессиональной видеозаписывающей аппаратуре формата S-VHS. В качестве соединителя используется 4-контактный разъем типа DIN.

Радиоприемник настраивается на требуемый телевизионный канал, усиливает, преобразует и производит демодуляцию телевизионного радиосигнала, выделяя из него низкочастотный видеосигнал. Настройка на телевизионные программы может осуществляться либо плавно на любую частоту диапазона, либо дискретно на одну из фиксированных частот. Первый вариант предпочтительнее, поскольку установленные производителем платы фиксированные частоты могут не совпадать с частотами местной телевизионной станции, особенно в дециметровом диапазоне.

Основной режим поиска программ и настройки — автоматический, под управлением программного обеспечения. Однако эти операции можно выполнить и вручную. В частности, можно самостоятельно выполнить точную настройку (она полезна при приеме слабых сигналов, когда система автоматической подстройки частоты малоэффективна).

После выделения видеосигнала декодер радиоприемника автоматически распознает систему цветного телевидения. Высококачественный TV-тюнер должен осуществлять прием цветного телевизионного сигнала трех основных систем: PAL, NTSC и SECAM, а также обеспечивать выбор требуемой звуковой поднесущей (в зависимости от региона и системы она может иметь два значения — 5,5 и 6,5 МГц). После декодирования сигнал яркости и цветоразностные сигналы преобразуются в сигналы основных цветов R, G и B.

Таким образом, на выходе радиоприемника формируются следующие сигналы:

- сигналы трех основных цветов R, G и B;
- кадровые и строчные синхроимпульсы;
- сигнал звукового сопровождения.

Преобразование параметров развертки

Сигналы R, G, B и синхросигналы поступают на вход преобразователя развертки, в котором телевизионные поля (полукадры) чересстрочной развертки преобразуются в полные кадры, необходимые для реализации построчной развертки на экране монитора. Кроме того, частоты кадров и строк преобразованного сигнала выбираются с учетом текущего режима работы видеосистемы PC. Следует отметить, что корректность выполнения этого преобразования очень сильно влияет на качество получаемого изображения. В дорогостоящих моделях TV-тюнеров на этом этапе используется так называемый *фильтр мерцаний* (Flicker Filter), позволяющий устранить характерные для телевизионного изображения дефекты, вызванные чересстрочной разверткой.

Смешение RGB- и TB-сигналов

Дальнейший алгоритм работы TV-тюнера зависит от способа смешения сигнала, соответствующего принятому телевизионному изображению, с выходным сигналом видеоадаптера. Это смешение может выполняться либо в аналоговом, либо в цифровом виде, с предварительным аналого-цифровым преобразованием выходного сигнала радиоприемника.

Аналоговое смешение

Аналоговое смешение конструктивно реализовать проще и дешевле, однако оно не обеспечивает изображения высокого качества, а также возможности просмотра телепрограмм в окне Windows. При цифровом смешении принятый телевизионный сигнал перед смешением должен быть оцифрован. Это усложняет аппаратную реализацию TV-тюнера, но позволяет осуществлять эффективное смешение двух сигналов и использовать многочисленные эффекты и удобные сервисные функции. Кроме того, появляется возможность осуществлять ввод в PC как отдельных кадров телевизионного изображения, так и коротких видеосюжетов.

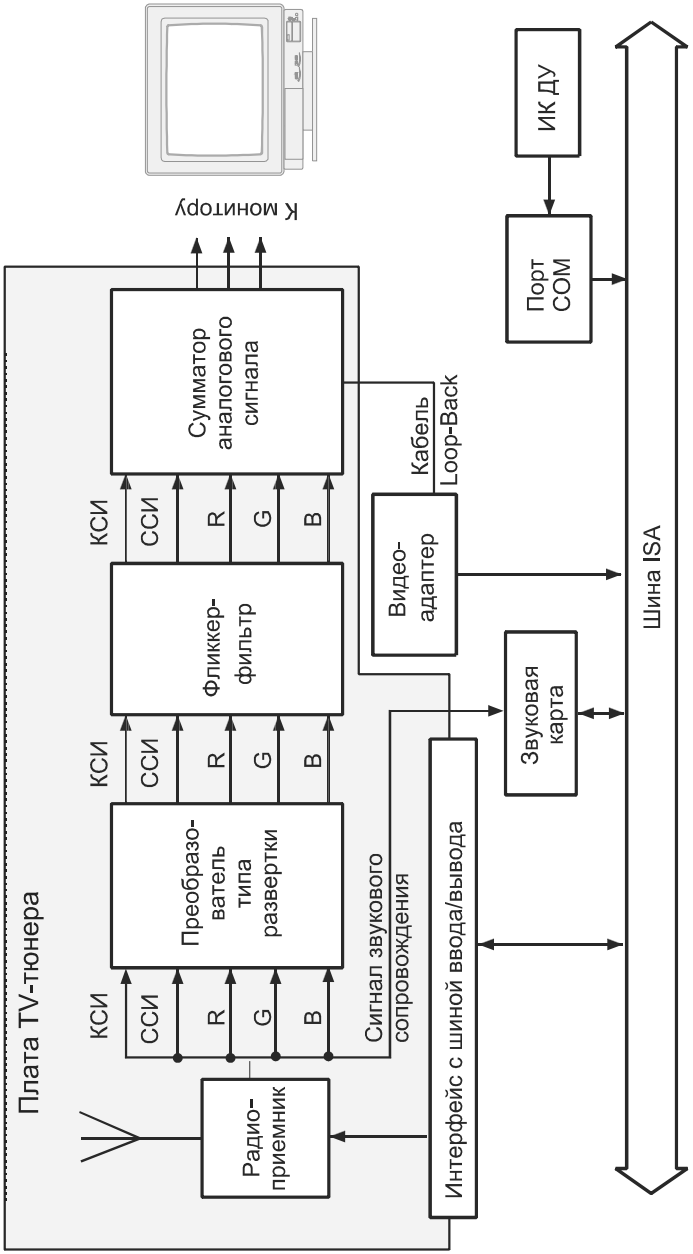


Рис. 14.33. Структурная схема TV-тюнера с аналоговым смешением

Способ выполнения смешения предопределяет и способ соединения TV-тюнера с видеоадаптером.

При аналоговом смешении TV-тюнер, выполненный на отдельной плате, соединяется с видеоадаптером специальным кабелем типа *LoopBack* (от англ. Loop Back — обратная петля). В этом случае видеосигнал с TV-тюнера как бы "врезается" в выходной сигнал видеоадаптера или вовсе заменяет его. Поскольку "врезку" видеосигнала в выходной сигнал видеоадаптера выполнить довольно сложно, в недорогих моделях сигнал видеоадаптера просто заменяется видеосигналом с выхода TV-тюнера. Поэтому просмотр телепрограмм в окне с помощью такого TV-тюнера невозможен. При использовании совмещенной с видеоадаптером платы LoopBack-кабель не нужен.

TV-тюнеры с аналоговым смешением не предъявляют особых требований к быстродействию PC, т. к. через шину ввода/вывода передаются только команды управления тюнером, а основной поток информации в аналоговом виде поступает через LoopBack-кабель. Поэтому такие отдельные платы TV-тюнеров устанавливаются, как правило, в стандартный слот шины ISA или PCI. Структурная схема TV-тюнера с аналоговым смешением, выполненного в виде отдельной карты расширения, приведена на рис. 14.33.

Цифровое смешение

При цифровом смешении необходим специальный канал, по которому оцифрованный телевизионный сигнал будет подаваться на видеоадаптер (в том случае, если TV-тюнер и видеоадаптер выполнены как раздельные платы). В качестве такого канала могут использоваться:

- 26-контактный кабель, подключаемый к разъему Feature Connector видеоадаптера (таким разъемом снабжен практически каждый видеоадаптер SVGA);
- шина PCI.

В последнем случае через шину передается значительный информационный поток. Большинство операций по смешению, обработке изображения, созданию специальных эффектов и обеспечению сервисных функций (например, несколько окон предварительного просмотра разных ТВ-программ) выполняет центральный процессор PC. Поэтому компьютер должен обладать достаточной производительностью.

Для управления процессом передачи информации через шину ввода/вывода необходимо соответствующее программное обеспечение. В частности, для

таких TV-тюнеров в системе, как правило, должен быть установлен интерфейс прикладных программ DirectX.

Очевидно, что наиболее широкие функциональные возможности и лучшее качество изображения в настоящее время могут обеспечить TV-тюнеры с цифровым смешением (рис. 14.34).

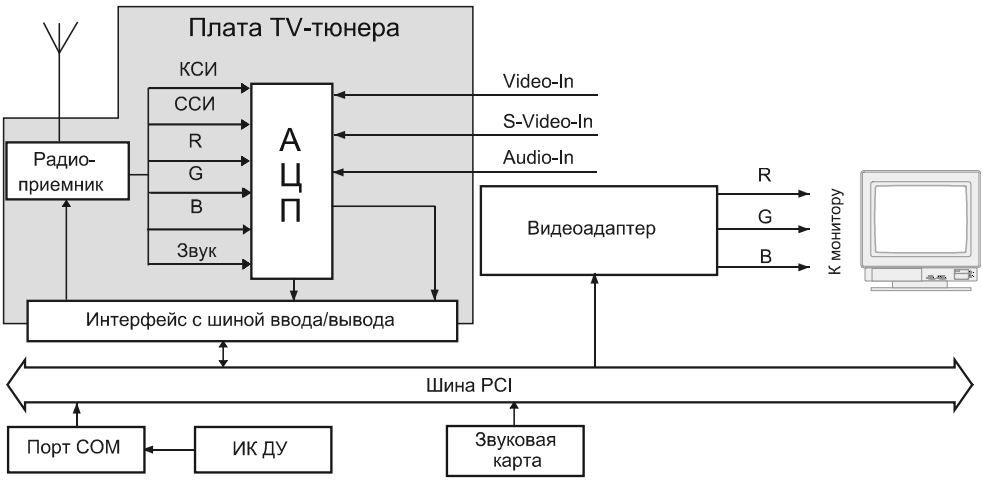


Рис. 14.34. Структурная схема TV-тюнера с цифровым смешением

Захват отдельных кадров и ввод видеосигналов

Возможности TV-тюнеров по захвату отдельных кадров и вводу видеосюжетов подобны соответствующим функциям специализированных плат ввода/вывода видеосигналов. Однако нельзя сказать, что это равноценные устройства, особенно с точки зрения качества оцифровки видеоизображения. У плат ввода/вывода это основная функция; в процессе ввода они осуществляют сжатие видеоинформации (в частности, используется метод M-JPEG), а также выполняют ряд других функций, связанных с цифровой обработкой изображений. Они позволяют получить видеосюжет длительностью несколько десятков минут с высоким качеством изображения.

У TV-тюнеров, напротив, возможность ввода видеосигнала является дополнительной, поэтому в их структуре не предусмотрены средства аппаратного сжатия видеосигнала. Поскольку пропускная способность шины ввода/вывода ограничена, то весьма низкими оказываются и параметры оцифрованно-

го видеоизображения (разрешение и частота кадров). В частности, TV-тюнеры осуществляют ввод видеосигналов в формате AVI (*Audio-Video Interleaved*), в котором сжатие видео- и аудиоинформации практически отсутствует. По этой причине максимальное разрешение вводимого сюжета при частоте 30 кадров/с не превышает 320×240 пикселов. Если же увеличить разрешение, система может не справиться с потоком данных, что неминуемо приведет к выпадению кадров из видеоряда.

Дистанционное управление

Непременным атрибутом телевизора является пульт инфракрасного дистанционного управления (ИК ДУ). Снабжены таким устройством и большинство TV-тюнеров. Приемники ИК ДУ обычно подключаются к PC через стандартный последовательный порт; в некоторых моделях предусмотрена возможность подключения к специальному разъему на плате TV-тюнера.

Прием радиопрограмм

Многие модели TV-тюнеров позволяют принимать не только телевизионные, но и радиовещательные стереопрограммы в диапазоне частот 87—108 МГц FM (*Frequency Modulation* — частотная модуляция). Поскольку для кодирования звукового сигнала в телевидении также используется частотная модуляция, реализация этой функции не требует каких-либо значительных доработок радиоприемника. Если в TV-тюнере используется цифровое смешение сигнала, то, как правило, предусматривается возможность и оцифровки звуковых сигналов и их записи в файлы формата WAV. При этом возможен выбор частоты дискретизации (11, 22 или 44 кГц) и разрядности представления данных (8 или 16 бит).

Все TV-тюнеры оборудуются аналоговым аудиовыходом. Сигнал с него может быть подан либо на звуковую карту, либо на внешний усилитель.

Глава 15

Звуковая карта

Даже первые PC существенно отличались от калькуляторов и больших ЭВМ тем, что они могли издавать звуки с помощью маленького динамика, установленного в их корпусе. И хотя акустические возможности PC были более чем скромными, уже на заре компьютерной эры появились музыкальные редакторы, с помощью которых можно было создать "звуковой файл" для подключения к той или иной программе.

С появлением в 1989 г. звуковой карты перед пользователями открылись новые возможности PC. И дело даже не в том, что на порядок улучшилось качество звука. Появилась новая (*звуковая*) *подсистема PC* (далее система PC) — комплекс программно-аппаратных средств, предназначенный для следующих целей:

- записи звуковых сигналов, поступающих от внешних источников, например, микрофона или магнитофона. В процессе записи входные аналоговые звуковые сигналы преобразуются в цифровые и далее могут быть сохранены на винчестере PC;
- воспроизведения записанных ранее звуковых данных с помощью внешней акустической системы или головных телефонов (наушников);

> ***Примечание***
>
> При воспроизведении звуковой сигнал считывается с винчестера (или другого носителя информации), преобразуется из цифрового в аналоговый и направляется к акустической системе.

- микширования (смешивания) при записи или воспроизведении сигналов от нескольких источников;
- одновременной записи и воспроизведения звуковых сигналов (режим работы звуковой системы, в котором каналы записи и воспроизведения задействованы параллельно, называется *Full Duplex*);

- обработки звуковых сигналов: редактирования, объединения или разделения фрагментов сигнала, фильтрации, изменения его уровня и т. п.;
- обработки звукового сигнала в соответствии с алгоритмами объемного (трехмерного — *3D Sound*) звучания, что позволяет получить объемное звуковое поле даже при использовании обычной стереофонической акустической системы;
- генерирования с помощью синтезатора звучания музыкальных инструментов (мелодичных и ударных), а также человеческой речи и любых других звуков;
- управления работой внешних электронных музыкальных инструментов (ЭМИ) через специальный интерфейс MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*);
- воспроизведения звуковых компакт-дисков;
- выполнения таких операций, как управление PC и ввод текста с помощью микрофона (для этого пока необходимо специальное программное обеспечение). В настоящее время это можно делать в Windows Vista и выше, но только в англоязычной версии.

Звуковая система PC может быть выполнена в виде самостоятельных *звуковых карт*, устанавливаемых в слот материнской платы, либо интегрирована в чипсет материнской платы.

В классическую звуковую систему (рис. 15.1) входят:

- модуль записи и воспроизведения звука;
- модуль синтезатора;

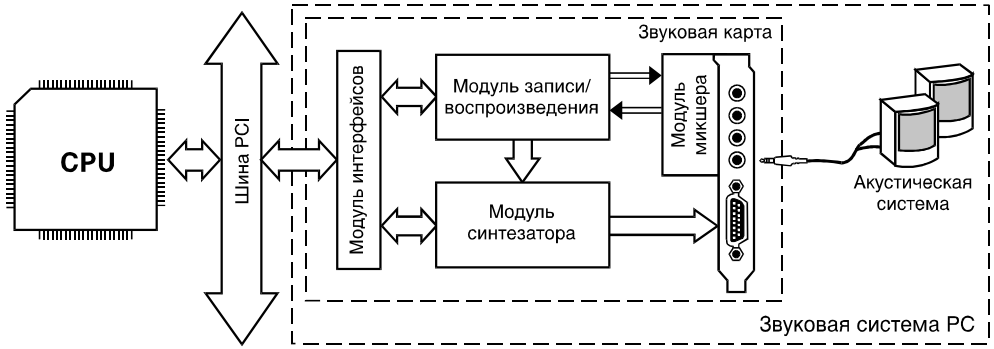


Рис. 15.1. Звуковая система PC

- модуль интерфейсов;
- модуль микшера;
- акустическая система.

Первые четыре модуля, как правило, устанавливаются на звуковой карте. В зависимости от ее класса некоторые из них могут отсутствовать. Так, например, существуют звуковые карты без модуля синтезатора или модуля записи/воспроизведения цифрового звука.

> ***Примечание***
>
> Сегодня понятие "звуковая карта" применимо, как правило, к устаревшим компьютерам, т. к. подсистема звука интегрирована в чипсет материнской платы. Но, в то же время, для высококачественного воспроизведения звука используются дорогостоящие отдельные звуковые карты. Но чтобы не делать многочисленных оговорок, ниже для всех случаев используются термины "звуковая карта" и "звуковая подсистема", которые являются синонимами.

Модуль записи и воспроизведения

Звук, с точки зрения акустики, представляет собой продольные волны сжатия и разряжения, свободно распространяющиеся в воздухе или иной среде, поэтому звуковое давление (звуковой сигнал) непрерывно изменяется во времени и в пространстве.

Запись звука — это сохранение информации о колебаниях звукового давления в момент записи. В настоящее время для записи и передачи информации о звуке используются аналоговые и цифровые сигналы. Другими словами, звуковой сигнал может быть представлен в аналоговой или цифровой форме.

Чтобы получить звуковой сигнал в аналоговой форме, достаточно воспользоваться микрофоном (рис. 15.2).

В этом случае изменению звукового давления в некоторой точке среды будут соответствовать пропорциональные изменения другой физической величины — электрического напряжения, которое станет "носителем" информации о звуке. Напомним, что амплитуда звуковой волны определяет громкость звука, а ее частота — высоту звукового тона, поэтому для сохранения достоверной информации о звуке напряжение электрического сигнала должно

быть пропорционально звуковому давлению, а его частота должна точно соответствовать частоте колебаний звукового давления.

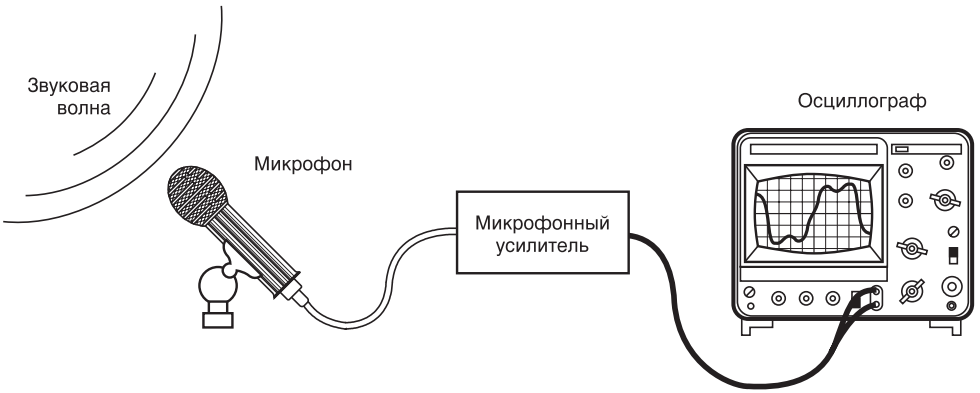


Рис. 15.2. Преобразование звукового давления в электрический сигнал

Чтобы получить звуковой сигнал в цифровой форме, необходимо в дискретные моменты времени измерять значение звукового давления, причем чтобы правильно передать форму сигнала, эти измерения надо проводить достаточно часто — не менее нескольких раз за период самой высокочастотной составляющей звукового сигнала. Полученная последовательность чисел будет новой формой представления исходных колебаний звукового давления.

На вход звуковой карты PC звуковой сигнал подается в аналоговой форме. А поскольку PC оперирует только цифровыми сигналами, исходный аналоговый сигнал перед использованием должен быть преобразован в цифровой. В свою очередь, акустическая система воспринимает только аналоговые электрические сигналы, поэтому на выходе звуковой карты должен быть получен звуковой сигнал в аналоговой форме. Поэтому модуль записи и воспроизведения звуковой системы как раз и осуществляет аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразование в режиме программной передачи звуковых данных или передачи их по каналам DMA.

Аналого-цифровое преобразование

Преобразование звукового сигнала из аналогового в цифровой происходит в несколько этапов (рис. 15.3).

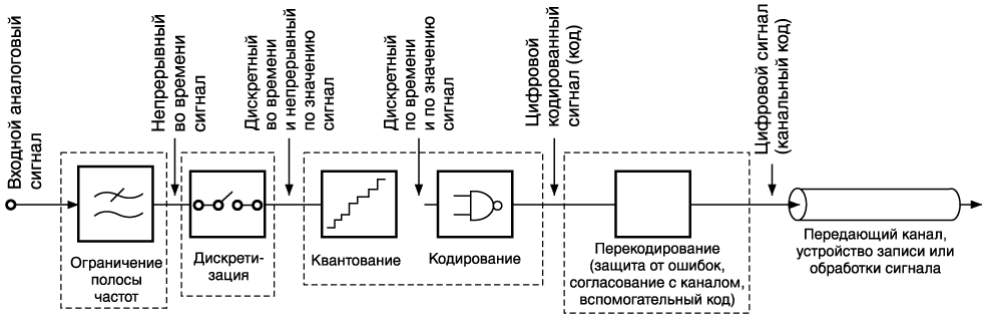


Рис. 15.3. Схема преобразования звукового сигнала из аналогового в цифровой

Сначала аналоговый звуковой сигнал источника подается на аналоговый фильтр, который ограничивает полосу частот сигнала.

Далее осуществляется *дискретизация*, т. е. выборка отсчетов аналогового сигнала с заданной периодичностью. Периодичность отсчетов определяется частотой дискретизации. В свою очередь, частота дискретизации должна быть не менее удвоенной частоты наивысшей гармоники (частотной составляющей) исходного звукового сигнала. В противном случае оцифрованный звуковой сигнал нельзя будет преобразовать в аналоговый, точно соответствующий исходному сигналу.

Поскольку человек способен слышать звуки, частота которых находится в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, следовательно, максимальная частота дискретизации исходного звукового сигнала должна составлять не менее 40 кГц, т. е. отсчеты требуется проводить 40 000 раз в секунду. В большинстве современных звуковых подсистем PC максимальная частота дискретизации звукового сигнала составляет 44,1 или 48 кГц.

Одновременно с дискретизацией осуществляется *квантование* отсчетов по амплитуде — мгновенные значения амплитуды измеряются и преобразуются в цифровой код. При этом точность измерения зависит от количества разрядов кодового слова. Если значения амплитуды записать с помощью двоичных чисел и задать длину кодового слова N разрядов, то количество возможных значений кодовых слов будет равно 2^N. Столько же может быть и уровней квантования амплитуды отсчета. Например, если значение амплитуды отсчета представляется 16-разрядным кодовым словом, то максимальное количество градаций амплитуды (уровней квантования) составит $2^{16} = 65\,536$. Для 8-разрядного представления, соответственно, получим $2^8 = 256$ градаций амплитуды. На рис 15.4 показан процесс квантования по уровню аналогового сиг-

нала, причем мгновенные значения амплитуды кодируются 3- (рис. 15.4, *а*) и 4-разрядными (рис. 15.4, *б*) числами.

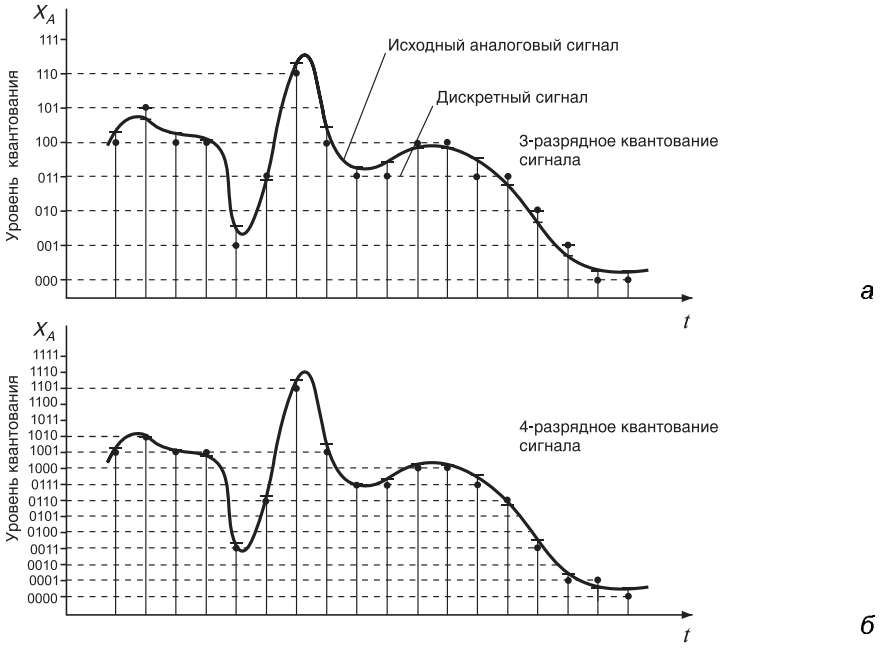


Рис. 15.4. Дискретизация по времени и квантование по уровню аналогового сигнала

При аналого-цифровом преобразовании каждый бит кодового слова примерно соответствует 6 дБ. Следовательно при 8-разрядном представлении амплитуды отсчета можно получить динамический диапазон 48 дБ, что соответствует качеству звучания кассетного магнитофона, а при 16-разрядном — 96 дБ, т. е. 32 767 уровней квантования (один бит отводится для знака числа), что уже соответствует качеству воспроизведения компакт-дисков.

Аналого-цифровое преобразование осуществляется специальным электронным устройством — *аналого-цифровым преобразователем* (АЦП), в котором дискретные отсчеты сигнала преобразуются в последовательность чисел, причем поток цифровых данных, представляющих аналоговый сигнал, включает как полезные, так и нежелательные высокочастотные компоненты и помехи. Для фильтрации высокочастотных помех полученные цифровые данные пропускаются через цифровой фильтр с высокой крутизной амплитудно-частотной характеристики и малыми фазовыми искажениями.

Цифроаналоговое преобразование

Цифроаналоговое преобразование в общем случае происходит в два этапа (рис. 15.5). На первом этапе из потока цифровых данных с помощью цифроаналогового преобразователя (ЦАП) выделяют отсчеты сигнала, следующие с частотой дискретизации. На втором этапе из дискретных отсчетов путем сглаживания (интерполяции) формируется непрерывный аналоговый сигнал. Это делает фильтр низкой частоты, который подавляет периодические составляющие спектра дискретного сигнала.

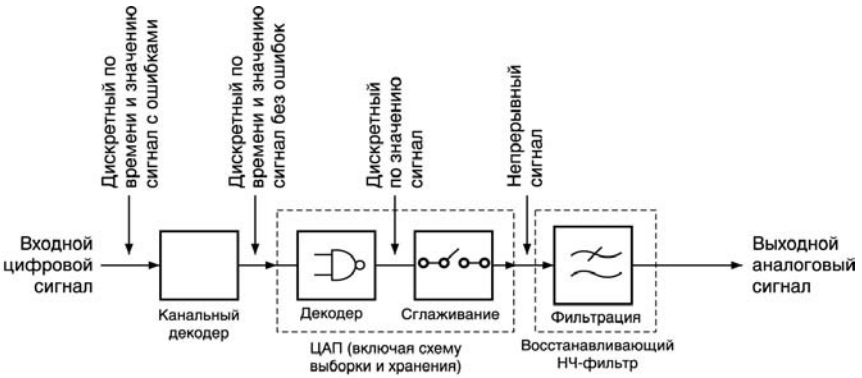


Рис. 15.5. Схема цифроаналогового преобразования

Кодирование звуковых данных

Для записи и хранения звукового сигнала в цифровой форме требуется большой объем дискового пространства. Чем выше требования к качеству записываемого звука, тем больше должна быть емкость носителя. Например, стереофонический звуковой сигнал длительностью 60 с, оцифрованный с частотой дискретизации 44,1 кГц, при 16-разрядном квантовании для хранения потребует на винчестере около 10 Мбайт. Кроме того, при записи высококачественного звукового сигнала в реальном времени возникают дополнительные требования к производительности (пропускной способности) канала звукозаписи — все устройства, формирующие этот канал, должны успевать обрабатывать поток данных, поступающих на его вход.

Существенно снизить объем цифровых данных, необходимых для представления звукового сигнала с заданным качеством, можно с помощью *компрес-*

сии, т. е. путем уменьшения количества отсчетов и уровней квантования или числа бит, приходящихся на один отсчет.

Благодаря особенностям восприятия звука человеком можно с помощью специальных методов *компрессии данных с потерями* сжимать звуковые данные, используя спектральные свойства оцифрованных музыкальных и речевых сигналов. При применении таких методов не ставится цель абсолютно точного восстановления исходных звуковых колебаний. Главная задача — достижение максимального сжатия звукового сигнала при минимальных субъективно слышимых (или неслышимых) искажениях восстановленного сигнала. Методы кодирования звуковых данных позволяют сократить объем потока информации почти до 20% от первоначального. При этом используются довольно сложные кодирующие устройства.

Выбор метода кодирования при записи звукового фрагмента зависит от набора программ сжатия, установленных в операционной системе PC — *кодеков* (кодирование-декодирование). Программы аудиосжатия поставляются вместе с программным обеспечением звуковой карты или могут входить в состав операционной системы.

Характеристики модуля записи и воспроизведения

Модуль записи и воспроизведения цифрового звука включает АЦП, ЦАП и блок управления, которые, как правило, интегрированы в одну микросхему, называемую *кодеком*.

Основными характеристиками этого модуля являются:

- частота дискретизации;
- тип и разрядность АЦП и ЦАП;
- способ кодирования аудиоданных;
- возможность работы в режиме *Full Duplex.*

Частота дискретизации

Частота дискретизации определяет максимальную частоту записываемого или воспроизводимого сигнала. Так, для записи и воспроизведения человеческой речи достаточно 6—8 кГц, для записи и воспроизведения музыки с не-

высоким качеством — 20—25 кГц, для обеспечения высококачественного звучания (качества аудиокомпакт-диска) частота дискретизации должна быть не менее 44 кГц.

Частоту дискретизации сигнала, обеспечиваемую большинством звуковых карт, можно повысить, если вместо стереофонического сигнала с частотой дискретизации 22 кГц использовать монофонический сигнал с частотой дискретизации 44 кГц. Подобное решение было впервые реализовано в звуковой карте Sound Blaster Pro (изготовитель — фирма Creative Labs).

Практически все звуковые карты поддерживают запись и воспроизведение стереофонического звукового сигнала с частотой дискретизации 44,1 или 48 кГц.

Разрядность

Разрядность АЦП и ЦАП определяет разрядность представления цифрового сигнала (8, 16 бит и более), динамический диапазон (выраженное в децибелах отношение максимального и минимального уровней) и уровень шумов квантования. 8-разрядные АЦП и ЦАП обеспечивают качество звука, близкое к качеству звука в телефонной линии, и в настоящее время не используются. Подавляющее большинство звуковых карт оснащено 16-разрядными АЦП и ЦАП.

Некоторые современные звуковые карты оснащаются 20- и даже 24-разрядными АЦП и ЦАП, что существенно повышает качество записи/воспроизведения звука. Такие звуковые карты теоретически можно отнести к классу Hi-Fi, которые должны обеспечивать студийное качество звучания. Однако на практике другие элементы тракта звукозаписи понижают качество записи звука.

Full Duplex

Важной характеристикой модуля записи и воспроизведения звука является возможность одновременной записи и воспроизведения звукового сигнала. Существуют три режима передачи данных по какому-либо каналу (тракту), определяющие направление передачи сигнала (рис. 15.6): симплекс, полудуплекс и дуплекс, причем последний чаще называют *Full Duplex* (полный дуплекс).

В симплексном режиме данные передаются по каналу только в одном направлении. В полудуплексном режиме в течение одного промежутка вре-

мени данные передаются в одном направлении, а в течение другого — в обратном. В дуплексном режиме данные передаются одновременно в обоих направлениях.

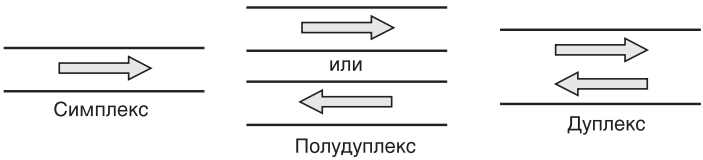


Рис. 15.6. Направления передачи данных в различных режимах

В режиме Full Duplex звуковая система может одновременно принимать (записывать) и передавать (воспроизводить) аудиоданные.

Модуль синтезатора

Электромузыкальный цифровой синтезатор (далее — синтезатор) звуковой подсистемы позволяет генерировать практически любые звуки, в том числе и звучание реальных музыкальных инструментов.

Принцип синтезирования заключается в воссоздании структуры музыкального тона (ноты). Созданный с помощью музыкального инструмента звуковой сигнал, как правило, имеет несколько временных фаз (рис. 15.7). Например, при нажатии клавиши рояля амплитуда звукового сигнала сначала максимальна, а затем немного уменьшается. Эта фаза называется *атакой*. Длительность атаки для разных музыкальных инструментов изменяется в пределах от единиц до нескольких десятков или даже до сотен миллисекунд. После атаки начинается следующая фаза, называемая *поддержкой*, в течение которой амплитуда сигнала почти не изменяется. Высота музыкального тона формируется во время поддержки. Последней фазе (*затуханию*) соответствует участок достаточно быстрого уменьшения амплитуды сигнала. Совокупность этих фаз называется *амплитудной огибающей*.

Форма амплитудной огибающей зависит от типа музыкального инструмента, но выделенные фазы характерны для звуков практически всех музыкальных инструментов (за исключением ударных).

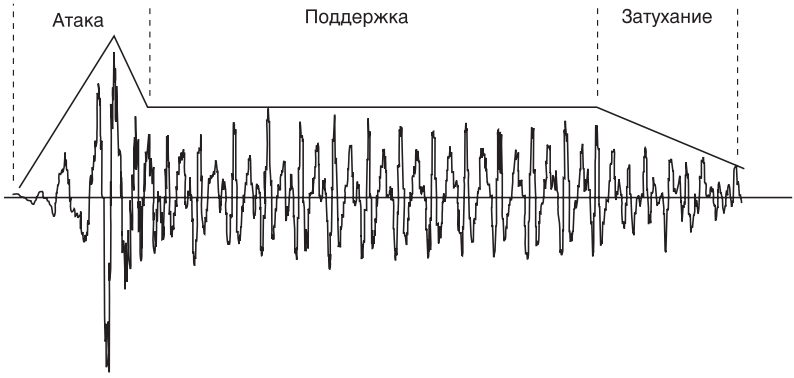


Рис. 15.7. Фазы звукового сигнала

В общем случае технология создания звука (голоса инструмента) в современных синтезаторах (рис. 15.8) заключается примерно в следующем. С помощью цифрового устройства, использующего один из методов синтеза, генерируется так называемый сигнал возбуждения с заданной высотой звука (нота). Сигнал возбуждения должен иметь спектральные характеристики, максимально близкие к характеристикам имитируемого музыкального инструмента на стадии поддержки. Далее сигнал возбуждения подается на фильтр, имитирующий амплитудно-частотную характеристику реального музыкального инструмента (тембровая окраска). На другой вход фильтра поступает сигнал амплитудной огибающей, характерный для данного типа музыкального инструмента. После этого сигнал можно дополнительно обработать с целью получения специальных звуковых эффектов, например, эха в помещении (электронный музыкальный эффект, называемый *реверберацией*), звучания хора (эффект *хорус*) и т. п.

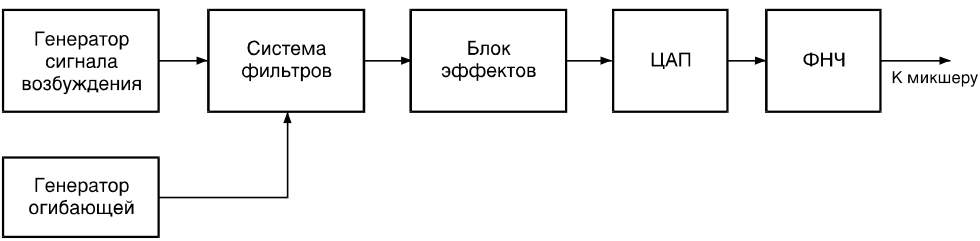


Рис. 15.8. Создание голоса инструмента в современных синтезаторах

В настоящее время на звуковых картах устанавливаются синтезаторы, генерирующие звук с использованием:

- частотной модуляции (*Frequency Modulation Synthesis*) — FM-синтеза;
- таблицы волн (*Wave Table Synthesis*) — WT-синтеза;
- физического моделирования.

Синтез звука на основе частотной модуляции

Любой звук характеризуется высотой (основного тона) и дополнительными гармониками — обертонами, — определяющими тембр звучания конкретного тона. Высота звука зависит от частоты основного тона. Обертоны, даже если их сила велика, на ощущение высоты звука влияют мало, но придают ему своеобразную окраску. Способность человеческого уха разложить сложный звук на гармонические составляющие (основной тон и обертоны) позволяет различать звуки, например, отличить ноту **до**, взятую на кларнете, от той же ноты, взятой на рояле.

Таким образом, если синтезировать сигналы основного тона и обертонов, присущих звучанию конкретного инструмента, можно имитировать звук практически любой ноты этого инструмента.

В простейшем случае для генерации голоса музыкального инструмента достаточно двух генераторов сигналов сложной формы: генератора несущей частоты и модулирующего генератора (рис. 15.9). Генератор несущей частоты формирует сигнал основного тона, частотно-модулированный сигналом обертонов. Модулирующий генератор (генератор огибающей) управляет индексом модуляции сигнала основного тона и амплитудой результирующего сигнала. Управление генераторами (настройка частоты, выбор формы амплитудной огибающей, режим работы и т. п.) осуществляется путем подачи на его вход цифрового кода. Эти генераторы называются *операторами*.

Такой способ не позволяет получить много спектральных составляющих звукового сигнала, поэтому в реальных FM-синтезаторах используются не два, а шесть и более операторов, модулирующих друг друга. При этом создание новых звуков осуществляется на основе эмпирических методов путем выбора определенных соотношений частот и схем соединения операторов. Варианты соединения операторов называют *FM-алгоритмами*. В первых звуковых картах использовался двухоператорный синтез, т. е. в создании голоса одного

инструмента (тембра) участвовало только два генератора. FM-синтезаторы современных звуковых карт могут работать в двух-, четырех- и т. д. операторных режимах.

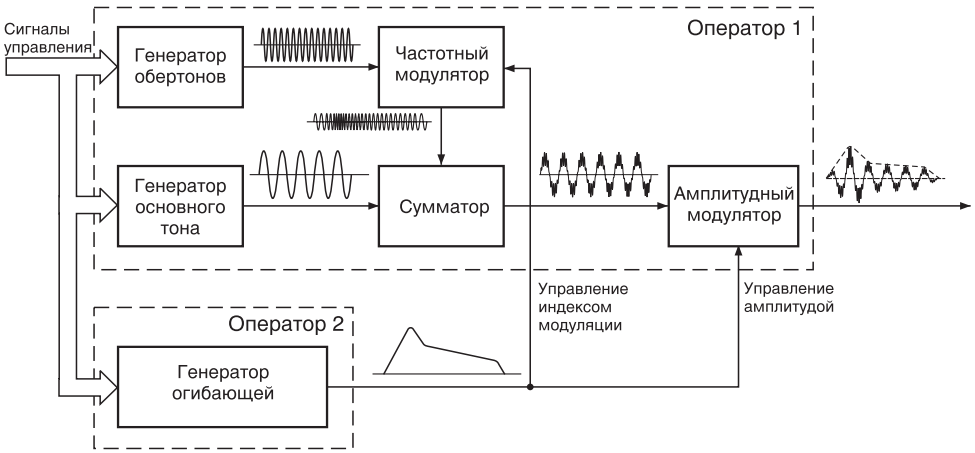


Рис. 15.9. Синтез звука на основе частотной модуляции

Каждый оператор может формировать сигнал одной из определенных форм (*waveform*). В соответствии с FM-алгоритмом операторы могут соединяться по-разному. Например, выходные сигналы операторов могут суммироваться (аддитивный синтез). При последовательном соединении с петлей обратной связи второй оператор будет задавать основной тон сигнала (являться генератором несущей), а первый — определять обертоны (является модулятором). В этом случае сигнал с выхода первого операторы поступает на вход второго, а с выхода второго — на вход первого.

Синтез звука на основе таблицы волн

При использовании синтеза звука на основе таблицы волн (WT-синтез) можно получить более реалистичное и качественное звучание, чем при использовании FM-синтеза. В WT-синтезаторе используются предварительно оцифрованные образцы звучания реальных музыкальных инструментов и других звуков. Каждый образец звучания, называемый *патчем* (*Patch*) или иначе *инструмент*, включает в себя один или несколько *сэмплов* (*Samples*), организованных определенным образом. Сэмпл — это оцифрованный фрагмент ре-

ального звука, определенный тон музыкального инструмента или, например, звук выстрела.

С помощью специальных алгоритмов даже по одному тону музыкального инструмента можно воспроизвести все остальные и таким образом полностью восстановить звучание инструмента во всем рабочем диапазоне частот (рис. 15.10). Например, если сэмпл, оцифрованный с частотой 44,1 кГц, воспроизвести с удвоенной частотой 88,2 кГц (вдвое быстрее), то высота звука возрастет на октаву. Если же воспроизводить сигнал с пониженной частотой, то высота звука уменьшится. Таким образом, путем воспроизведения сэмпла с разной скоростью, в принципе, можно получить звук любой высоты.

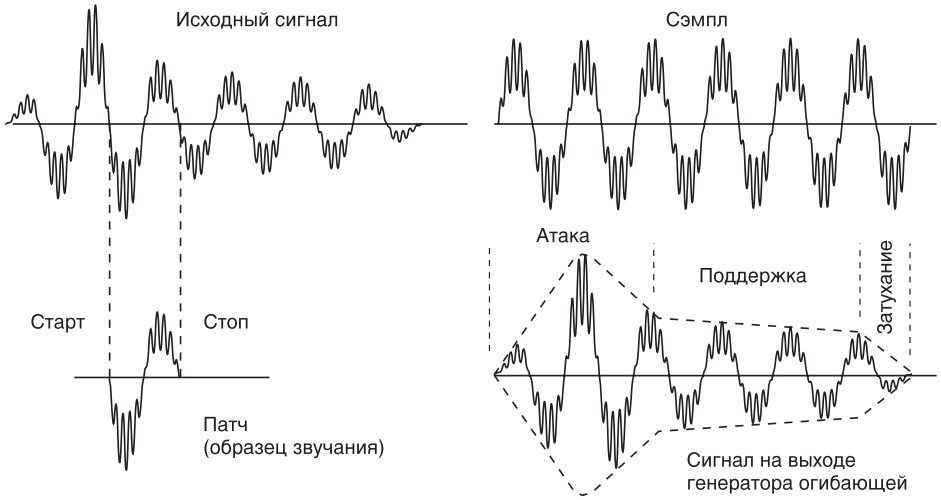


Рис. 15.10. Синтез звука с помощью WT-синтезатора

Такой принцип генерации звука реализован в так называемых *сэмплерах* — прообразах WT-синтезаторов. Сэмплер представляет собой устройство, с помощью которого можно записывать звуки реального инструмента с микрофона и затем воспроизводить с разной скоростью. Однако при генерации звука таким способом одновременно с изменением скорости воспроизведения и, соответственно, высоты звука будет изменяться длительность атаки затухания сигнала, что приведет к искажению тембра синтезируемого инструмента.

Поэтому в WT-синтезаторах применяется другой способ изменения высоты звука. Оцифровке подвергаются несколько разных по высоте звуков реального музыкального инструмента, перекрывающих весь его рабочий частотный диа-

пазон. Шаг по частоте должен быть достаточно мал, чтобы изменения тембра не были слышны.

После оцифровки все сэмплы (или их часть) объединяются в патч, т. е. набор фрагментов звучания реального инструмента во всем рабочем диапазоне частот. Именно поэтому термины *патч* и *инструмент* являются синонимами.

При генерации звука определенной высоты WT-синтезатор определяет, в каком частотном диапазоне находится звук, выбирает сэмплы, частота которых наиболее близка к частоте генерируемого звука, и изменяет частоту основного тона этих сэмплов на конкретную величину.

Синтез звука на основе физического моделирования

В отличие от синтеза звука на основе таблицы волн, где источником сигнала являются оцифрованные образцы звуков реальных музыкальных инструментов, хранящиеся в памяти синтезатора, физическое моделирование предусматривает использование *математических моделей звукообразования реальных музыкальных инструментов* для генерации в цифровом виде соответствующих волновых форм, которые затем преобразуются в звуковой сигнал при помощи ЦАП.

Принцип синтеза звука на основе физического моделирования рассмотрим на примере синтеза звука саксофона. Допустим, существует точное математическое описание явлений, происходящих в саксофоне. В качестве источника колебаний воздуха выступает трость. Звук усиливается и окрашивается в резонаторе, в качестве которого выступает изогнутая металлическая труба. Синтезатор рассчитывает изменение колебаний воздуха, которые возникают под влиянием движения трости саксофона. На основании полученных данных создается цифровой образ этих колебаний. Затем рассчитываются все изменения, происходящие со звуком в резонаторе, и в соответствии с результатами расчетов формируется цифровая модель звукового сигнала саксофона. Смоделированный цифровой звуковой сигнал преобразуется в электрические колебания с помощью ЦАП звуковой карты.

Фирма Yamaha (пионер в области физического моделирования) производит в настоящее время синтезаторы, имитирующие звучание духовых и струнных инструментов. С помощью этих синтезаторов можно экспериментировать в области формирования звука, комбинируя различные источники колебаний с

различными резонаторами и обрабатывая получившийся звук всевозможными фильтрами.

По принципу физического моделирования звука работают так называемые *программные* (*виртуальные*) *синтезаторы*. Необходимые расчеты звучания инструментов вместо аппаратного синтезатора звуковой карты выполняет CPU PC. Результат математического моделирования, т. е. поток цифровых данных — от виртуального синтезатора направляется в ЦАП звуковой карты.

Звуковые эффекты

Для большинства карт с WT-синтезом эффекты реверберации и хоруса стали стандартными. При использовании временной задержки фазы или амплитуды сигнала можно получить и другие звуковые эффекты. Обработка исходного сигнала для создания эффекта в большинстве случаев осуществляется специальным *эффект-процессором*, который может являться самостоятельным элементом (микросхемой) или интегрироваться в состав WT-синтезатора.

В зависимости от уровня сложности обработки сигнала эффект-процессор по-разному создает звуковые эффекты: в одном случае применяет эффект с заранее заданными фиксированными параметрами, в другом — позволяет управлять параметрами эффекта, влияющими на тембровую окраску звука.

Различают общие, поканальные и поголосовые эффект-процессоры. Первые обрабатывают звук всех каналов синтезатора одновременно, вторые — звучание отдельных MIDI-каналов, третьи — звучание отдельных голосов синтезатора. Количество и типы эффектов, которые могут быть одновременно применены к различным каналам (голосам), зависят от мощности процессора. Сложные эффекты обычно не могут накладываться на несколько каналов одновременно. Многосекционные процессоры допускают разделение секций между каналами, позволяя задавать либо простые эффекты для многих каналов, либо сложные — для одного-двух. Эффект-процессор может также иметь отдельные секции для каждого голоса. В этом случае возможна регулировка глубины и параметров звукового эффекта каждого голоса отдельно.

Как правило, звуковые данные обрабатываются специализированными методами, требующими большого количества вычислений, что ведет к значительной загрузке CPU и снижению производительности PC в целом. Поэтому часто для ускорения процессов обработки аудиоданных в состав звуковой системы может дополнительно входить *цифровой сигнальный процессор* (*Digital Signal Processor*, *DSP*). Ведущими производителями DSP являются

такие известные фирмы, как Analog Devices (AD), Texas Instruments (TI), Motorola.

DSP — это специализированный быстродействующий RISC-процессор, используемый для сложной обработки сигналов (звука в том числе) в реальном времени. Он обрабатывает звуковые данные в сотни раз быстрее, чем процессоры общего назначения, поэтому для него не составляет никакого труда, например, разложить поступающий звук на спектральные компоненты, "вырезать" мелодию нужного музыкального инструмента из фонограммы оркестра, выступить в роли эквалайзера и т. п. Так, анализируя спектр поступающих монофонических звуковых сигналов, DSP способен выделить звуки, характерные для какого-либо инструмента или группы инструментов, и разместить каждый инструмент в пространстве, тем самым создавая настоящий стереоэффект. Эффект-процессор может обрабатывать аудиотреки и MIDI-партии, причем и то и другое с поканальным управлением.

Главное достоинство современных DSP — возможность выполнять функции нескольких устройств звуковой системы одновременно, что позволяет отказаться от ее классической архитектуры. В настоящее время в продаже появились звуковые карты, WT-синтезатор, эффект-процессор и модуль оцифровки которых реализованы программно на базе мощного DSP.

Модуль интерфейсов

Модуль интерфейсов обеспечивает обмен данными между звуковой системой и другими устройствами — как внешними, так и внутренними. Но ниже рассматриваются всего два интерфейса, которые специфичны для электромузыкальных инструментов и бытовой аудиоаппаратуры.

MIDI-интерфейс

MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) — это цифровой интерфейс музыкальных инструментов. Интерфейс MIDI регламентируется специальным стандартом, включающим спецификации на аппаратный интерфейс (типы каналов, кабели, порты), при помощи которого MIDI-устройства могут подключаться друг к другу, а также описание протокола обмена информацией между MIDI-устройствами. Этот протокол (т. е. порядок обмена данными) позволяет электронным музыкальным инструментам обмениваться

информацией и работать совместно. Однако с помощью MIDI-протокола можно управлять не только музыкальными инструментами, но и любыми другими электронными устройствами, способными воспринимать язык MIDI-команд. Например, во время выступления музыкантов на сцене с помощью MIDI-команд можно управлять осветительной аппаратурой, пиротехническими устройствами для создания фейерверков, видеооборудованием, что, согласитесь, весьма удобно.

С технической точки зрения MIDI представляет собой обычный последовательный асинхронный интерфейс типа "токовая петля" со скоростью передачи 31,25 Кбит/с, источником тока в которой является источник информации. С целью уменьшения уровня помех, упрощения синхронизации и возможности программной реализации приемопередатчиков в некоторых моделях музыкальных синтезаторов скорость обмена для MIDI-устройств выбрана кратной тактовой частоте дискретизации звукового сигнала.

Для уменьшения уровня помех MIDI-интерфейс предусматривает гальваническую развязку между устройствами, т. е. при соединении друг с другом MIDI-устройства не будут иметь непосредственного электрического контакта (гальванической связи). Гальваническая развязка реализуется с помощью оптрона, включенного во входную цепь MIDI-интерфейса. Оптрон состоит из светодиода и фотодиода, объединенных в одном корпусе. При передаче сигнала (1) светодиод начинает светиться, а при отсутствии сигнала (0) — гаснет. Поток оптического излучения направляется на фотодиод, который преобразует энергию света в электрическую, при этом чем больше энергия излучения, тем сильнее ток. Таким образом, обмен информацией между MIDI-устройствами происходит по схеме: электрический сигнал — оптический сигнал — электрический сигнал. Схема обеспечивает прохождение сигнала, а шумы отсекаются.

Устройства с MIDI-интерфейсом соединяются друг с другом последовательно, образуя своеобразную цепочку (рис. 15.11), которую обычно называют MIDI-сетью.

Сеть MIDI-устройств включает контроллер (передатчик, или управляющее устройство), в роли которого может выступать как PC, так и обычный музыкальный клавишный синтезатор, а также ведомые устройства (приемники), которые могут передавать информацию в контроллер по его запросу. Каждое устройство в такой сети может одновременно служить ретранслятором MIDI-сигналов для следующего за ним. В процессе работы направление потока данных между приемником и передатчиком может меняться, однако одновременная передача данных в двух направлениях невозможна.

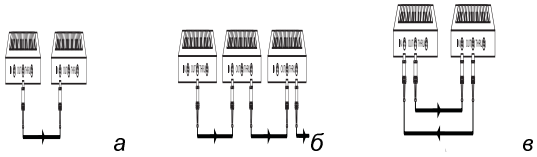


Рис. 15.11. Варианты соединения MIDI-устройств

Любое MIDI-устройство имеет специальные порты ввода/вывода данных (MIDI-порты). Внешний вид пятиконтактного разъема для подключения MIDI-устройств изображен на рис. 15.12.

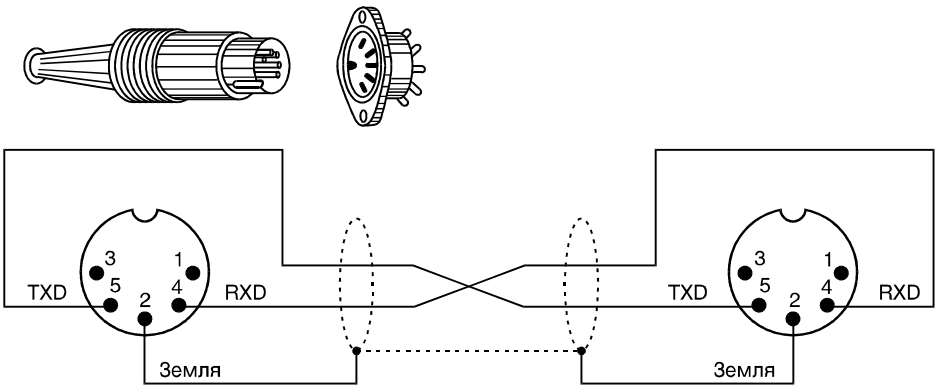


Рис. 15.12. Разъем и распайка кабеля для подключения MIDI-устройств

Разъем выполнен в соответствии со спецификацией DIN41524. Возможно, вы не раз встречали подобные разъемы на отечественной бытовой аудиоаппаратуре. MIDI-порты обеспечивают прохождение всей информации (данных и команд) в сети MIDI-устройств. Порты называются соответственно:

- MIDI IN — порт ввода данных
- MIDI OUT — порт вывода данных
- MIDI THRU — порт сквозной передачи данных

Порт MIDI IN предназначен для ввода MIDI-данных. Через него информация от внешних источников (в том числе контроллера) попадает в MIDI-устройство и управляет его работой.

Через порт MIDI OUT данные отправляются к другим (внешним) MIDI-устройствам. Эти MIDI-данные формируются в процессе активности (игры)

MIDI-устройства и, например, для клавишного синтезатора могут содержать сообщения о нажатии клавиши, смене патчей и т. п.

Порт MIDI THRU используется для сквозной передачи информации внешним MIDI-устройствам. Причем само MIDI-устройство лишь пропускает через себя и выдает в порт MIDI THRU (с небольшой временной задержкой) без каких-либо изменений MIDI-данные и команды, поступающие в порт MIDI IN от других MIDI-устройств.

Порты MIDI-устройств соединяются с помощью специального пятижильного кабеля, в котором фактически используются только три провода из пяти. На разъеме (рис. 15.12) контакты 1 и 3 соединяются с информационными каналами, контакт 2 — с экраном и "землей", а контакты 4 и 5 остаются незадействованными. MIDI-кабель заземляется и экранируется, чтобы исключить помехи и гарантировать корректную передачу данных.

При соединении MIDI-устройств в сеть важное значение имеет максимальная длина кабеля. Общая (суммарная) длина MIDI-цепочки не ограничена, а максимальная длина сегмента кабеля между двумя MIDI-устройствами не должны быть более 15 м.

В процессе работы MIDI-устройства обмениваются специальными MIDI-сообщениями, в соответствии с которыми синтезатор узнает, например, когда начать и когда закончить воспроизводить ноту, какой уровень громкости следует установить и т. п. Кроме того, сообщение может содержать специфические данные об аппаратной настройке MIDI-устройства. Например, синтезатор может получить команду сменить инструмент (использовать кларнет вместо трубы, т. е. сменить патч), изменить общую громкость. Кроме того, полученное сообщение может содержать информацию о том, как следует принимать данные.

Протокол MIDI предусматривает байтовый формат передаваемой информации. Минимальное количество данных, передаваемое за один раз (посылка), содержит один стартовый, восемь информационных, один контрольный и два стоповых бита. Контрольный бит всегда равен нулю.

Протокол MIDI регламентирует обмен информацией в сети блоками данных различной длины (блок может содержать несколько посылок). Такие блоки иначе называются MIDI-сообщениями. Существует несколько типов MIDI-сообщений, соответствующих двум режимам управления MIDI-устройствами в сети (рис. 15.13).

В первом режиме происходит управление одновременно всеми инструментами. Для этого используются безадресные команды, называемые системными

сообщениями (*System Message*). Системные сообщения предназначены для всех устройств, подключенных к MIDI-интерфейсу. Системные сообщения используются в служебных целях, ими являются команды старта, системный сброс, метка реального времени, необходимые для взаимной синхронизации MIDI-устройств.

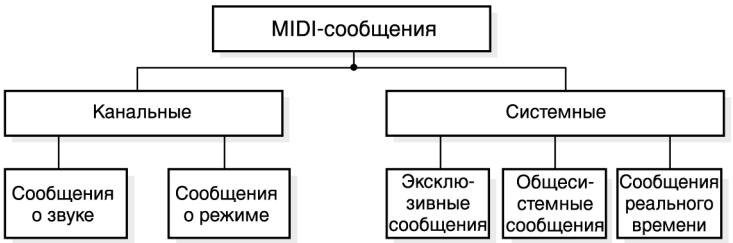


Рис. 15.13. Типы MIDI-сообщений

Во втором режиме происходит передача команд и параметров к отдельным MIDI-устройствам. При этом в код команды включается адрес MIDI-устройства в сети. Такие MIDI-сообщения называются канальными (*Channel Message*). Канальные сообщения используются для управления звучанием музыкального инструмента — канальные сообщения о звуке (*Channel Voice Message*) — и определения реакции инструмента на голосовые сообщения — канальные сообщения режима (*Channel Mode Message*). Канальные сообщения формируются отдельно для каждого канала.

Каждое принимающее MIDI-устройство (соединенное через порт IN) в сети отбирает из потока передаваемых сообщений только те, которые адресованы ему (идентификация происходит по совпадению своего адреса с номером логического канала, содержащегося в первом байте MIDI-сообщения). Адреса MIDI-устройств в сети могут устанавливаться либо аппаратно, либо программно после команды системного сброса программой инициализации MIDI-системы. Таким образом, осуществляется гибкая коммутация (связь) физических устройств на логические каналы MIDI-системы.

Передача любой команды (MIDI-сообщения), которая определяется по наличию и значению байта состояния, переключает принимающее MIDI-устройство в режим ожидания, а следующие несколько байтов (количество дополнительных байтов определяется командой) принимаются как тело сообщения (рис. 15.14). Остальные MIDI-устройства в сети, работающие на

прием, игнорируют передаваемые байты вплоть до следующей команды. Переданная команда может также инициировать обратную передачу информации в контроллер (управляющее MIDI-устройство), но поскольку это происходит лишь в одном из MIDI-устройств, конфликтов передачи по единой выходной линии не бывает.

Для сопряжения IBM PC с MIDI-устройствами фирма Roland разработала специальный интерфейс. PC с таким интерфейсом становится полноправным устройством в MIDI-сети и может соединяться с клавишными синтезаторами, MIDI-клавиатурами, секвенсорами и другими компьютерами (не обязательно IBM-совместимыми), а также выступать в качестве контроллера или приемника MIDI-сообщений, например, воспроизводить музыку с помощью синтезатора звуковой системы по командам от другого MIDI-устройства.

Рис. 15.14. Формат MIDI-сообщения

В состав звуковой системы для соединения с MIDI-устройствами обычно входит специальный модуль, организующий MIDI-интерфейс. Наибольшую известность получил модуль MPU-401 (*MIDI Processing Unit*), созданный фирмой Roland. Этот модуль может работать в двух режимах: Smart Mode (Command mode) и DUMB Mode (UART). UART (*Universal Asynchronous Receicer/Transmitter*) — универсальный асинхронный приемопередатчик.

Как правило, адаптер имеет все три MIDI-порта, что позволяет соединить PC с любым MIDI-устройством по любой схеме, и дополнительно два разъема для подключения джойстиков (рис. 15.15).

Для подключения MIDI-адаптера к PC используется стандартный разъем Joystick/MIDI. Этот 15-контактный разъем (рис. 15.16) является неотъемлемой частью любой звуковой карты, совместимой с MPU-401. Помимо MIDI-адаптера, к этому разъему можно подключить 1—2 джойстика.

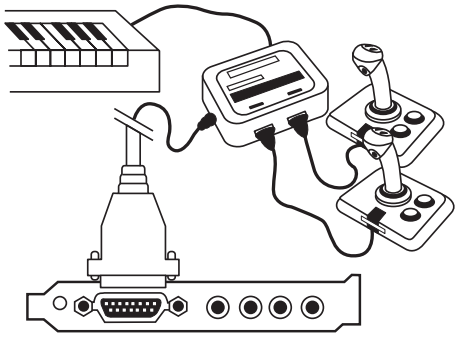


Рис. 15.15. Подключение различных устройств к MIDI-адаптеру

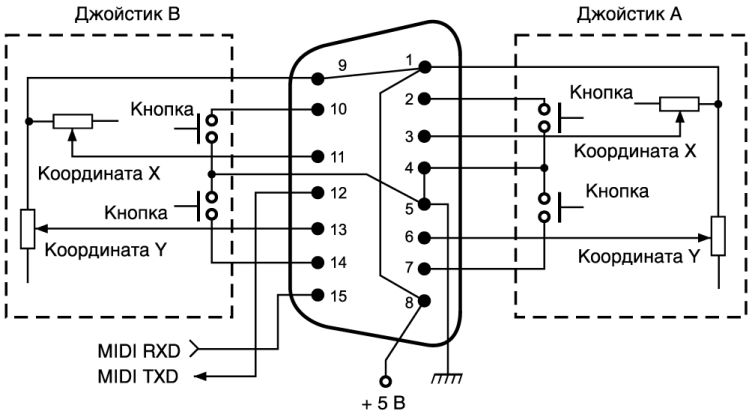


Рис. 15.16. Схема подключения джойстика и MIDI-адаптера к разъему Joystick/MIDI на звуковой карте

Интерфейсы S/PDIF и AES/EBU

Профессиональная звуковая система, как правило, содержит последовательные интерфейсы S/PDIF и/или AES/EBU для обмена звуковыми сигналами в цифровой форме с внешними устройствами.

S/PDIF (*Sony/Philips Digital Interface Format*) — это интерфейс фирм Sony и Philips для бытовой радиоаппаратуры. S/PDIF представляет собой упрощенный вариант интерфейса для студийной звуковой и радиоаппаратуры AES/EBU (*Audio Engineers Society/European Broadcast Union*).

Для кодирования звукового сигнала используется цифровой сигнал с частотой от 5 до 10 МГц в зависимости от частоты дискретизации.

Сигнал S/PDIF используется для передачи 16-разрядных стереофонических данных с любой частотой дискретизации (обычно от 32 до 48 кГц) и специальных сигналов. Амплитуда цифрового сигнала составляет 0,5 В. Для передачи применяется коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Внутренний разъем звуковой карты интерфейса S/PDIF имеет следующее назначение контактов: 0 — сигнал (*Digital Out*), 1 — корпус (*Ground*).

Интерфейс AES/EBU обеспечивает передачу монофонического или стереофонического сигнала с переменной частотой дискретизации в соответствии с протоколом интерфейса RS-422.

Модуль микшера

Модуль микшера звуковой карты производит:

- коммутацию (подключение/отключение) источников и приемников звуковых сигналов;
- регулирование уровня входных и выходных звуковых сигналов;
- микширование (смешивание) нескольких звуковых сигналов и регулирование уровня результирующего сигнала.

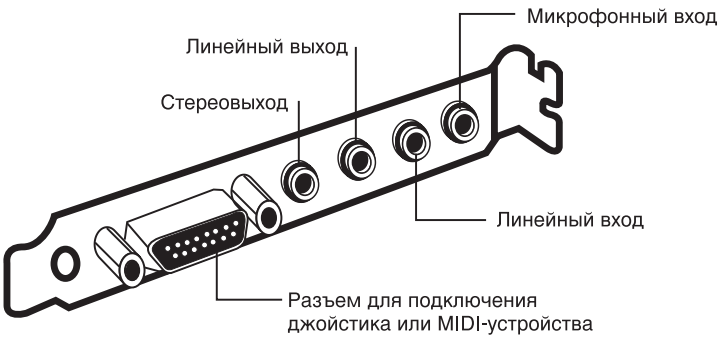


Рис. 15.17. Внешние разъемы звуковой системы

Источники и приемники звукового сигнала соединяются с модулем микшера через внешние или внутренние разъемы. Внешние разъемы (рис. 15.17)

звуковой системы обычно находятся на задней панели корпуса системного блока:

- *Joystick/MIDI* — для подключения джойстика или MIDI-адаптера;
- *Mic In* — для подключения микрофона;
- *Line In* — линейный вход для подключения любых источников звуковых сигналов;
- *Line Out* — линейный выход для подключения любых приемников звуковых сигналов;
- *Speaker* — для подключения головных телефонов (наушников) или пассивной акустической системы.

Внешние устройства, подключаемые к звуковой карте, изображены на рис. 15.18.

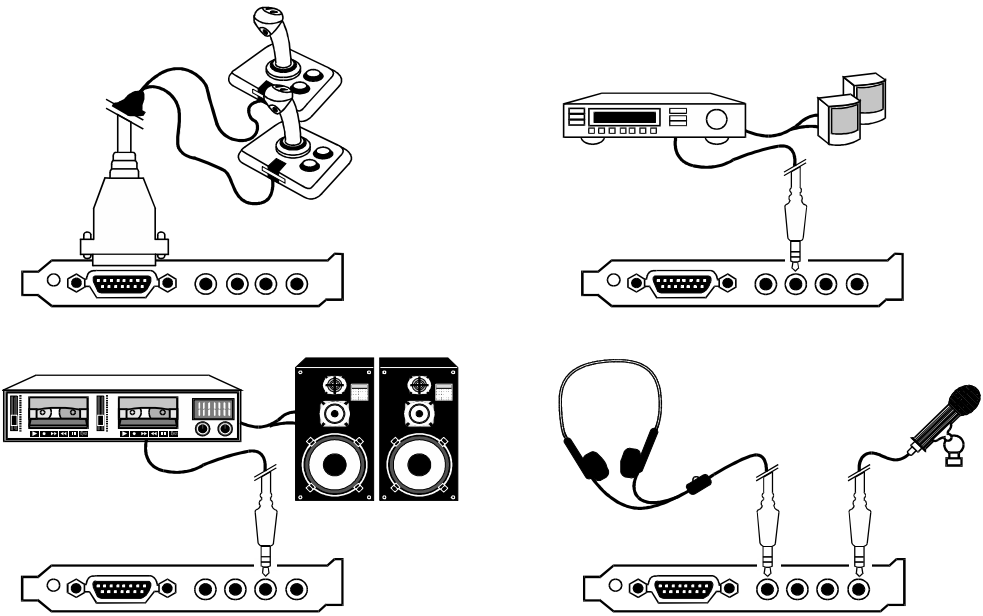


Рис. 15.18. Подключение внешних устройств к звуковой карте

Внешние разъемы звуковой системы Line In, Line Out, Mic In, Speaker представляют собой гнезда (розетки) для стандартного штекерного концентрического соединителя (*Jack*) диаметром 3,5 мм. Штекер может исполняться в

двух вариантах: для монофонического (микрофон) или стереофонического (линейный вход и выход) сигнала.

> ***Примечание***
>
> В современных звуковых подсистемах, как интегрированных на материнских платах, так и на отдельных звуковых платах, разъемы для подключения внешних сигналов являются универсальными, т. е. могут изменять свое назначение и характеристики в зависимости от подключенного устройства. В частности, популярно решение, когда к одному и тому же разъему можно подключить и аналоговое и цифровое устройства. Свойства конкретного разъема зависят от реализации функций, которые определил разработчик материнской платы или звуковой карты.

В высококачественных звуковых системах могут использоваться широко распространенные в видеотехнике разъемы типа RCA. Этот разъем, иногда называемый "колокольчиком", представляет собой концентрический соединитель с диаметром центрального контакта 3,2 мм. Для передачи стереофонического сигнала используются два гнезда RCA.

Цифровая звуковая система

Спецификация Audio Codec 97

При активном участии корпораций Intel и Microsoft был разработан и опубликован ряд документов, в которых определены основные направления развития PC. Для звуковой системы PC наиболее важным из этих документов является разработанная компанией Intel спецификация *Audio Codec 97* (*AC 97*).

В соответствии со спецификацией Audio Codec 97 в звуковой системе функции обработки аналоговых и цифровых сигналов разделены между двумя устройствами (рис. 15.19): *звуковым кодеком* (*Audio Codec*, *AC*) — аналоговой микросхемой ввода/вывода — и *цифровым контроллером* (*Digital Controller*, *DC*). Соединяются эти устройства с помощью специального цифрового интерфейса *AC-link*.

Поскольку аналоговая и цифровая микросхемы соединяются друг с другом с помощью цифровой линии связи, невосприимчивой к типичным внутри корпуса PC электрическим помехам, качество звука значительно выше (отношение сигнал/шум составляет не менее 90 дБ).

В спецификации AC 97 предусмотрена возможность расширения архитектуры системы и построения *многофункциональной системы* для PC, выполняющей звуковые и телекоммуникационные функции. В состав такой системы, помимо цифрового контроллера, может входить звуковой кодек, комбинированный кодек (*Audio Modem Codec*, *AMC*) или два раздельных кодека: звуковой кодек и кодек модема (*Modem Codec*, *MC*). Изменение (расширение) конфигурации многофункциональной системы осуществляется с помощью ризер-карт.

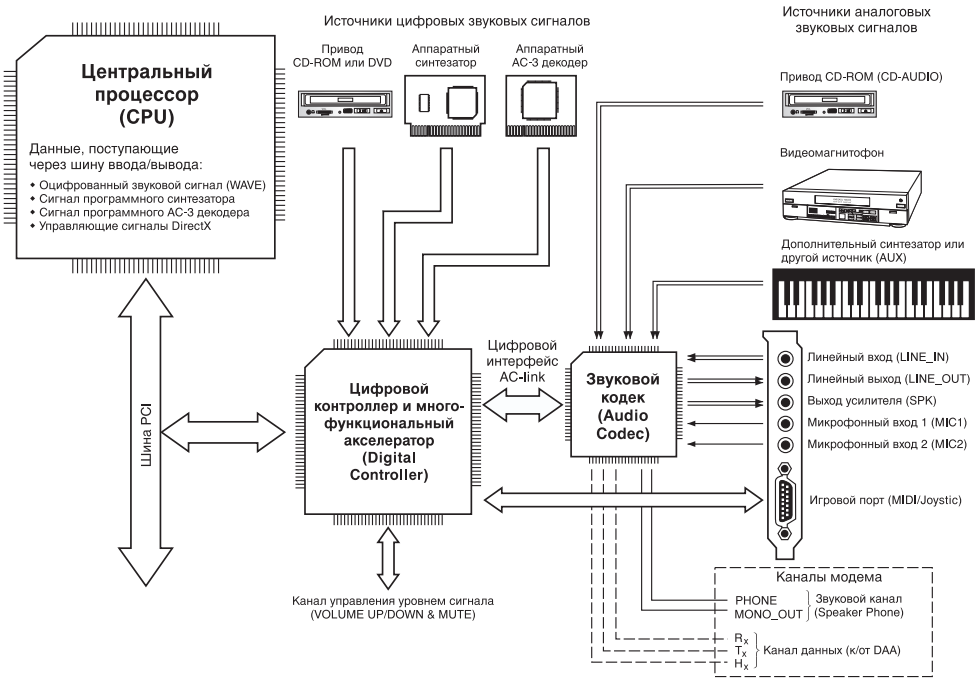


Рис. 15.19. Архитектура звуковой системы PC в соответствии со спецификацией Audio Codec 97

Корпорацией Intel разработана спецификация *Audio Modem Riser* (*AMR*), в соответствии с которой звуковая ризер-карта устанавливается в специальный слот AMR Interface Connector на материнской плате с форм-фактором ATX, mATX и NLX. При этом цифровой контроллер располагается на материнской плате, а звуковой кодек и интерфейс с телефонной (телекоммуникационной) линией (*Direct Access Arrangement*, *DAA*) — на ризер-карте (рис. 15.20). Взаимодействие осуществляется через интерфейс AC-link.

Примечание

Спецификация AMR, а также ее модификации, например CNR, несмотря на усиленную рекламу, так и не получили популярности у пользователей и разработчиков периферийного оборудования. В настоящее время данные технологии на материнских платах не используются.

В этом случае по кабелю передаются звуковые сигналы в цифровой форме. А поскольку влияние помех на цифровые сигналы по сравнению с аналоговыми минимально, благодаря использованию новой архитектуры повысится качество воспроизведения звука, а в некоторых случаях звуковая карта в PC вообще будет не нужна.

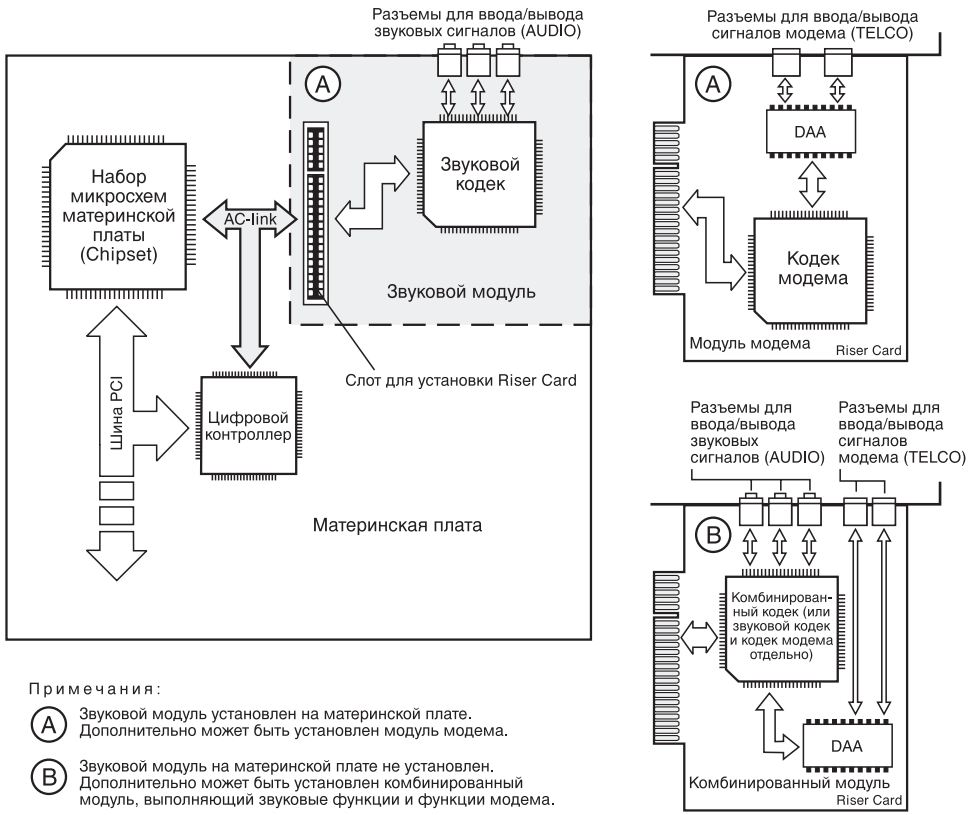


Рис. 15.20. Построение многофункциональной системы с помощью Riser Card

Для передачи звуковых данных в цифровой форме во внешние устройства предусматривается использовать высокоскоростные шины USB и IEEE 1394.

Обе шины имеют достаточно широкую полосу пропускания (т. е. высокую скорость передачи данных), что позволит создавать многоканальные акустические системы объемного звучания.

Технология Intel High Definition Audio

В настоящее время корпорация Intel совместно с другими компаниями отрасли, учитывая проблемы технологии AC 97, разработала в 2004 г. и внедряет *технологию Intel High Definition Audio* (Intel HD Audio), которая должна сменить устаревшую AC 97. Точнее, технология Intel HD Audio — это эволюционное развитие технологии AC 97, которая адаптирована под стандарт HD-телевидения и домашних кинотеатров (рис. 15.21).

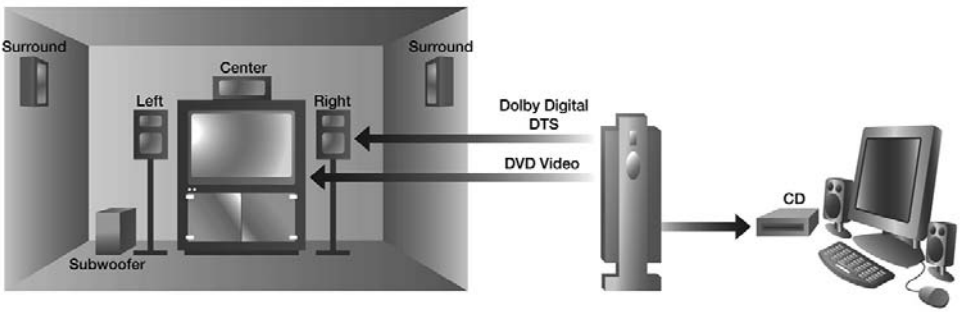


Рис. 15.21. Домашний кинотеатр

Технология Intel HD Audio изначально разрабатывалась для воспроизведения высококачественных многоканальных записей. Аппаратное решение Intel HD Audio поддерживает до восьми звуковых каналов с качеством звучания 192 кГц/32 бит. Многопоточность, например, позволяет пользователям одновременно отправлять два или несколько звуковых потоков на разные устройства с одного ПК. Разработчики изначально ввели в данную технологию расширенные функции распознавания речи с использованием систем направленных микрофонов, что позволяет поддерживать более точный ввод речи (возможно, мы скоро станем свидетелями реального перехода на голосовое управление компьютером). Из полезных мелочей можно отметить возможность автоматического определения типа устройства, которое подключается к аудиоразъему, что позволяет изменять функцию порта, если устройство подключается к неверному порту. В настоящее время в чипсетах, как прави-

ло, имеется поддержка обоих технологий, хотя в решениях для верхнего ценового сегмента декларируется только HDA.

Современные решения

Разработчики высококачественных звуковых карт натолкнулись на очень сложную техническую проблему, которая мешала дальнейшему повышению качества воспроизведения музыки. Дело в том, что персональный компьютер — это источник мощных импульсных сигналов, обладающих широким уровнем спектра, а вследствие этого компьютер является источником помех звуковоспроизведению, радиоприему и телевидению. Традиционная звуковая карта устанавливается без всяких экранов в слот системной платы, поэтому снизить уровень помех до приемлемого уровня просто невозможно. Знаток музыки может сразу заметить, что используется цифровая аппаратура. Единственный выход — это разнести в пространстве цифровую часть, где формируется код, и аналоговую часть, в которой цифровой сигнал превращается в аналоговый сигнал. Наиболее популярным решением стало использование цифрового *интерфейса S/PDIF* (Sony/Philips Digital Interface Format), когда на звуковой карте устанавливался интерфейсный разъем, через который во внешний блок передаются цифровые данные. Внешний блок, питаемый от высококачественного источника питания, преобразует цифровой код в аналоговый сигнал. Для снижения уровня помех часто используют оптический интерфейс (оптоволоконный кабель), но, естественно, цена подобных решений высока.

В качестве примера решения сложных инженерных задач использования компьютера с высококачественным воспроизведением звука на рис. 15.22 изображен комплекс Creative Sound Blaster Audigy 2 ZS Platinum Pro, в котором вся аналоговая часть вместе с преобразователем ЦАП вынесена из корпуса компьютера в отдельный блок. Это позволяет значительно снизить уровень помех. Для соединения вместе внутреннего и внешнего блоков используется цифровой интерфейс.

Когда надо повысить качество воспроизведения, не прибегая к значительным финансовым расходам, используют интерфейс USB. На рис. 15.23 изображено оригинальное решение компании Creative — USB Sound Blaster MP3+. Данное устройство будет удобно пользователям ноутбуков и настольных компьютеров, не желающих залезать внутрь компьютера для установки новой или модернизации имеющейся звуковой подсистемы.

Рис. 15.22. Комплект Creative Sound Blaster Audigy 2 ZS Platinum Pro

Рис. 15.23. USB Sound Blaster MP3+ компании Creative

Самое же "свежее" решение по повышению качества аудио и видео — это создание домашних кинотеатров с использованием стандартов телевидения HD. Правда, тут все решается в комплексе, т. к. новый стандарт — это и новые широкоформатные плоские панели, и компакт-диски Blue-Ray, и многоканальный звук, а также многое другое. Конечно, пока это очень дорого, но, как показывает практика, через некоторое время это будет так же обыденно, как микроволновка на кухне.

Глава 16

Акустическая система

Акустическая система (АС) является последним звеном звуковоспроизводящего тракта, непосредственно преобразующим звуковой электрический сигнал в акустические колебания и, тем самым, в значительной степени влияет на качество звука.

В состав АС, как правило, входят несколько звуковых колонок. Каждая колонка, в свою очередь, может иметь один или несколько динамиков (рис. 16.1). Количество колонок в АС, в первую очередь, зависит от числа компонентов, составляющих звуковой сигнал и образующих отдельные звуковые каналы.

Рис. 16.1. Звуковая колонка с двумя динамиками

Например, стереофонический сигнал содержит два компонента — сигналы левого и правого стереоканалов. Следовательно, стереофоническая АС должна включать не менее двух колонок.

Звуковой сигнал в формате Dolby Digital содержит информацию для шести звуковых каналов: два фронтальных стереоканала, центральный канал (канал диалогов), два тыловых канала и канал сверхнизких частот. Следовательно, для воспроизведения сигнала Dolby Digital акустическая система должна

иметь шесть звуковых колонок. В домашних кинотеатрах применяют АС с количеством колонок до 8 штук.

Хотя принцип действия и внутреннее устройство звуковых колонок бытового назначения и для PC практически не различаются, существуют некоторые особенности функционирования и дизайна.

В большинстве своем АС для PC состоит из двух звуковых колонок. Изначально две колонки обеспечивали воспроизведение стереофонического сигнала. Новые технологии пространственного позиционирования источника звука, учитывающие особенности восприятия звука человеком, позволяют с помощью тех же двух колонок воспроизводить объемное звуковое поле. Для этого необходима соответствующая звуковая система.

Как правило, каждая колонка в АС для PC имеет один-единственный громкоговоритель. Однако это не мешает АС, особенно современных моделей, воспроизводить звук практически во всем слышимом частотном диапазоне. Воспроизведение низких частот при этом достигается, например, путем применения специальной конструкции корпуса колонок или самих громкоговорителей (технология *Bass Reflex*).

Для воспроизведения низких и сверхнизких частот с высоким качеством в АС часто используется третий звуковой агрегат — *сабвуфер* (*subwoofer*). Размер сабвуфера приблизительно соответствует размеру коробки из-под обуви. Устанавливается он обычно под столом. Таким образом, трехкомпонентная АС для PC включает две так называемые *сателлитные колонки*, воспроизводящие средние и высокие частоты (примерно от 150 Гц до 20 кГц), и сабвуфер, воспроизводящий частоты ниже 150 Гц (рис. 16.2).

а *б*

Рис. 16.2. Комплект акустических колонок компании Creative формата 2.0 и 2.1: *а* — I-Trigue 2200; *б* — MegaWorks THX 2.1 250D

Примечание

Если звуковые колонки располагаются рядом с монитором с электронно-лучевой трубкой, то требуется принимать специальные меры предосторожности, чтобы исключить взаимное влияние их магнитных полей. Все современные звуковые колонки для PC имеют специальное *магнитное экранирование*.

Акустические системы бытового назначения всегда подключаются к внешнему усилителю мощности, выполненному в виде отдельного агрегата либо в едином блоке с другими устройствами, например тюнером или эквалайзером. Отличительной особенностью АС для PC является то, что она может иметь собственный встроенный усилитель мощности. АС со встроенным усилителем называется *активной*, в отличие от *пассивной* АС, которая усилителя не имеет.

Главное преимущество активной АС — ее можно подключить к линейному выходу звуковой карты. Питание активной АС осуществляется либо от батареек (аккумуляторов), либо от электрической сети с помощью специального адаптера, выполненного в виде отдельного внешнего блока или модуля питания, устанавливаемого в корпус одной из колонок.

При выключенном питании активная акустическая система, возможно, будет работать как пассивная АС, подключать которую следует только к выходу усилителя мощности звуковой карты.

Выходная мощность акустических систем для PC может изменяться в достаточно широком диапазоне. Она зависит от технических характеристик усилителя и динамиков. Мощность АС, в первую очередь, должна соответствовать задачам, которые предстоит решать с ее помощью. Если система предназначена только для индивидуального прослушивания, например, озвучивания компьютерных игр, мощности 10 Вт будет вполне достаточно, чтобы наполнить звуками помещение средних размеров. Если же стоит задача обеспечения хорошей слышимости во время лекции или презентации для большой аудитории, стоит подумать о более мощной системе. Некоторые АС для PC имеют мощность до 100—200 Вт на канал. С увеличением мощности АС увеличиваются ее габаритные размеры и повышается стоимость.

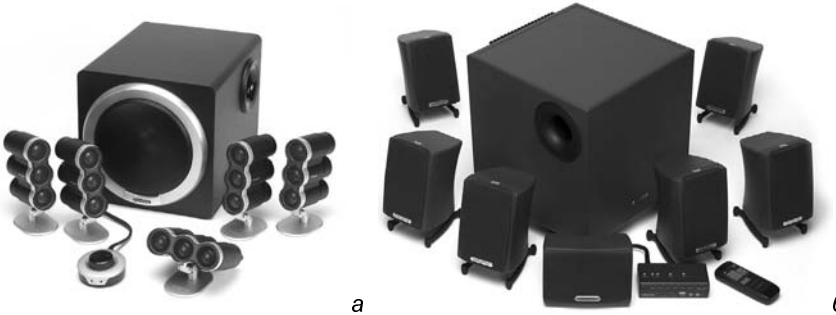
Кнопка включения питания (*Power*), регулятор уровня громкости (*Volume*), регуляторы низких (*Bass*) и высоких (*Tremble*) частот, а также регулятор изменения баланса активных АС, как правило, располагаются на одной из колонок или сабвуфере. Рядом с кнопкой включения питания может устанавливаться индикатор питания.

Дополнительно АС может иметь гнездо для подключения внешнего источника питания. Многие современные модели акустических систем также имеют гнездо для подключения головных телефонов. При подключении головных телефонов воспроизведение звука через колонки автоматически прекращается.

На некоторых дорогих моделях акустических систем предусмотрена возможность одновременного подключения к АС нескольких источников звука, например, звуковой карты и стереомагнитофона. Специальный переключатель позволяет прослушивать каждый источник отдельно или смешивать (микшировать) сигналы от разных источников.

Многокомпонентные акустические системы

С развитием стандартов и технологий 3D-звука, таких как, например, Dolbi Digital, все бóльшую популярность приобретают многоколоночные АС (рис. 16.3). В их состав входят (помимо сабвуфера) дополнительные тыловые колонки для создания окружающего (*surround*) звукового фона и/или центральные колонки (центральный канал). Естественно, для подключения этих АС необходимо иметь звуковую карту с соответствующими выходами.



а *б*

Рис. 16.3. Комплект акустических колонок компании Creative формата 5.1 и 7.1: *а* — I-Trigue 5600; *б* — GigaWorks S750

Подключение 4.1- или 5.1-систем, а также домашних кинотеатров, производится двумя способами.

- Посредством цифрового интерфейса S/PDIF. При этом в качестве декодирующего устройства используется внешний декодер. В мультимедий-

ных акустических системах чаще всего он выполнен в виде отдельного модуля.

- Подключением через оптический интерфейс (оптоволоконный кабель) или фирменный цифровой кабель (рис. 16.4), который разрабатывается под конкретную акустическую систему.

Рис. 16.4. Комплект
Creative Sound Blaster Audigy 2 ZS Platinum Pro

Полоса воспроизводимых частот

Полоса воспроизводимых частот (*Frequency response*) — это амплитудно-частотная зависимость звукового давления, или зависимость звукового давления (или силы звука) от частоты переменного напряжения, подводимого к катушке динамика.

Идеальным можно считать динамик, частотная характеристика которого в диапазоне слышимых частот от 20 Гц до 20 кГц представляла бы собой прямую линию. Это свидетельствовало бы о том, что динамик одинаково хорошо преобразует электрический сигнал в звуковой во всем указанном диапазоне. Реальная частотная характеристика (рис. 16.5) отличается от идеальной.

АЧХ динамика может содержать "пики" и "провалы" (неравномерности) звукового давления на различных частотах в диапазоне воспроизводимых час-

тот, а границы диапазона определяются предельным значением отклонения (спада) АЧХ, который может составлять от 1 до 3 дБ.

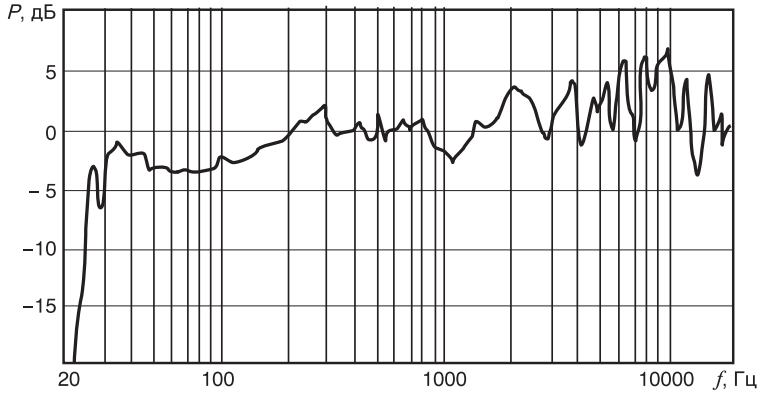


Рис. 16.5. АЧХ звукового давления

Чувствительность

Чувствительность звуковой колонки (*Sensitivity*) характеризуется звуковым давлением, которое она создаст на расстоянии 1 м при подаче на ее вход электрического сигнала мощностью 1 Вт. В соответствии с требованиями стандартов, чувствительность определяется как среднее звуковое давление в определенной полосе частот.

Чем выше значение этой характеристики, тем лучше АС передает динамический диапазон музыкальной программы. Разница между самыми "тихими" и самыми "громкими" звуками современных фонограмм достигает 90—95 дБ и более, а пиковые значения звукового давления могут достигать 110 дБ и более. АС, имеющие высокую чувствительность, достаточно хорошо воспроизводят как тихие, так и громкие звуки.

Из рекламных соображений некоторые фирмы-производители указывают для своих систем довольно высокие значения чувствительности, которые могут быть получены за счет отступления от принятых методик измерения. Так, если измерить среднее звуковое давление не в широкой полосе частот, а в узкой, где амплитудно-частотная характеристика системы имеет пик высотой, например, 2—3 дБ, то значение чувствительности АС будет завышенным.

Примечание

При рассмотрении характеристик АС следует помнить, что существует жесткая связь между чувствительностью АС, ее полезным объемом и нижней граничной частотой. Чем выше чувствительность при прочих равных условиях, тем выше нижняя граничная частота.

Коэффициент гармоник

Нелинейные искажения, т. е. появление в выходном сигнале новых спектральных составляющих, безусловно, являются очень важным показателем качества любого звена тракта звуковоспроизведения.

Акустические системы выполняют сложное электроакустическое преобразование и объективно являются одним из основных источников нелинейных искажений звуковоспроизводящего тракта. Чаще всего нелинейные искажения измеряют путем подсчета количества гармонических составляющих на выходе системы при подаче на ее вход синусоидального сигнала.

Нелинейные искажения оцениваются *коэффициентом гармоник* (*Total Harmonic Distortion*, *THD*), который нормируется в нескольких диапазонах частот. Например, для высококачественных АС класса Hi-Fi этот коэффициент не должен превышать:

- 1,5% в диапазоне частот 250—1000 Гц;
- 1,5% в диапазоне частот 1000—2000 Гц;
- 1,0% в диапазоне частот 2000—6300 Гц.

Несмотря на то, что требования стандарта распространяются на сравнительно небольшой диапазон частот, разработчики и производители стремятся свести к минимуму гармонические искажения на самых низких и высоких частотах.

Мощность

Электрическая мощность (*Power handling*), которую обеспечивает АС, является одной из основных характеристик (по мнению пользователей). Однако не следует считать, что чем больше мощность АС, тем чище и громче будет звук. Получаемое максимальное звуковое давление больше зависит от чувствительности, а мощность АС важна, скорее, с точки зрения ее надежности.

Рекомендациями МЭК и отечественными стандартами введено несколько понятий различных электрических мощностей для АС и определены методы их измерения.

Различают следующие виды максимальной мощности:

- шумовую (*Power handling capacity*);
- синусоидальную (*Rated maximum sinusoidal power*);
- долговременную (*Long-term maximum input power*);
- кратковременную (*Short term maximum input power*).

Часто на упаковке АС для РС можно увидеть, например, следующую надпись: "60 W PMPO". Это мощность акустической системы. Но она не совсем точно отражает реальную мощность системы, поскольку производители такой АС вместо номинальной мощности привели значение пиковой мощности (*Peak Music Power Output, PMPO*).

Измерения пиковой мощности, определяемой немецким стандартом DIN 45500, производятся следующим способом. На АС подается кратковременный (длительностью менее 2 с) сигнал частотой не более 250 Гц. Считается, что акустическая система выдержала испытания, если отсутствуют заметные на слух искажения. Понятно, что при измерении мощности таким методом можно получить очень высокие значения, нередко в 10 раз превышающие номинальные. Поэтому на данную характеристику не следует обращать особого внимания.

Вследствие существенного различия физических процессов, происходящих при испытаниях, значения различных электрических мощностей могут отличаться друг от друга в несколько раз. Так, например, для одной и той же АС паспортная мощность может оказаться в 4—5 раз ниже кратковременной, а синусоидальная — и того меньше. Таким образом, для корректного сравнения мощности различных АС необходимо знать, какие виды указывает производитель на своей продукции и какими методами испытаний они получены. Лишь некоторые фирмы-производители, как правило, известные, заботящиеся о своей репутации на рынке, указывают несколько значений мощности в паспорте АС.

Примечание

На практике чаще всего в паспортах АС указана некая абстрактная мощность (100, 200 Вт и более) без каких-либо ссылок на методику измерения.

Электрическое сопротивление

Электрическое сопротивление (*Impedance*) акустической системы обычно составляет 4, 8 или 16 Ом. При этом стандартами допускается снижение реального полного электрического сопротивления (активного и реактивного) от номинального значения не более чем на 20% в диапазоне частот 20—20 000 Гц.

Прежде чем подключать АС к звуковой карте, узнайте паспортное значение выходного сопротивления ее усилителя мощности. Обычно оно составляет 4 Ом.

> ***Внимание!***
>
> Подключать АС, электрическое сопротивление которой меньше выходного сопротивления усилителя мощности, категорически запрещено — усилитель можно вывести из строя. Обратное возможно. При этом понизится мощность выходного сигнала.

Глава 17

Клавиатура

Обычно для ввода данных и управления системой используются клавиатура и мышь. Однако есть и другие устройства ввода, например, сканеры, которые несколько лет тому назад были еще недоступны, больше не относятся к экзотическим устройствам. В отличие от видеокарт и мониторов, устройства ввода, как и устройства вывода, лучше стандартизированы.

В настоящее время клавиатура (*Keyboard*) является основным устройством ввода информации в PC, несмотря на сильную конкуренцию со стороны мыши. Ее главенствующее положение навряд ли изменится до тех пор, пока не будет создана надежная и недорогая система распознавания человеческой речи.

Принцип действия

Клавиатура является одним из важнейших устройств, определяющим условия комфортабельной работы на PC. Главным элементом в клавиатуре являются клавиши. При покупке клавиатуры следует тщательно опробовать их работу, чтобы определить, удовлетворяет ли "механика" клавиатуры вашим индивидуальным требованиям.

Принцип действия клавиатуры представлен на рис. 17.1. Независимо от того, как механически реализован процесс нажатия клавиш, сигнал при нажатии клавиши регистрируется внутренним контроллером клавиатуры и передается в виде так называемого *скэн-кода* на материнскую плату. Скэн-код — это однобайтовое число, младшие 7 бит которого представляют идентификационный номер, присвоенный каждой клавише. На материнской плате PC для подключения клавиатуры также используется специальный контроллер. Для PC типа AT обычно применялась микросхема универсального периферийно-

го интерфейса (*Universal Peripheral Interface*, *UPI*) 8042, иначе называемого *контроллером интерфейса клавиатуры*.

Когда скэн-код поступает в контроллер интерфейса клавиатуры (8042), то инициализируется аппаратное прерывание (IRQ 1), процессор прекращает свою работу и выполняет процедуру, анализирующую скэн-код. Данное прерывание обслуживается специальной программой, входящей в состав ROM BIOS. При поступлении скэн-кода от клавиш <Alt>, <Ctrl> или <Shift>, <CapsLock> изменение статуса записывается в RAM. Во всех остальных случаях скэн-код трансформируется в код символа (так называемые коды ASCII или расширенные коды). При этом обрабатывающая процедура сначала определяет установку клавиш и переключателей, чтобы правильно получить вводимый код ("a" или "A"). Затем введенный код помещается в буфер клавиатуры, представляющий собой область памяти, способную запомнить до 15 вводимых символов, пока прикладная программа не может их обработать. Буфер организован по принципу *FIFO* (First in First Out, "первый вошел — первый вышел").

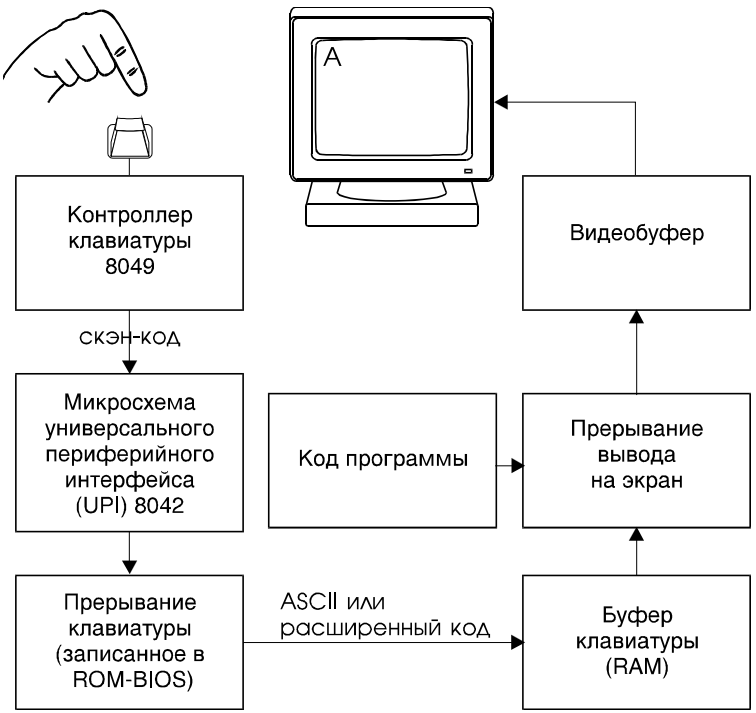


Рис. 17.1. Принцип действия клавиатуры

Примечание

Каждая клавиша генерирует два типа скэн-кодов: *код нажатия*, когда клавиша нажимается, и *код освобождения*, когда клавиша отпускается. Для PC класса AT используется одна и та же цепочка битов для кодов нажатия и кодов освобождения, но коды освобождения состоят из двух байтов, первый из которых всегда равен 0F0H.

Контроллер интерфейса клавиатуры, находящийся на материнской плате, может не только принимать, но и передавать данные, чтобы сообщить клавиатуре различные параметры, например, частоту повтора нажатой клавиши и др.

Контроллер 8049 отвечает не только за генерирование скэн-кодов, но и необходим для выполнения функций самоконтроля и проверки нажатых клавиш в процессе загрузки системы. Процесс самоконтроля отображается однократным миганием трех LED-индикаторов клавиатуры (Num Lock, Caps Lock и Scroll Lock) во время выполнения программы POST (Power On Self Test). Таким образом, неисправность клавиатуры выявляется уже на стадии загрузки PC.

Скэн-коды

В табл. 17.1—17.5 представлены скэн-коды, которые соответствуют наиболее распространенной в настоящее время клавиатуре со 102 клавишами. Если вы являетесь обычным пользователем, то можете лишь поверхностно ознакомиться с содержанием приведенных таблиц. Для системного программиста эти коды играют важную роль.

Таблица. 17.1. *Шестнадцатеричные скэн-коды функциональных клавиш*

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<Esc>	01	<F7>	41
<F1>	3B	<F8>	42
<F2>	3C	<F9>	43
<F3>	3D	<F10>	44
<F4>	3E	<F11>	57
<F5>	3F	<F12>	58
<F6>	40		

Таблица 17.2. *Шестнадцатеричные скэн-коды специальных клавиш*

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<Tab>	0F	<Alt> правый	E038
<Caps Lock>	3A	<Backspace>	0E
<Shift> левый	2A	<Enter>	1C
<Ctrl> левый	1D	<Shift> правый	36
<Alt> левый	38	<Ctrl> правый	E01D
<Space>	39		

Таблица 17.3. *Шестнадцатеричные скэн-коды клавиш ввода данных*

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<1>	02	<6>	07
<2>	03	<7>	08
<3>	04	<8>	09
<4>	05	<9>	0A
<5>	06	<0>	0B
<->	0C	<G>	22
<=>	0D	<H>	23
<Q>	10	<J>	24
<W>	11	<K>	25
<E>	12	<L>	26
<R>	13	<;>	27
<T>	14	<‘>	28
<Y>	15	<Z>	2C
<U>	16	<X>	2D
<I>	17	<C>	2E

Таблица 17.3 (*окончание*)

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<O>	18	<V>	2F
<P>	19	<B>	30
<[>	1A	<N>	31
<]>	1B	<M>	32
<A>	1E	<,>	33
<S>	1F	<.>	34
<D>	20	</>	35
<F>	21		

Таблица 17.4. *Шестнадцатеричные скэн-коды клавиш управления курсором*

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<Ins>	52	<PageDown>	51
<Home>	47	<Del>	53
<PageUp>	49	<End>	4F
<↑>	48	<↓>	50
<←>	4B	<→>	4D

Таблица 17.5. *Шестнадцатеричные скэн-коды клавиш цифрового блока*

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<Num Lock>	45	<6>,<→>	4D
</>	35	<+>	4E
<*>	37	<1>,<End>	4F
<->	4A	<2>,<↓>	50
<7>,<Home>	47	<3>,<PageDown>	51

Таблица 17.5 (*окончание*)

Клавиша	Скэн-код	Клавиша	Скэн-код
<8>,<↑>	48	<0>,<Ins>	52
<9>,<PageUp>	49	<.>,<Del>	53
<4>,<←>	4B	<Enter>	1C
<5>	4C		

Соответствие скэн-кодов клавишам клавиатуры можно узнать с помощью программы ndiags, входящей в пакет Norton Utilities.

Конструктивные исполнения

Клавиатуры различаются не только по внешнему виду, но и по конструктивному исполнению.

Для изготовления дешевых клавиатур используется пластмасса и резина. Под каждой клавишей находится пластмассовый штырь, направленный вертикально, нижний конец которого выполнен в виде штемпеля (клейма), изготовленного из смеси резины с металлом. Ниже этого резинового штемпеля находится пластина с направляющими и контактными площадками, которая стационарно привинчена к корпусу панели. При нажатии клавиши штемпель соприкасается с этими контактными площадками, благодаря чему замыкается цепь, что интерпретируется контроллером клавиатуры.

Для профессиональной работы выпускаются клавиатуры со щелчком. При нажатии клавиши на такой клавиатуре механическое сопротивление клавиши тем больше, чем глубже она нажимается. Для преодоления этого сопротивления нужно затратить определенную силу, после чего клавиша идет очень легко. Таким образом обеспечивается однозначный контакт.

Нажатие и отпускание клавиши сопровождается щелчком, отсюда и название. Клавиатуры со щелчком предпочтительнее клавиатур без щелчка, потому что в этом случае можно быть уверенным в обеспечении относительно "чистого" нажатия на клавишу.

В табл. 17.6 приведены типичные данные для клавиатур со щелчком и без него.

Таблица 17.6. *Характеристики различных клавиатур*

Характеристика	Клавиатура со щелчком	Клавиатура без щелчка
Срок службы, млн нажатий	30	30
Рабочий ход клавиши, мм	3,75 ± 0,25	3,75 ± 0,25
Свободный ход клавиши, мм	1,25 ± 0,25	2,5 ± 0,25
Максимальная сила нажатия, г	55 ± 10	70 ± 10
Точка срабатывания, мм	2,75	2,5
Сила возврата (минимальная), г	15	20

Практически неважно, какие материалы используются для корпуса клавиатуры и клавиш. Это может быть как пластмасса, так и металл. Цвет и другие аспекты с функциональной точки зрения не так важны, как используемая механика клавиатуры.

При покупке клавиатуры попробуйте, как она печатает. Каждый человек имеет свое собственное восприятие. Одни пользователи печатают быстро, другие медленно. Одни предпочитают клавиатуру со щелчком, а других щелчки нервируют. У одного клавиши нажимаются слишком туго, у другого наоборот. Полагайтесь только на собственное восприятие.

> ***Внимание!***
>
> При работе на PC все напитки держите подальше! Если не можете отказаться во время работы от кофе, то следите, чтобы при "аварии" жидкость не попала на клавиатуру. Сигаретный пепел также может туда попасть. Почти для всех клавиатур имеется пластмассовая съемная крышка, которая защищает клавиатуру при выключенном PC.

Подключение клавиатуры

Раньше для подключения клавиатуры использовался спиралевидный кабель длиной около 1 м, имеющий 5-контактный DIN-разъем (рис. 17.2), вероятно, уже известный вам из техники Hi-Fi.

Внимание!

В настоящее время все чаще используется подключение клавиатуры через стандартный интерфейс USB. Как правило, клавиатуру с USB-интерфейсом можно подключить через переходник к интерфейсу AT и PS/2, исключение составляют очень дешевые модели.

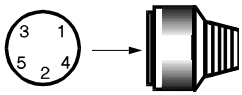


Рис. 17.2. 5-контактный DIN-разъем для подключения клавиатуры

Так как данные от клавиатуры к PC (и обратно) передаются последовательно, то, естественно, необходимы канал передачи данных и тактовый канал (табл. 17.7). Рабочее напряжение питания клавиатуры +5 В. Канал RESET (сброс) предназначен для передачи сигнала на перезагрузку PC, но обычно он не используется.

Таблица 17.7. *Сигналы 5-контактного разъема клавиатуры*

Номер контакта	Сигнал	Назначение
1	Тактовая частота	Выход
2	Линия данных	Вход/выход
3	Сброс	—
4	Корпус	Вход
5	+5 В	Вход

С появлением корпусов материнских плат стандарта ATX на материнской плате стали устанавливать 6-контактное гнездо для подключения клавиатуры, которое раньше применялось у компьютеров типа laptop и notebook. Соответственно на кабеле клавиатуры имеется 6-контактный разъем. Эти разъемы называются разъемами Mini DIN или разъемами PS/2 (рис. 17.3). Назначение контактов такого разъема представлено в табл. 17.8.

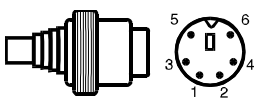


Рис. 17.3. 6-контактный Mini DIN-разъем для подключения клавиатуры

Таблица 17.8. *Сигналы 6-контактного разъема клавиатуры*

Номер контакта	Сигнал	Назначение
1	Линия данных	Вход/выход
2	Не подключен	Резерв
3	Корпус	Вход
4	+5 В	Вход
5	Тактовая частота	Выход
6	Не подключен	Резерв

Если разъем клавиатуры и гнездо на материнской плате не соответствуют друг другу, то необходим соответствующий переходник. При этом можно воспользоваться данными табл. 17.9. Обратите внимание на то, чтобы нумерация контактов соответствовала данным, указанным в табл. 17.7, 17.8.

Таблица 17.9. *Соответствие выводов 5- и 6-контактного разъемов*

Сигнал	6-контактный	5-контактный
Данные	1	2
Резерв	2	3
Корпус	3	4
+5 В	4	5
Синхросигнал	5	1
Резерв	6	—
Экран	Экран	Экран

Стандартное расположение клавиш

Далее мы рассмотрим назначение различных областей клавиатуры MFII (*Multifunction*), являющейся в настоящее время стандартом (рис. 17.4).

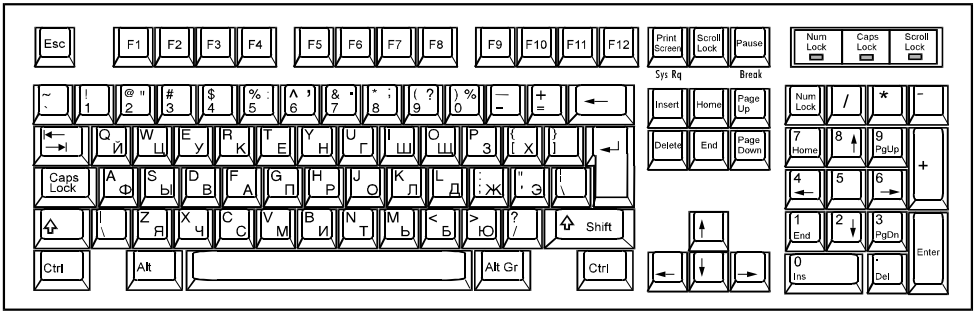


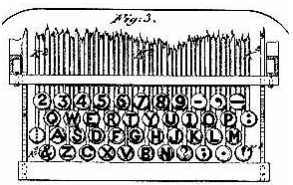
Рис. 17.4. Расположение клавиш клавиатуры типа MFII

Немного истории

Первая печатная машинка была создана в Милуоки (Висконсин) в 1868 г. местным издателем и политическим деятелем Кристофером Латам Шольцем (Christopher Latham Sholes). В первых печатных машинках клавиши в клавиатуре были расположены в алфавитном порядке.

Первая печатная машинка Шольца была настолько неуклюжа, что часто заедала при высокой скорости печати, особенно тогда, когда машинистка нажимала соседние клавиши. Шольц совместно с Амосом Денсмором и Джеймсом Денсмором проанализировали частоту повторения использования клавиш, и на основании этого ими была предложена раскладка клавиатуры, получившая название QWERTY (по названию первых шести клавиш), которая сто с лишним лет спустя перекочевала в мир PC. В 1878 г. Шольц получил патент на раскладку клавиатуры QWERTY. Раскладка клавиатуры не является оптимальной с точки зрения печати, однако все попытки создать лучшие раскладки потерпели неудачу ввиду широкого распространения раскладки QWERTY.

Кристофер Латам Шольц



Функциональные и некоторые специальные клавиши

В клавиатуре MFII функциональные клавиши, как и некоторые специальные, находятся в самом верхнем ряду клавиатуры (рис. 17.5).

Рис. 17.5. Клавиши верхнего ряда клавиатуры

Функциональные клавиши при работе программного обеспечения выполняют определенные функции, которые не одинаковы для различных программ. Нажатие клавиши <F4> при выполнении одной программы обработки текста может привести к сохранению документа, а при выполнении другой — к удалению строки, в которой находится курсор.

Все же в большинстве программ соблюдается некоторый стандарт использования функциональных клавиш. С помощью клавиши <F1> практически во всех приложениях можно вызвать окно помощи (*Help*).

> ***Внимание!***
>
> Большинство современных клавиатур дополнительно имеют так называемые мультимедийные клавиши, которые могут располагаться достаточно произвольно относительно стандартного набора клавиш. Обычное их назначение — это управление мультимедийными функциями в прикладных программах или операционной системе. Особой надобности в этих клавишах нет, поэтому они используются крайне редко некоторыми пользователями.

<Esc>

Обычно клавиша <Esc> имеет одно и то же значение для всех программ. Нажатие <Esc> почти всегда означает выход из текущего меню или конец выполнения программы.

<Print Screen>

С помощью клавиши <Print Screen> можно скопировать содержимое экрана монитора на подключенный принтер. Если запущена операционная система Windows, то, нажимая клавишу <Print Screen>, вы копируете весь экран в Clipboard (буфер обмена). После этого изображение экрана из буфера обмена можно вновь прочитать в практически любой графической программе Windows, используя пункт меню **Edit | Paste** или комбинацию клавиш <Ctrl>+<V>.

Работая в Windows, целесообразнее применять комбинацию клавиш <Alt>+ +<Print Screen>. В этом случае в Clipboard копируется только активное окно. Это может быть окно приложения или диалоговое окно.

<Scroll Lock>

Клавиша <Scroll Lock> (прокрутка) функционирует как переключатель. Название Scroll состоит из двух английских слов Screen (экран) и Roll (ролик, вал). Клавиша <Scroll Lock> позволяет включить или выключить функцию прокрутки экрана.

При нажатии этой клавиши загорается или гаснет соответствующий индикатор (LED), расположенный рядом с ней. Функция этой клавиши состоит в том, что она влияет на управление курсором. При отжатой клавише <Scroll Lock> курсор перемещается по вертикали, изменяя свое положение. При нажатой клавише курсор зафиксирован, и текст перемещается относительно курсора. Эту функцию можно использовать только в определенных программах (например, Word для DOS). В приложениях Windows нажатие этой клавиши, как правило, игнорируется.

<Pause>

Нажимая клавишу <Pause>, вы останавливаете работу всей системы. PC только тогда продолжит работу, когда вы нажмете любую другую клавишу. Таким образом можно, например, остановить бесконечно движущийся экран или во время процесса загрузки приостановить систему, чтобы посмотреть, какое сообщение выдала на экране видеокарта.

Нажатие клавиш <Ctrl>+<Pause> обычно ведет (прежде всего в приложениях DOS) к аварийному выходу из программы.

Характерной особенностью трех клавиш <Print Screen>, <Scroll Lock> и <Pause> является то, что они либо совсем не зависят, либо зависят только условно от выполняющегося приложения, зато имеют постоянное значение для управления системой.

Алфавитно-цифровая область

Эта область, вероятно, напоминает о пишущей машинке, и объяснение большинства клавиш излишне. Так как здесь находятся буквы от A до Z и цифры от 0 до 9, то эта область обычно называется алфавитно-цифровой областью клавиатуры (рис. 17.6). Здесь проявляются основные различия расположения клавиш на клавиатурах разных стран. Например, в итальянской клавиатуре отсутствуют немецкие умляуты, т. к. в итальянском языке эти знаки просто не используются.

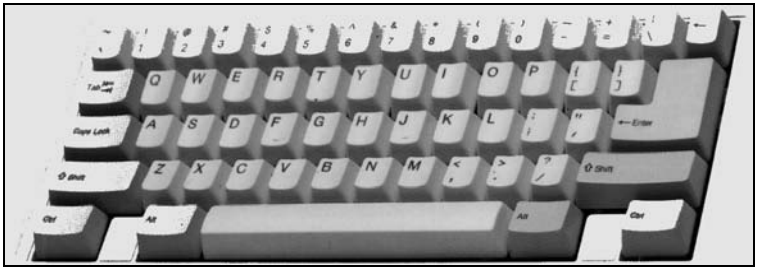


Рис. 17.6. Алфавитно-цифровая область клавиатуры и специальные клавиши

Первыми пятью буквенными клавишами слева вверху на американской клавиатуре являются <Q>, <W>, <E>, <R>, <T>, <Y>. Поэтому часто подобную топологию клавиатуры называют клавиатурой типа QWERTY.

Специальные клавиши

<Tab>

Клавиша <Tab> (табуляция) перемещает курсор вправо на заданную величину отступа. В большинстве приложений DOS значение табуляции равно восьми позициям. Для графических приложений значение табуляций чаще всего равно 1,25 см или 2,54 см (1").

Комбинация клавиш <Shift>+<Tab> обеспечивает табуляцию влево. Это является эффективным средством перемещения курсора при работе с таблицами и обработке текста.

<Shift>

Клавиша <Shift> служит для перевода клавиатуры в режим ввода прописных букв алфавита. Левая и правая клавиши <Shift> выполняют, как правило, одну и ту же функциональную нагрузку, но генерируют различные скэн-коды.

<Caps Lock>

Клавиша <Caps Lock> переводит клавиатуру в режим постоянного ввода прописных букв. Когда клавиатура находится в этом режиме, то при нажатой клавише <Shift> можно вводить строчные буквы. Как и в печатной машинке,

<Caps Lock> служит переключателем. Для возврата в режим ввода строчных букв необходимо вновь нажать эту клавишу. Состояние клавиши <Caps Lock> указывает индикатор справа вверху на клавиатуре.

<Backspace>, <Del>

Клавиша <Backspace> служит для стирания символа слева от курсора. Клавиша <Del> стирает символ в позиции курсора.

<Ctrl>

Сокращение Ctrl означает "контроль, управление".

Левая и правая клавиши <Ctrl> отсутствуют на клавиатуре обычной пишущей машинки. На клавиатуре PC эти клавиши обеспечивают выполнение одних и тех же функций и используются в сочетании с другими клавишами.

В приложениях Windows очень часто применяют комбинации клавиш алфавитно-цифровой области с клавишей <Ctrl> для определения так называемых горячих клавиш (*Shortcuts*). Так, комбинация клавиш <Ctrl>+<S> обеспечивает сохранение документа (соответствует выбору пункта меню **File** | **Save**), <Ctrl>+<C> соответствует **Edit** | **Copy**, а <Ctrl>+<V> — **Edit** | **Paste**.

<Alt> левый

Аналогичное можно сказать и о клавише <Alt>, название которой является сокращением от слова *Alternative* (альтернатива).

В приложениях Windows и некоторых программах DOS нажатие на клавишу <Alt> позволяет попасть в строку меню программы и в дальнейшем управлять меню с помощью клавиш управления курсором. Это является вспомогательным средством управления программами без мыши, используя только клавиатуру. Например, комбинация клавиш <Alt>+<F>+<X> обычно заканчивает выполнение активного приложения и соответствует команде **File** | **Exit**.

Другая функция этой клавиши — генерация символов на экране монитора. Нажатие <Alt> и клавиш из цифрового блока генерирует соответствующий символ на экране монитора. Правда, никому не приходит в голову вводить символ "F" через комбинацию <Alt>+<70>. Но комбинации клавиш с <Alt> окажут помощь в том случае, если размещение символов на клавиатуре не совпадает с драйвером клавиатуры. Например, "°" (градус) можно генерировать очень просто через комбинацию <Alt>+<0176>. Простым нажатием кла-

виши этот символ ввести нельзя, т. к. на клавиатуре он отсутствует. Для использования этой функции клавиши <Alt> вам понадобится список кодов ASCII, который можно найти в любом хорошем справочнике по DOS.

<Alt> правый

На некоторые клавиши алфавитно-цифрового блока нанесены сразу три символа (например "8", "*", ";"). Первый символ генерируется при непосредственном нажатии на клавишу, второй — комбинацией этой клавиши с клавишей <Shift>, а третий — комбинацией с клавишей <Alt> правый. (На некоторых клавиатурах эта клавиша обозначается <AltGr>. Сокращение Gr означает "графика".)

<Enter>

Самой важной клавишей является клавиша <Enter>, выполняющая сразу несколько функций. В операционной системе она служит для завершения ввода командной строки, т. е. передачи ее системе для обработки; в программе обработки текста она предназначена для окончания ввода строки. Эта клавиша на некоторых американо-английских клавиатурах также обозначается <CR> (*Carriage Return* — возврат каретки), т. к. при обработке текста она выполняет такую же функцию, как и в механической пишущей машинке. В результате нажатия на клавишу <CR> в пишущей машинке осуществляется возврат каретки и перемещение валика с бумагой в новое положение, в PC курсор перемещается в первую позицию следующей строки.

Блок управления курсором

Как уже говорит само название блока, здесь находится 10 клавиш, служащих для управления курсором (рис. 17.7).

Рис. 17.7. Клавиши блока управления курсором

<Insert>

Клавиша <Insert> определяет режим ввода. Она служит обычно для переключения режима вставки или замены, в Windows при обработке текста или в комбинации с клавишей <Ctrl> также служит для перевода объектов из пассивного состояния в активное.

<Delete>

С помощью клавиши <Delete> (удаление) можно удалить отмеченные объекты, среди которых может быть отдельный символ, выделенный блок текста или активный графический объект. В ряде приложений объект копируется в некоторую область, из которой он может быть восстановлен и использован в другом месте.

<Home>, <End>

Эти клавиши служат для управления перемещением курсора на экране или в файле. В зависимости от программы курсор движется к началу или к концу строки (например, в Word для Windows), к верхней или нижней строке экрана, реже — к началу или к концу файла.

<Page Up>, <Page Down>

Клавиши <Page Up> (страница вверх) и <Page Down> (страница вниз) перемещают курсор на страницу вверх или на страницу вниз. В данном случае речь может идти о текущей странице экрана либо о переходе к очередной странице, например, при обработке текста от страницы 1 к странице 2 и т. д.

Указатели направления перемещения курсора

Описание клавиш курсора с четырьмя стрелками излишне. Курсор перемещается соответственно на одну позицию вверх, вниз, направо или налево.

Цифровой блок

На клавиатуре типа XT данный блок отсутствует. Он был создан для того, чтобы облегчить машинисткам ввод бесконечных колонок цифр. Для этой цели в

блоке имеются клавиши с цифрами от 0 до 9, клавиши для четырех основных арифметических операций и клавиша <.> для ввода десятичных значений (рис. 17.8). Чтобы эту часть клавиатуры могли использовать не только машинистки, почти все клавиши имеют двойное значение. Переключение осуществляется с помощью клавиши <Num Lock>.

Рис. 17.8. Цифровой блок

При нажатии <Num Lock> загорается соответствующий индикатор LED, и клавиши выполняют функцию ввода чисел. При повторном нажатии <Num Lock> клавиши выполняют ту же функцию, что и клавиши блока управления курсором.

Клавиатура Windows

Фирмы — производители устройств ввода среагировали на широкое распространение операционной системы Windows, разработав специальную клавиатуру, которая, в отличие от стандартной, имеет три дополнительные клавиши (рис. 17.9).

Нажатие одной из клавиш, на которой нанесен логотип Windows, аналогично нажатию с помощью мыши на кнопку **Пуск** (Start), расположенную в нижнем левом углу панели управления Windows. Клавиш, выполняющих данную функцию, две. Расположены они слева и справа от клавиши <Space> (пробел). Нажатие другой клавиши (с изображением стрелки, направленной на некоторый текстовый блок) аналогично нажатию правой кнопки мыши, которое обычно сопровождается появлением всплывающего контекстного меню.

Кроме перечисленных клавиш на клавиатуре могут находиться и другие дополнительные клавиши (мультимедийные), запускающие, например, Web-браузер <WWW> или меняющие режим работы системы: <Power Off> (вы-

ключает систему), <Sleep> (переводит систему в состояние "сна"), <Wake Up> ("пробуждает" систему) и др. Некоторые клавиатуры (рис. 17.9) имеют встроенный *трекбол* (trackball).

Рис. 17.9. Клавиатура для работы в Windows

Эргономическая клавиатура

Некоторые производители предлагают для клавиатур так называемые эргономические приспособления, например приставку для ладони из искусственной кожи, которая должна обеспечить лучшее положение руки при работе. Это несколько облегчает многочасовую работу, но оправданы ли затраты на приобретение подобных приспособлений — это пока вопрос спорный.

Так называемая клавиатура *Butterfly* (бабочка) предлагает гораздо более эффективные эргономические свойства (рис. 17.10). Клавиши, исходя из воображаемой средней линии клавиатуры, расположены V-образно. Таким образом, клавиатура практически делится на две половины. Для работы десятью пальцами такое расположение, несомненно, обеспечивает эргономически наиболее благоприятное положение пальцев.

Другие производители идут дальше, снабжая клавиатуру шарнирами, так что клавиатура практически раскрывается от середины, как книга. За счет этого индивидуально можно установить наиболее оптимальный угол для положения рук. Тогда как в области PC такие разработки, видимо, несколько затянулись,

подобные клавиатуры в "параллельном компьютерном мире", прежде всего в компьютерах Apple, уже широко применяются.

Рис. 17.10. Клавиатура Butterfly

Клавиатура для слепых

Этот очень редко используемый тип клавиатур представляет собой специальное устройство для рабочих мест, на которых работают слепые. Клавиши клавиатуры покрыты специальным слоем, на котором расположены осязаемые точки, соответствующие алфавиту для слепых.

Часто такие клавиатуры оборудованы и устройством вывода, представляющим собой планку в нижней части клавиатуры, разделенную на квадраты. Внутри квадрата находится 6 плавающих точек, покрытых слоем резины. При выводе информации в каждом таком квадрате активизируются определенные точки, которые "выдавливаются" вверх, нажимая на резиновый слой. Это позволяет слепому идентифицировать выводимую информацию.

Глава 18

Оптико-механические и другие устройства ввода

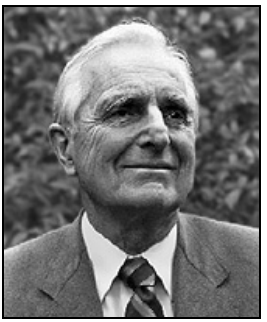
Мышь

Наряду с клавиатурой мышь является важнейшим средством ввода. С начала триумфального шествия графических оболочек мышь стала необходимой для эффективной работы на PC с соответствующим программным обеспечением. С помощью мыши нельзя вводить в PC серии команд. Однако именно это и явилось отправной точкой для развития удобного графического интерфейса пользователя.

Немного истории

В 1968 г. на осенней объединенной компьютерной конференции (Fall Joint Computer Conference) был представлен **первый в мире манипулятор мышь** ("мышь"). "Отцом" мыши явился американский ученый Даг Энгельбарт, который руководил лабораторией Augmentation Research Centre (ARC) в исследовательском институте Stanford Research Institute (SRI) Стэнфордского университета. Лаборатория занималась программным обеспечением для корпоративной деятельности.

Первый экземпляр манипулятора "мышь" был изготовлен инженером Биллом Инглишем (Bill English), а программы для него написал Джефф Рулифсон (Jeff Rulifson). Частично работы по созданию мыши спонсировались Национальным космическим агентством (NASA). По его заказу были проведены сравнительные испытания различных устройств, и хотя мышь продемонстрировала абсолютное превосходство, но — такова ирония судьбы — в силу своей ведомственной специфики NASA потеряло к этому манипулятору интерес: ведь он не мог работать в невесомости.



"Отец" мыши — американский ученый Даг Энгельбарт

Первая мышь

Назначение графических оболочек — это возможность инициации многих команд без длинного ввода их с клавиатуры. Выбор, щелчок (или двойной щелчок) на объекте в виде пиктограммы, символа или пункта меню делает клавиатуру (почти) ненужной. Естественно, что ее нельзя полностью заменить в приложениях, требующих ввода данных с клавиатуры, например, в программах обработки текста. Применение только мыши также зачастую не является самым быстрым путем к достижению желаемого результата, т. к. с помощью стандартных комбинаций клавиш (горячие клавиши) многие функции можно выполнить быстрее.

Существует множество моделей мышей. Мыши различаются по способу подключения.

- Мыши, подключаемые к COM-порту (*Serial Mouse* — последовательные мыши).
- Мыши, подключаемые к порту PS/2 (PS/2 мыши, или *Bus Mouse*).
- Мыши, подключаемые к порту USB.

Мыши взаимодействуют с портом либо посредством кабеля (проводные или "хвостатые" мыши), либо через дополнительное устройство, принимающее радиосигналы (или инфракрасные сигналы) от мыши (беспроводные или "бесхвостые" мыши).

По принципу действия мыши подразделяются на:

- оптико-механические;
- оптические.

Кроме того, по способу подключения к комьютеру мыши можно подразделить на:

- проводные;
- беспроводные (радиопередающие, с инфракрасным интерфейсом).

Для нормальной работы с мышью необходима не только сама мышь как инструмент. Для оптимального функционирования мышь должна передвигаться по плоской поверхности. Обычно применяются специальные коврики, так называемые *MousePad*. Указатель мыши на экране движется синхронно с движением мыши по коврику (рис. 18.1). Если двигать мышь налево, указатель на мониторе перемещается налево, если двигать мышь по кругу, то указатель также движется по кругу.

Устройством ввода для мыши являются находящиеся на ней кнопки. Большинство мышей имеют по две кнопки, а специальные модели имеют три и

более кнопок. Мыши только с одной кнопкой применяются для компьютеров типа Apple.

Функциональное назначение кнопок мыши различно и зависит от выполняемого приложения. Общим правилом является то, что при указании на объект, например, пиктограмму, объект становится управляемым. В этом случае при щелчке левой кнопкой мыши объект помечается (выделяется). Если теперь, не отпуская левой кнопки, перемещать мышь, то объект будет перемещаться на экране. При двойном щелчке левой кнопкой мыши на этом объекте он активизируется.

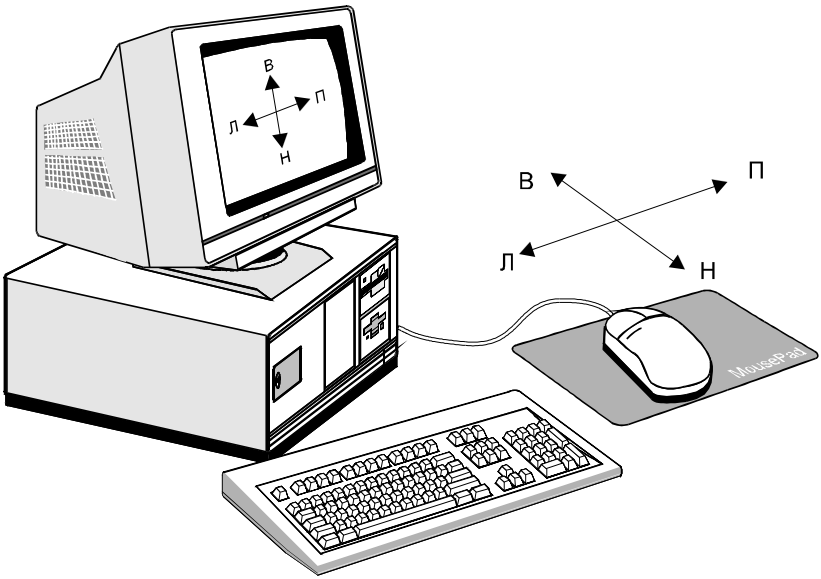


Рис. 18.1. Синхронность движения мыши и ее указателя на экране

Рис. 18.2. Мыши со скроллингом

Для большинства программных продуктов имеется возможность переопределять функции левой и правой кнопки мыши, что облегчает работу левшей.

Кроме кнопок, многие современные мыши оборудованы специальными устройствами для быстрой прокрутки (скроллинга) изображения на экране монитора. На корпусе мыши устанавливаются рычажок, кнопка-качелька и устройства для скроллинга колеса (рис. 18.2). Наиболее удобным и простым является скроллинг с помощью колес.

Основные характеристики мыши

Разрешение

Качество мыши в значительной степени зависит от ее конструкции, поскольку она, как и все механические устройства, подвергается изнашиванию. Но наряду с этим качество мыши зависит от ее разрешения. Разрешение мыши измеряется в dpi (*dot per inch* — количество точек на дюйм). Хотя более правильно было бы измерять его в cpi (*count per inch* — число отсчетов на дюйм), т. к. электронная схема мыши пересчитывает в импульсы расстояние, которое прошла мышь. Если мышь имеет разрешение 1500 dpi и вы передвигаете ее на 1 дюйм вправо, то привод мыши получает через микроконтроллер информацию о смещении на 1500 единиц вправо. Драйвер мыши рассчитывает эту информацию и усредняет ее в зависимости от графического разрешения монитора для позиционирования курсора на экране. При этом не имеет значения, двигалась мышь быстро или медленно.

Баллистический эффект

Зависимость точности позиционирования мыши от скорости ее перемещения определяется так называемым баллистическим эффектом. Этот эффект можно варьировать. При коротких перемещениях мыши уменьшается баллистический эффект скорости, что ведет к увеличению точности позиционирования указателя мыши, если вы, например, работаете в графической программе с мелкими деталями. Во время движений, при которых мышь проходит относительно большое расстояние, например, при перемещении между окнами редактирования и линейкой инструментов, курсор соответственно будет двигаться быстрее.

Нормальное разрешение мыши лежит в диапазоне от 200 до 900 dpi. Мышь с разрешением более 1000 dpi позволяет очень точно вести и позиционировать

курсор, при этом точность, естественно, зависит от выбранного разрешения экрана монитора.

Принцип работы оптико-механической мыши

Можно без больших проблем и риска открыть мышь. Время от времени это даже необходимо делать, т. к. мышь нуждается в определенном уходе и, прежде всего, в чистке.

На нижней стороне мыши находится отверстие, которое открывается поворотом пластмассовой крышки. При снятии этой крышки вы увидите круглый шарик диаметром 1,5—2 см (рис. 18.3). После удаления этой крышки шарик можно вытащить из гнезда и почистить.

Обычно шарик изготовлен из металла и покрыт резиновым слоем. Если удалить шарик, то можно увидеть два маленьких валика и ролик, которые контактировали с шариком. Подпружиненный ролик служит для прижима шарика к двум валикам, оси которых расположены в одной плоскости под углом 90□ друг относительно друга, предназначенным для регистрации механических передвижений мыши. Эти пластмассовые валики на конце осей связаны с диском, имеющим растровые отверстия.

Рис. 18.3. Мышь со снятой крышкой

В уже устаревших и в настоящее время практически не применяющихся механических мышах эти диски представляли собой механические контакты, преобразующие перемещение мыши в электрические импульсы. Подобный принцип действия предрасположен к ошибкам позиционирования и износу контактов, поэтому мыши, основанные на нем, были со временем вытеснены более надежными и точными оптико-механическими мышами (рис. 18.4), принцип действия которых состоит в следующем.

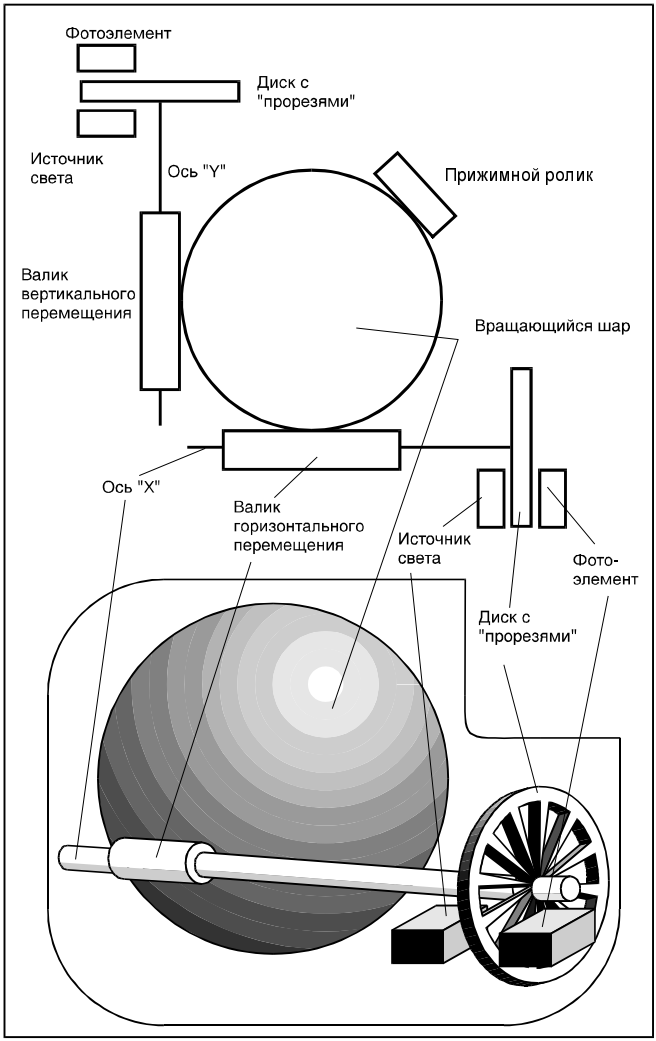


Рис. 18.4. Устройство оптико-механической мыши

При перемещении мыши по коврику "тяжелый" шарик приходит в движение и вращает соприкасающиеся с ним валики. Ось вращения одного из валиков вертикальна, а другого — горизонтальна. На этих осях установлены диски с растровыми отверстиями, которые вращаются между фотодатчиками. От количества растровых отверстий зависит разрешающая способность мыши. Обычно их около 40, что обеспечивает разрешение порядка 400 dpi. Фотодатчик состоит из источника света и фоточувствительного элемента (фотоди-

од, фоторезистор или фототранзистор). Этот фотосенсор безукоризненно определяет, где находится источник света: перед отверстием или за пластмассовой перегородкой диска. Поскольку таких растровых дисков два, то порядок освещения фоточувствительных элементов определяет направление перемещения мыши, а количество формируемых импульсов — расстояние.

Импульсы при помощи микроконтроллера превращаются в совместимые с PC данные и передаются через интерфейс RS-232C, PS/2 или USB на материнскую плату.

Мышь, подключаемая через последовательный порт

До появления материнских плат стандарта ATX мышей этого семейства можно было считать самыми распространенными в мире PC. Их название *Serial* (последовательные) имеет отношение к виду и способу передачи данных. Информация о перемещении и состоянии клавиш мыши передается в PC через последовательный порт (*см. главу 5*) согласно интерфейсу RS-232C, что означает биполярные сигналы ±12 В по отдельным линиям RXD и TXD. Для такой мыши нужен COM-порт и соответствующее прерывание (IRQ) — обычно это порт COM1 с прерыванием IRQ 4 или порт COM2 с прерыванием IRQ 3.

Мышь PS/2

Во второй половине 1980-х гг. компания IBM выпустила серию PC под названием PS/2, которые имели специальный разъем для подключения мыши.

Кабель мыши PS/2 заканчивается разъемом mini-DIN. Первоначально мыши PS/2 использовались для компьютеров типа laptop (позднее notebook). С появлением форм-фактора ATX мыши PS/2 получили широкое распространение и в настольных системах.

> ***Примечание***
>
> Имейте в виду, что мышь PS/2 невозможно подключить к COM-порту, поскольку она работает по синхронному последовательному интерфейсу, напоминающему интерфейс клавиатуры, т. е. имеет питание 5 В, использует уровни TTL и двунаправленный обмен по одной и той же шине.

Однако существуют мыши, которые можно подключать как к порту PS/2, так и к порту COM. Подобные мыши называются *комбинированными*.

Оптическая мышь

Принцип работы оптической мыши немного отличается от принципа работы оптико-механической мыши. Он основан на отражении сфокусированного луча света от специального коврика, содержащего решетку темных линий. При движении мыши луч света попадает на темную линию, и отраженный луч теряет часть энергии. Сенсор фиксирует этот факт и посылает компьютеру соответствующий сигнал. Такие мыши были довольно сложны в использовании, они требовали точной ориентации манипулятора по коврику. Также повреждение коврика или его потеря приводили к неработоспособности мыши. Это привело практически к полному исчезновению первых оптических мышей из продажи.

Современная технология, реализованная в оптических мышах, делает их намного более надежными и удобными. Более того, для работы такой мыши вообще не требуется никакого коврика.

Технология современных оптических мышей была разработана компанией Agilent Technologies в конце 1999 г., однако первой воплотила ее в жизнь фирма Microsoft, создав мышь под названием IntelliMouse (рис. 18.5). Свою технологию Microsoft назвала IntelliEye (интеллектуальный глаз).

Рис. 18.5. Оптическая мышь Microsoft IntelliMouse Explorer

Для сканирования поверхности используется миниатюрная видеокамера (CMOS-датчик), которая работает со скоростью 1500 снимков в секунду. Поскольку камера мало что "увидит" в темноте, для подсветки поверхности используется небольшой светодиод красного свечения (рис. 18.6). Световые лучи отражаются от поверхности, попадают на датчик и превращаются в

электрический сигнал. Сигнал с датчика (последовательность электронных снимков) передается на цифровой сигнальный процессор (*Digital Signal Processor* — DSP), который выполняет его анализ. Процессор мощностью около 18 инструкций в секунду (могут применяться процессоры как большей, так и меньшей мощности) сравнивает каждый следующий снимок с предыдущим и на основе их различий определяет направление и расстояние, на которое переместился датчик относительно сканируемой поверхности. Таким образом, принцип работы заключается в анализе последовательности изображений (рис. 18.7). Полученные данные в виде новых координат датчика процессор передает CPU, который в соответствии с полученной информацией передвигает курсор на экране монитора. Благодаря высокой частоте опроса датчика обеспечивается стабильное, плавное и точное передвижение курсора на экране монитора.

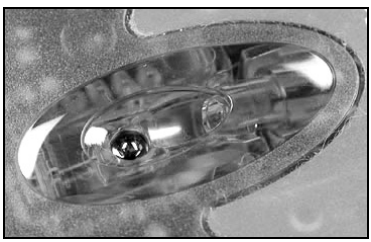


Рис. 18.6. Увеличенное изображение механизма оптической мыши

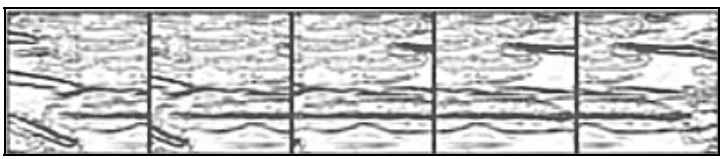


Рис. 18.7. Последовательность изображений поверхности, снятая видеокамерой оптической мыши

Отметим, что такие оптические мыши работают практически на любой поверхности, кроме стеклянных, зеркальных, металлических и выполненных из бархата.

Оптическая мышь имеет явные преимущества перед обычной.

- Отсутствуют движущиеся части в плоскости соприкосновения с поверхностью, что уменьшает износ и понижает шанс поломки механики, ответственной за передвижение курсора.

- Грязь не забивается во внутреннюю плоскость устройства и не мешает работе сенсоров.
- Увеличенное разрешение мыши приводит к лучшей работе; особенно это критично в графических приложениях и программах, где требуется точное введение данных при помощи мыши.
- Мышь не требует специальной поверхности, коврика.
- Теоретически не нужно проводить гигиеническую протирку коврика, шарика и мыши.

Инфракрасная мышь

Крестными отцами инфракрасной мыши стали телевизоры с дистанционным управлением. Рядом или на компьютере установлен приемник инфракрасного излучения, который кабелем соединяется с PC. Движение мыши регистрируется при помощи уже известной механики и преобразуется в инфракрасный сигнал, который затем передается на приемник.

Преимущество свободного передвижения несколько снижается имеющимся при этом недостатком. Для безупречной передачи инфракрасного сигнала всегда должен быть установлен "зрительный" контакт между приемником и передатчиком. Нельзя загораживать излучатель такой мыши книгами, теплопоглощающими или другими материалами, т. к. при малой мощности сигнала мышь будет не в состоянии передать сигнал на PC.

Инфракрасные мыши оборудуются аккумулятором или обычной батарейкой.

Радиомышь

Более интересной альтернативой является передача информации от мыши посредством радиосигнала. При этом необходимость в зрительном контакте между приемником и передатчиком отпадает. Мыши (рис. 18.8) передают данные с помощью радиоволн в диапазоне 27 МГц (более поздние модели, особенно поставляемые в составе беспроводных наборов периферии, — уже 2400 МГц) на небольшой приемник, который подключен к разъему COM, PS/2 или USB (обычно приемник можно подключать как к порту PS/2, так и к USB. Для этого в комплект поставки включают переходник USB—PS/2).

Расстояние от приемника до мыши может составлять от 0,5 до 2 м. В корпусе мыши установлены батареи питания, чаще — Ni-MH-аккумуляторы. В по-

следнем случае в комплект поставки входит зарядное устройство — отдельное или совмещенное с приемником (рис. 18.9). На корпусе радиомыши установлен индикатор разряда батарей. Выполнен он либо в виде отдельного светодиода, либо в виде подсветки одной из кнопок. При разряде батарей он ярко вспыхивает. У оптических радиомышей для экономии заряда батарей имеется специальный экономичный режим, называемый еще режимом "спячки", в который переходит оптическая система манипулятора (полностью выключается) при длительном бездействии мыши. Снова включить мышь можно только путем нажатия одной из кнопок или вращением колеса прокрутки.

Рис. 18.8. Радиомышь Cordless Optical MouseMan фирмы Logitech с приемником и переходником USB—PS/2

Рис. 18.9. Приемник с зарядным устройством для оптической радиомыши фирмы Maxxtro

Основным недостатком радиомышей является низкая помехоустойчивость, особенно когда вблизи работает какое-либо устройство в том же диапазоне частот. Для устранения этого недостатка на корпусе мыши иногда устанавливается DIP-переключатель диапазонов.

Подключение мыши

Большинство мышей, подключаемых через последовательный порт, поставляется с 9-контактным Sub-D-разъемом (табл. 18.1). В комплект поставки мыши иногда входят переходники для подключения мыши к 25-контактному разъему последовательного порта (табл. 18.2, 18.3), который еще не так давно устанавливался на корпусе PC.

Другой вариант — это 6-контактный миниатюрный разъем (табл. 18.4) для PS/2-совместимой мыши (mini-DIN).

В последние годы появились мыши, подключаемые к разъему USB, которые также могут через переходник быть подключены к порту PS/2.

Таблица 18.1. *Назначение выводов 9-контактного разъема мыши*

№ контакта	Сигнал	Назначение
1	CD	Обнаружение несущей
2	RXD	Получение данных
3	TXD	Передача данных
4	DTR	Готовность терминала
5	SG	Земля
6	DSR	Готовность информации
7	RTS	Запрос на передачу
8	CTS	Сброс для передачи
9	RI	Указатель вызова

Таблица 18.2. *Соответствие выводов переходника с 9-контактного RS-232C на 25-контактный RS-232C*

9-контактный	25-контактный	9-контактный	25-контактный
1	8	4	20
2	3	5	7
3	2	6	6

Таблица 18.2 (*окончание*)

9-контактный	25-контактный	9-контактный	25-контактный
7	4	9	22
8	5		

Таблица 18.3. *Соответствие выводов переходника с 6-контактного разъема PS/2 на 9-контактный RS-232C*

Контакт PS/2	Контакт RS-232C
1	1
2	Не занят
3	Связан с контактом 5
4	Связан с контактами 7 и 9
5	6
6	Не занят

Таблица 18.4. *Назначение выводов 6-контактного разъема мыши*

№ контакта	Назначение
1	Данные
2	Определяется производителем
3	Земля
4	+5 В
5	Такт
6	Определяется производителем

Трэкбол

Трэкбол (*Trackball*) можно сравнить с мышью, которая лежит на "спине" шариком вверх (рис. 18.10).

Рис. 18.10. Трэкбол компании A4Tech

Принцип действия трэкбола такой же, как и мыши. Обычно трэкбол использует оптико-механический принцип регистрации положения шарика. Также идентичен и способ передачи данных. Большинство трэкболов управляются через последовательный порт, причем назначение выводов аналогично с разъемом мыши. Существуют два основных отличия трэкбола от мыши:

- трэкбол обладает достаточно тяжелым корпусом, за счет которого он неподвижен при работе;
- площадка для движения, необходимая мыши, трэкболу не нужна. Позиция курсора рассчитывается исключительно по вращению более массивного шарика, приводимого в движение пальцами рук или ладонью.

Для пользователей, чей рабочий стол заставлен кофейными чашками и другими принадлежностями, трэкбол является надежной и приемлемой альтернативой мыши. Обратите внимание на тяжелый корпус и на, соответственно, большой по размеру шарик.

Специально для обладателей мобильных компьютеров имеются встроенные или подключаемые трэкболы (рис. 18.11).

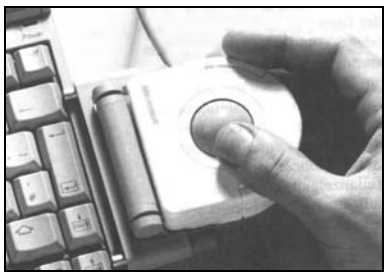


Рис. 18.11. Портативный трэкбол как расширение notebook

Джойстик

Устройством ввода, которое заняло прочную позицию, прежде всего, в области компьютерных игр, является джойстик (от *Joystic* — рукоятка, рычажный указатель) (рис. 18.12). Цифровые джойстики, как правило, применяются в игровых приставках и игровых компьютерах. Для PC в качестве устройства ввода (управления) в основном применяются аналоговые джойстики.

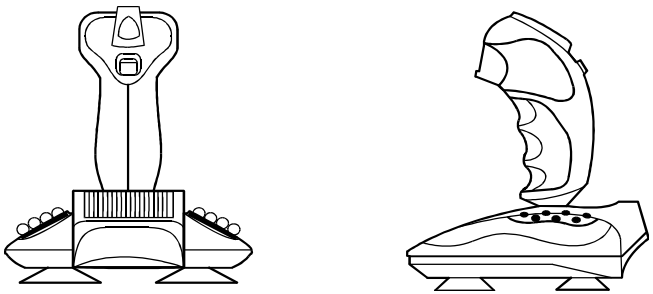
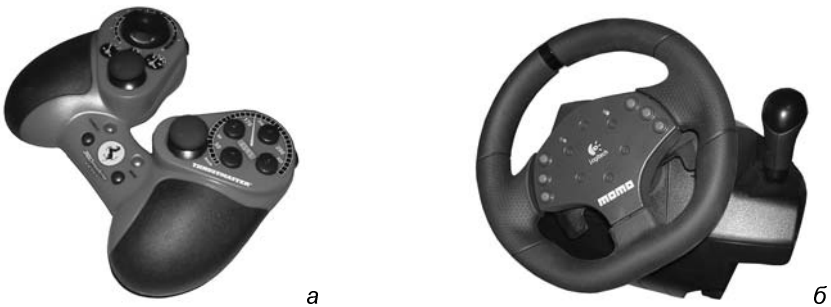


Рис. 18.12. Джойстик

В последнее время джойстик стал составной частью игрового манипулятора (рис. 18.13, *а*), который предназначен для игровых компьютеров и иногда применяется и для управления объектами в играх для PC. Для автосимуляторов предлагается вариант джойстика, который выполнен в виде авторуля (рис. 18.13, *б*). Наиболее интеллектуальные игровые устройства подключаются не к game-порту, а к интерфейсу USB.



а *б*

Рис. 18.13. Игровые устройства:
а — игровой манипулятор Thrustmaster; *б* — руль Logitech

Аналоговый джойстик имеет существенное преимущество перед цифровым. Цифровой джойстик реагирует, в основном, на положение управляющей ручки (влево, вправо, вверх, вниз) и статус кнопки "огонь". Аналоговые джойстики регистрируют минимальные движения ручки управления, что, разумеется, обеспечивает более точное управление игрой. Точность управления можно увеличить, используя обработку таких сообщений, как поворот ручки управления на пол-оборота направо и налево, наискосок вниз или вверх. Подобная точность управления крайне важна для летных имитаторов или для игр, в которых подвижные объекты должны точно позиционироваться.

В табл. 18.5 приведено назначение выводов игрового порта.

Таблица 18.5. *Назначение выводов игрового порта*

Вывод	Сигнал	Вывод	Сигнал
1	+5 В	09	+5 В
2	Кнопка 4	10	Кнопка 6
3	Позиция 0	11	Позиция 2
4	Корпус	12	Корпус
5	Корпус	13	Позиция 3
6	Позиция 1	14	Кнопка 7
7	Кнопка 5	15	+5 В
8	+5 В		

Световое перо

Так как световые перья применяются довольно редко, то ограничимся рассмотрением способа их действия и области применения.

Представьте себе световое перо в виде шариковой ручки, в которую вместо пишущего шарика вмонтирован фотоэлемент. Кроме того, в стержне находится электронная составная часть, которая оценивает сигналы. В зависимости от исполнения световое перо оснащается одной или более кнопками, которые выполняют функции, схожие с функциями кнопок мыши. Световое перо функционирует только совместно с монитором. При прикосновении стержнем к поверхности экрана электронное излучение регистрируется фото-

сенсором светового пера. Так как экран монитора состоит из множества точек (пикселов), то полученный сигнал можно передать на графическую карту, которая вычислит координаты электронного луча по времени его регистрации.

Таким образом, теоретически световое перо может заменить мышь, но это является сомнительной альтернативой, т. к. если для управления крупными объектами световое перо еще надежно в применении, то при выборе мелких объектов оно неудобно.

Другая область применения светового пера — его совместное использование с дигитайзером (*Digitizer*), о котором рассказывается далее в этой главе. В данном случае световое перо выполняет "пишущую" функцию (рис. 18.14). Специальные приложения для дигитайзеров (например, Wacom) работают со световым пером для импортирования "нарисованных пером" рисунков и эскизов в формат векторной графики. Профессиональные световые перья обладают возможностью определять силу нажатия пера, толщину линии и т. д.

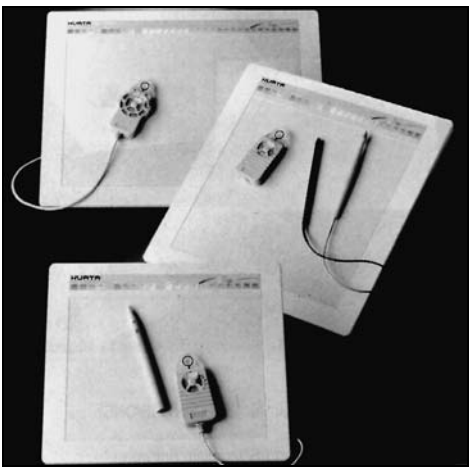


Рис. 18.14. Графический планшет с курсором и световым пером

Графический планшет

Графические планшеты (дигитайзер, *Digitizer*) бывают на твердой (планшетные дигитайзеры) и гибкой ("гибкие" дигитайзеры) основе. Последние можно

свернуть в трубочку, как кусок линолеума. Размер рабочего поля планшета составляет от 15×20 мм до вариантов формата бумаги, например A4 и A3. Один из популярных вариантов для домашних пользователей приведен на рис. 18.15.

Рис. 18.15. Графический планшет Wacom

Например, с их помощью можно нарисовать свою подпись на экране монитора, не пользуясь обычной авторучкой и сканером. Хотя графический планшет достаточно простое устройство, научиться правильно работать им очень сложно. Конечно, простейшие движения выполняются без проблем, но, скажем, нарисовать правильный рисунок или откорректировать профессионально фотографию будет куда сложнее, чем с помощью обычной мыши.

Первоначально дигитайзер был разработан только для систем автоматизированного проектирования (*CAD, computer-aided design*), потому что в этом случае необходимо определять и задавать точное значение координат большого количества точек. Выполнить это требование при использовании обычных устройств ввода (таких как клавиатура) трудно, а при использовании мыши практически невозможно.

Дигитайзер состоит из двух элементов — графического планшета и устройства указания (указателя), в качестве которого могут выступать курсор или перо. Принцип действия дигитайзера основан на регистрации местоположения устройства указания с помощью интегрированной в планшет сетки, состоящей из печатных проводников.

В зависимости от механизма определения местоположения устройства указания дигитайзеры подразделяются на *электростатические* и *электромагнитные*. В электростатических дигитайзерах определение местоположения курсора

осуществляется путем регистрации локального изменения электрического потенциала сетки под курсором. В электромагнитных дигитайзерах курсор является передатчиком электромагнитных волн, а сетка — приемником.

Основные характеристики дигитайзера — это разрешение (*Resolution*) и погрешность (*Accuracy*). Разрешение характеризует шаг считывания информации в ячейке сетки и измеряется количеством линий на 1 мм (линий/мм) или линий на 1 дюйм (*lpi*). Независимо от механизма регистрации местоположения курсора, всегда существует погрешность в определении его координат, которая возникает вследствие погрешностей регистрирующей сетки, влияния температуры, помех и др. и составляет 0,1—0,7 мм. В среднем погрешность электромагнитных дигитайзеров меньше чем электростатических.

Кибер-перчатки

Весьма сложным и дорогостоящим устройством являются кибер-перчатки. На рис. 18.16 изображена модель CyberGlove производства фирмы VTI (Virtual Technology Inc.).

Каждая перчатка оснащена 18—22 сенсорными датчиками, регистрирующими движения отдельных пальцев руки и кисти в целом. Основываясь на информации, получаемой от этих датчиков, управляющая программа синтезирует на экранах VR-шлема трехмерное изображение виртуальной руки, которая в точности повторяет движения руки реальной. Все, кто видел легендарный фильм "Газонокосильщик", хорошо помнят эти картинки. Но и это еще не все! Помимо датчиков положения пальцев и кисти, такие перчатки могут быть дополнены миниатюрными вибросимуляторами, вызывающими у пользователя реальные тактильные (осязательные) ощущения. Каждый из вибросимуляторов может генерировать короткие импульсы или продолжительные вибрации. Комбинируя эти сигналы между собой, можно имитировать довольно сложные ощущения, возникающие при прикосновении к реальным объектам. Благодаря такой технологии у пользователя создается иллюзия прикосновения к предметам, наблюдаемым в виртуальном трехмерном мире. На рис. 18.16 видно, как человек в перчатках берется за виртуальную ручку двери и дотрагивается до виртуального переключателя. Иллюзию прикосновения создают размещенные на перчатках миниатюрные вибросимуляторы в виде небольших черных коробочек.

Рис. 18.16. Система CyberTouche фирмы VTI — перчатки CyberGlove с вибросимуляторами

Говоря научным языком, возникает тактильная *обратная связь* между пользователем и виртуальным миром: пользователь не только воздействует на этот мир, но и ощущает на себе его реакцию. Надо ли говорить о том, насколько это усиливает реалистичность наблюдаемой картины!

ГЛАВА 19

Сканеры и цифровые фотокамеры

Сканеры и цифровые фотоаппараты, которые еще совсем недавно считались дорогими и экзотическими устройствами, настолько плотно вошли в нашу жизнь, что многие начинающие пользователи даже считают их неотъемлемой частью любой компьютерной системы (впрочем как и принтер).

Сканирование, как и фотографирование, возникло задолго до появления PC. Еще в 1863 г., за тринадцать лет до изобретения телефона, католический священник Казелли (Caselli) придумал первый факсимильный аппарат, с помощью которого он осуществил сканирование и передачу изображения (конечно же не на PC) из Парижа в Гавр.

Сканеры

Сканером называется устройство, позволяющее вводить в компьютер в графическом виде текст, рисунки, слайды, фотографии и др. Несмотря на обилие различных моделей сканеров, классификацию их можно провести по нескольким признакам: по способу формирования (кодирования) изображения, типу кинематического механизма (способу перемещения преобразователя свет-сигнал и оригинала относительно друг друга), типу вводимого изображения, степени прозрачности оригинала, особенностям аппаратного и программного обеспечения. Иными словами, классификационные критерии сканеров можно сформулировать следующим образом:

- способ формирования изображения:
  - линейный;
  - матричный;

- кинематический механизм:
  - ручной;
  - настольный;
  - комбинированный;
- тип сканируемого изображения:
  - черно-белый;
  - полутоновый;
  - цветной;
- прозрачность оригинала:
  - отражающий;
  - прозрачный;
- аппаратный интерфейс:
  - специализированный;
  - стандартный;
- программный интерфейс:
  - специализированный;
  - TWAIN-совместимый.

Рассмотрим типы сканеров в соответствии с приведенной классификацией.

Способ формирования изображения

Технология считывания данных в современных устройствах оцифровывания изображений реализуется на основе использования светочувствительных датчиков двух типов: *приборов с зарядовой связью* (ПЗС) или *фотоэлектронных умножителей* (ФЭУ).

Неотъемлемой частью любого сканера являются аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Они предназначены для преобразования непрерывно изменяющихся значений напряжения, получаемых с помощью ПЗС или ФЭУ, в числа, соответствующие оттенкам цвета или градациям серого. Качество сканированного изображения напрямую связано с разрядностью используемого в сканере АЦП. В черно-белых (двухуровневых) сканерах аналогичное пре-

образование выполняет компаратор, сравнивая зафиксированное значение напряжения с опорным.

ПЗС — это твердотельный электронный компонент, состоящий из множества крошечных датчиков, которые преобразуют интенсивность падающего на них света в пропорциональный ей электрический заряд. В основу ПЗС положена чувствительность проводимости *p-n*-перехода обыкновенного полупроводникового диода к степени его освещенности. На *p-n*-переходе создается заряд, который уменьшается со скоростью, зависящей от освещенности. Чем меньше заряд, тем больший ток проходит через диод.

В зависимости от типа сканера ПЗС могут иметь различную конфигурацию. При *линейном* способе считывания информации микродатчики ПЗС размещаются на кристалле в одну линию (для трехпроходного сканирования) или в три линии (для однопроходного сканирования). Такая конфигурация позволяет устройству производить выборку всей ширины исходного аналогового изображения и записывать его как полную строку. Данный способ формирования изображения (рис. 19.1) обычно используется в доступных широкому кругу пользователей ручных, планшетных, роликовых и проекционных сканерах.

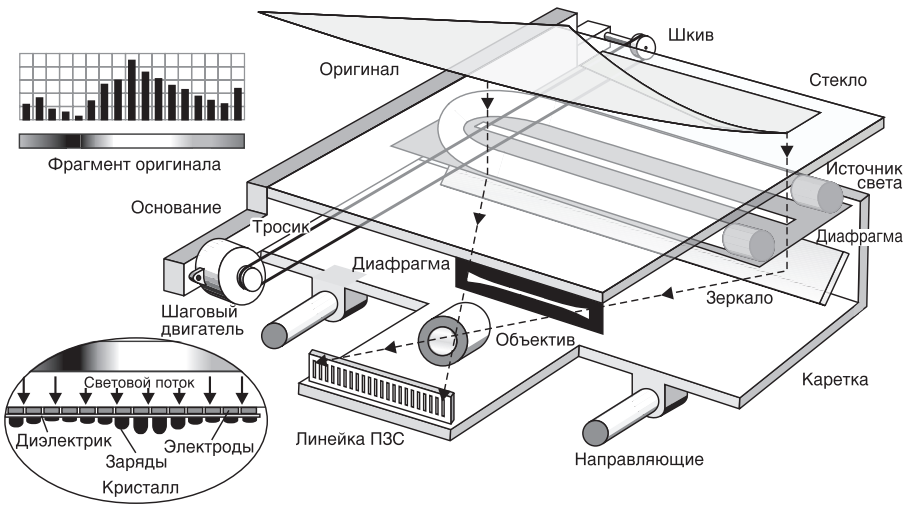


Рис. 19.1. Способ формирования изображения в планшетных сканерах

В барабанных сканерах (рис. 19.2) в качестве светочувствительных приборов применяются фотоэлектронные умножители. В качестве источника света в этих

сканерах используется ксеноновая или вольфрамо-галогенная лампа, излучение которой с помощью конденсорных линз и волоконной оптики фокусируется на чрезвычайно небольшой области оригинала. Основанные на ламповой технологии ФЭУ осуществляют электронное усиление интенсивности отраженного от оригинала света. Попадая на катод ФЭУ, свет выбивает из него электроны, которые, проходя через пластины динодов[1], вызывают вторичную электронную эмиссию. Коэффициент усиления зависит от свойств материала и количества динодов. Напряжение, пропорциональное освещенности катода ФЭУ, снимается с анода и затем преобразуется в цифровой код.

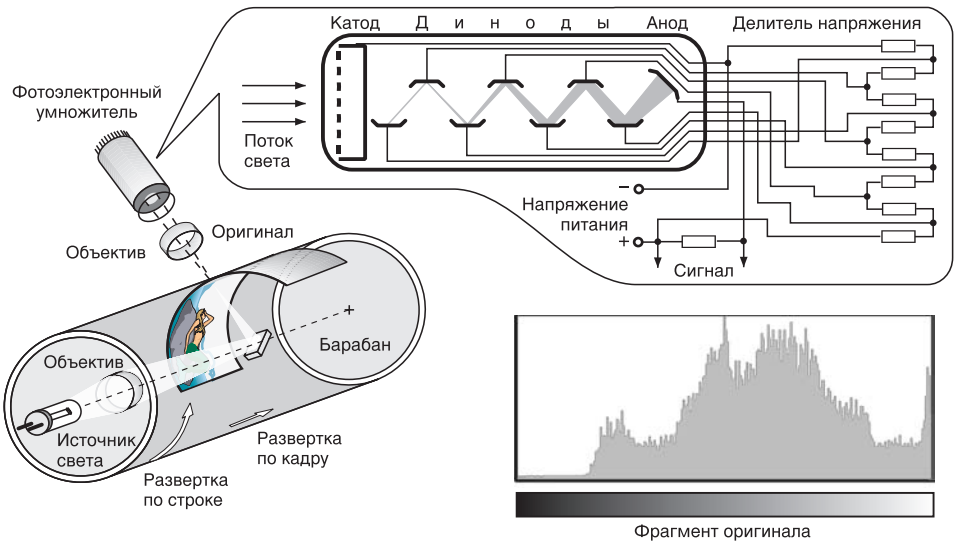


Рис. 19.2. Способ формирования изображения в барабанных сканерах

В слайдовых сканерах, цифровых фото- и видеокамерах ПЗС-датчики обычно имеют форму прямоугольной матрицы, что позволяет формировать образ оригинала целиком, а не построчно. В этом случае говорят о *матричном* способе формирования изображения (рис. 19.3), находящем применение в так называемых нетрадиционных сканерах. К ним относятся цифровые камеры и устройства захвата видеоизображений.

[1] Фотоэлектронный умножитель имеет несколько промежуточных электродов, называемых *динодами.* Они ускоряют электроны, эмитируемые катодом, и благодаря вторичной эмиссии усиливают ток на выходе прибора.

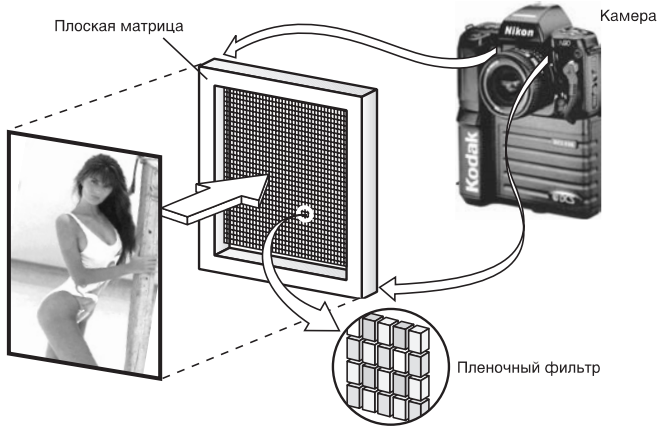


Рис. 19.3. Способ формирования изображения в цифровых фотоаппаратах

Кинематический механизм

Определяющим фактором для данного критерия является способ перемещения считывающей головки сканера и бумаги относительно друг друга. По этому параметру сканеры подразделяются на две основных группы:

- ручные (*hand-held*);
- настольные (*desktop*).

Механические особенности процесса сканирования различаются в зависимости от типа сканера. Тем не менее во всех сканерах имеются: источник света, механизм перемещения датчика (или системы отклоняющих зеркал) вдоль оригинала, либо перемещение оригинала относительно датчика, а также электронное устройство, предназначенное для преобразования считываемой информации в цифровую форму.

Ручной сканер

Дешевизна ручных сканеров обусловливается простотой их конструкции. В небольшом корпусе шириной не более 10—12 см размещаются лишь датчик и источник света. Сканирование осуществляется вручную последовательным перемещением сканера относительно оригинала. Устанавливаемая в

компьютере карта интерфейса преобразовывает поступающую информацию в цифровую форму и передает ее для последующей обработки специальной программе. Внешний вид ручного сканера показан на рис. 19.4.

Рис. 19.4. Ручной сканер

Преимущества ручных сканеров:

- низкая стоимость;
- небольшие размеры.

Недостатки ручных сканеров:

- ограниченная ширина области сканирования;
- непостоянство скорости перемещения сканера относительно оригинала вызывает искажения сканированного образа.

Настольный сканер

К категории настольных сканеров относятся планшетные (*flatbed*), роликовые (*sheet-fed*), барабанные (*drum*) и проекционные (*overhead*) сканеры.

Основной отличительный признак *планшетного* сканера — сканирующая головка перемещается относительно бумаги с помощью шагового двигателя. Большинство полностраничных сканеров являются планшетными. Как и в копировальных аппаратах, в планшетных сканерах есть крышка на петлях, позволяющая использовать в качестве источников изображений книги и другие нестандартные оригиналы. Типовой планшетный сканер (рис. 19.5) предназначен для сканирования оригиналов размером 21,6□33 см.

Рис. 19.5. Планшетный сканер

Планшетные сканеры просты и удобны в эксплуатации, но имеют существенный недостаток — большие габариты.

В *роликовых* (называемых еще *листовыми*) сканерах (рис. 19.6) оригинал пропускается через ролики механизма подачи бумаги и попадает в поле зрения линейки датчиков. Большинство факсимильных аппаратов работают по такому же принципу.

Рис. 19.6. Роликовый сканер

Почти все роликовые сканеры работают в двух режимах: сканирования изображения и его факсимильной передачи. Такие устройства иногда называют *факс-сканерами.*

Преимущества роликовых сканеров:

- компактность;
- возможность автоматического функционирования.

Недостатки роликовых сканеров:

- сложность выравнивания оригиналов;
- ограниченный диапазон типов оригиналов;
- неудобство работы с листами разного размера;
- возможность повреждения оригиналов.

В *барабанных* сканерах (рис. 19.7) оригинал закрепляется на поверхности прозрачного цилиндра из оргстекла (барабана), укрепленного на массивном основании, которое обеспечивает ему хорошую устойчивость. Барабан вращается с большой скоростью (от 300 до 1350 об./мин), а находящийся рядом с ним сканирующий датчик через крошечную конусообразную апертуру пиксел за пикселом считывает изображение с высокой точностью.

Основные преимущества барабанных сканеров:

- возможность сканирования с наиболее высоким разрешением;
- широкий диапазон типов оригиналов (фактически любой тип прозрачных и отражающих материалов, достаточно гибких, чтобы их можно было прикрепить к барабану).

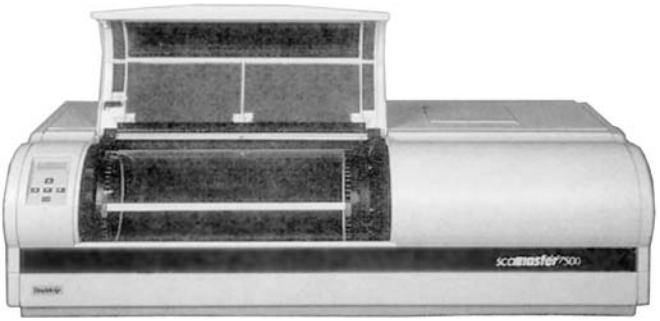


Рис. 19.7. Барабанный сканер

К очевидным недостаткам барабанных сканеров относятся:

- ❒ большие размеры;
- ❒ невозможность непосредственного сканирования книг и журналов.

Проекционные сканеры (рис. 19.8) напоминают фотоувеличитель или проекционный аппарат. В данном случае оригинал располагается изображением вверх на подставке под сканирующей головкой на расстоянии около 30 см. Внутренний источник света при этом не требуется, естественного освещения оказывается достаточно. Механизм поворота внутри головки датчика направляет "глаз" сканера на каждую линию оригинала.

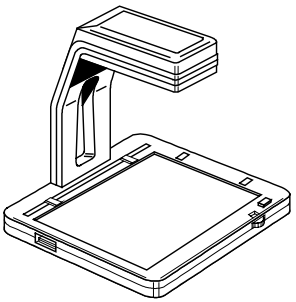


Рис. 19.8. Проекционный сканер

Преимущества проекционных сканеров:

- ❒ удобство выравнивания оригинала;
- ❒ небольшая занимаемая площадь;
- ❒ разнообразие сканируемых оригиналов (в том числе трехмерных);
- ❒ возможность комбинирования плоских и трехмерных оригиналов.

К недостаткам проекционных сканеров следует отнести:

- ❒ зависимость от источника внешнего освещения;
- ❒ ограничения на размер оригинала.

Существуют также *комбинированные* устройства, сочетающие в себе возможности описанных ранее типов сканеров. В качестве примера можно привести модель роликового сканера Niscan Page фирмы Nisca, оснащенную опциями автоматической подачи листов (*autofeeder*) и автоматического перемещения сканера вдоль оригинала (*automation*). К данной категории устройств можно отнести также *сканеры со слайд-модулем*, позволяющим обрабатывать слайды и диапозитивы.

Тип сканируемого изображения

При сканировании нужно стремиться получить результат, требующий минимальной доработки. Предварительное изучение оригинала имеет первостепенное значение, потому что его особенностями определяется выбор режима сканирования и последующей обработки изображения.

Оригинальное изображение принято классифицировать по нескольким характеристикам: цвету, тону. Изображения бывают цветные, серые (полутоновые), черно-белые. Учитывая это, нужно выбирать тип сканера. Тоновая характеристика оригинала (*shadows*, *midtones* или *highlight*) в первую очередь важна для определения методов обработки изображения программными средствами.

Черно-белый

Черно-белым (штриховым) изображением (*line art*) является контурный рисунок, гравюра, логотип, текст и т. п. Штриховым может быть не только черно-белое, но и цветное изображение, т. е. созданное при помощи одной какой-либо краски.

Черно-белые сканеры работают в двухуровневом (*bilevel*) режиме, воспринимая или черный, или белый цвет. В таких сканерах предусматривается настройка порога чувствительности (*threshold*), позволяющая расширить диапазон вводимых оригиналов: от слишком светлых до чрезмерно затемненных. При работе со штриховой графикой особенно важно как можно точнее передать контуры изображения, поэтому сканирование нужно производить с максимальным разрешением.

Полутоновый

Полутоновое изображение представляется различными оттенками серого цвета. Примерами полутоновых изображений могут служить черно-белая фотография или слайд. Существуют и полутоновые рисунки.

Для представления полутонового изображения вводится понятие градаций шкалы яркости, характеризующее количество оттенков серого цвета точек. Существуют модели сканеров, способные создавать 16, 64 и 256 градаций яркости. Дешевые сканеры не могут воспроизводить истинную шкалу ярко-

сти, в них для эмуляции полутоновых изображений применяется либо техника формирования полутонов (*halftoning*), либо техника растрирования (*dithering*).

В режиме полутона (*halftone*) изображение формируется из черных точек разных размеров (полутоновых точек) в зависимости от того, насколько оно светлое или темное. В устройствах, работающих с точками фиксированного размера, полутона воспроизводятся с использованием групп точек одинакового размера для каждой полутоновой точки.

Цветной

Цветное изображение состоит из множества оттенков различной тональности. К данному типу изображений относятся слайды, фотографии, цветные рисунки.

При сканировании цветного изображения оригинал освещается через RGB-светофильтр.

Различия в модификациях цветных сканеров определяются лишь тем, каким способом осуществляется считывание информации: за один проход или за три, а также количеством используемых источников света.

Прозрачность оригинала

По степени прозрачности оригиналы можно условно разделить на две большие группы:

- ❒ отражающие (непрозрачные);
- ❒ прозрачные.

К первой из них относятся всевозможные фотографии, рисунки, страницы книг и журналов, буклеты и т. п. Изображения с подобных оригиналов мы видим в отраженном свете в отличие от *прозрачных* оригиналов (цветные и черно-белые слайды и негативы). Если *отражающие* оригиналы могут быть обработаны с применением большинства описанных нами сканеров, то для работы с их прозрачными аналогами вам потребуется либо специализированный сканер, либо такая модель традиционного сканера, одной из опций которого является дополнительная возможность обработки прозрачных оригиналов.

Специализированные сканеры для обработки слайдов и диапозитивов характеризуются высоким оптическим разрешением и способностью увеличивать небольшие оригиналы до размеров, например, страницы журнала или плаката.

Аппаратный интерфейс

В настоящее время широко используются *стандартные* интерфейсы, применяемые в IBM-совместимых компьютерах (параллельный порт, порт USB, а также интерфейс SCSI). В случае использования стандартного интерфейса, как правило, проблем с распределением системных ресурсов при подключении сканера не возникает.

Программный интерфейс

В комплект поставки всех моделей сканеров входит специальная программа (драйвер), предназначенная для управления выполнением процедуры сканирования и настройки основных параметров сканера. Подобные программы часто дополнительно оснащаются инструментальными средствами манипулирования сканированными изображениями. Как правило, также имеется возможность выбрать один из поддерживаемых форматов файлов для сохранения создаваемых копий.

В первых моделях в комплект поставки сканера также входило специализированное программное обеспечение.

С момента организации консорциума *TWAIN* (*Toolkit Without An Interesting Name*) с участием представителей компаний Aldus, Caere, Eastman Kodak, Hewlett-Packard и Logitech ситуация кардинально изменилась. Представление стандарта с одноименным названием, определяющего порядок обмена данными между прикладной программой и драйвером сканера, позволило решить проблему совместимости различных компьютерных платформ, модификаций сканеров и форматов представления данных. С помощью TWAIN-совместимого сканера можно сканировать изображения из любой программы, поддерживающей спецификации данного стандарта. Примерами подобных программ могут служить Adobe Photoshop, CorelDRAW и др.

Системы распознавания символов

Устройства OCR

OCR (*Optical Character Recognition*) означает оптическое распознавание символов, т. е. сканированный текст, представляющий собой графическое изображение, преобразуется в коды ASCII и в дальнейшем может быть обработан обычными текстовыми редакторами.

Потребность в одновременном считывании как текстовой, так и графической информации в процессе сканирования документа выразилась в разработке устройств оптического считывания текстовой информации различных типов.

Устройства оптического считывания текста — это, по сути дела, графические сканеры, оснащенные специализированным программным обеспечением. Размещаемый на карте расширения сканера или компьютера чип ROM предназначен для аппаратного распознавания текста при сканировании документов. Первые модели таких устройств не имели достаточного быстродействия, распознавали текст с ошибками и поддерживали лишь строго определенный набор шрифтов.

Существуют три основных класса устройств оптического считывания текстовой информации.

- Интеллектуальный сканер (*intelligent scanner*), называемый также процессором составных документов (*compound document processor*), способен распознавать графические области и текст в одном документе. В пределах области расположения графики такой сканер работает как обычный графический сканер, а вне ее выполняет операцию распознавания текстовой информации и преобразует символы в понятный компьютеру код.
- Страничный сканер (*page scanner*) может считывать текстовую информацию в любом месте страницы, но графику он игнорирует. Такой сканер полезен при работе с большим количеством документов, относящихся обычно к категории входящей деловой корреспонденции.
- Считыватель форм (*form reader*) — устройство, предназначенное для работы с документами с нестандартным размещением печатного или рукописного текста на странице.

Программы OCR

Объем работ, требующих распознавания текста, в издательской деятельности не столь велик, чтобы обязательно приобретать дорогостоящие аппаратные устройства OCR. В большинстве случаев достаточно обычного графического сканера с программами OCR, такими как ReadRight или FineReader.

Как правило, сканеры, продающиеся в России, комплектуются триал-версией программы FineReader, которая отлично работает с любыми русскоязычными текстами. С ее помощью не только можно распознать текст, но и сохранить оригинальное форматирование исходного бумажного документа, например таблицы, колонки и рисунки.

Характеристики сканеров

Приведем основные характеристики сканеров.

- Оптическое разрешение (*Optical resolution*) сканера определяется размером элементарного датчика ПЗС и характеризует плотность, с которой сканирующее устройство производит выборку информации в заданной области оригинала. Разрешающая способность сканера измеряется в пикселах на дюйм (*ppi — pixels per inch*). В описании устройства иногда указывается диапазон возможных значений оптического разрешения, это означает, что при сканировании с разрешением, меньшим максимального, используются не все датчики ПЗС.

  Примечание

  Часто используемый для описания оптического разрешения сканера термин *dpi* (*dots per inch*) характеризует (с технической точки зрения) выходное разрешение сканированного изображения в зависимости от выбранного режима печати.

- Максимальное разрешение (*Maximal resolution*) сканера (*ppi*) приводится с учетом интерполяционных возможностей устройства. При помощи методов, называемых интерполяцией, между фактически сканированными точками вставляются дополнительные точки, цвета или градации серого цвета, которые рассчитываются исходя из значений соседних точек. Например, если в результате сканирования один из пикселов имеет значение уровня серого 36, а соседний с ним 88, то предполагается, что уровень серого

для промежуточного пиксела мог бы быть равным 62. Таким образом, если вставить все оценочные значения пикселов в файл отсканированного изображения, то разрешающая способность сканера как бы удвоится, т. е., например, вместо "аппаратной" 400 dpi станет "программной", равной 800 dpi.

- Область сканирования (*Scanning area*) определяет размер самого большого оригинала, который может быть отсканирован устройством.
- Оптический (динамический) диапазон (*Optical* (*dynamic*) *range*) применительно к устройству сканирования характеризует его способность воспроизводить плавные тоновые изменения и выражает различие между самыми светлыми и самыми темными тонами, которые могут быть зафиксированы с помощью сканера.
- Разрядность битового представления (*Bit length representation*) в качестве показателя степени с основанием 2 определяет максимальное число цветов или градаций серого, которые может воспринимать сканер. Для определения данного параметра цветных сканеров также используется термин "глубина цвета" (*Color depth*).
- Метод сканирования (*Scanning method*) при описании моделей цветных сканеров определяет одно- или трехпроходный способ считывания информации о яркости оригинального изображения в трех основных цветах системы RGB.
- Скорость сканирования (*Scanning speed*) — показатель быстродействия сканера, который равен времени, затрачиваемому на обработку одной строки оригинального изображения. Измеряется в миллисекундах (мс). На практике под скоростью сканирования понимают количество страниц черно-белого оригинала, сканируемых в минуту с максимальным оптическим разрешением.
- Технология сканирования (*Scanning technology*) определяется типом и параметрами используемого светочувствительного датчика (ПЗС или фотодиод).
- Тип и цвет источника света. В зависимости от типа и цвета используемого источника света (*Light source*) возможны различные варианты сканирования цветных оригиналов. Например, применение цветных светофильтров для удаления нежелательных пятен или оттенков определенных цветов или уменьшения насыщенности некоторых цветов может оказаться затруднительным в том случае, если в сканере установлен источник не белого света.

- Под интерфейсом (*Interface*) в описании сканера следует понимать варианты аппаратного подключения устройства к компьютеру.

Цифровые фотокамеры

Цифровые фотоаппараты (рис. 19.9) являются сегодня наиболее динамично развивающимся сектором фотооборудования — появляются десятки новых моделей в год, постоянно улучшаются их технические характеристики. В настоящее время, благодаря значительному снижению стоимости и повышению качества получаемых изображений, цифровые фотоаппараты нашли применение, начиная с обычной бытовой съемки и заканчивая полиграфией. Скорость проникновения цифровых фотоаппаратов во все области человеческой деятельности поражает воображение, трудно представить нашу жизнь без этих устройств, самый простой пример — это сотовые телефоны, которые ныне обязаны иметь встроенную камеру для фото и видеосъемки.

а

б

Рис. 19.9. Цифровой фотоаппарат:
а — любительского класса со встроенным объективом;
б — профессиональная зеркальная камера со съемными объективами

Преимущества цифровой фотографии бесспорны: упрощение обработки и редактирования изображений, цветокоррекция снимков, использование различных эффектов. Цифровые изображения могут храниться сколь угодно долго на различных носителях информации и копироваться неограниченное количество раз без ухудшения качества как исходного материала, так и последующих копий.

Производство любительских цифровых компактных фотоаппаратов практически всеми ведущими фирмами-производителями началось в 1996 г. С этого момента на рынке появилось множество цифровых компактных фотоаппаратов по цене, не намного превышающей цену обычных пленочных фотоаппаратов.

Принцип работы

Цифровая камера по принципу работы мало чем отличается от обычного фотоаппарата. Как и любой фотоаппарат, цифровая камера оборудована видоискателем и объективом.

Основное отличие заключается в том, что если в обычном фотоаппарате при наведении видоискателя на объект изображение объекта с помощью объектива проецируется на фотопленку, то в цифровой камере изображение проецируется на специальную светочувствительную матрицу (рис. 19.10).

Рис. 19.10. Принцип работы цифровой камеры

Светочувствительная матрица состоит из множества датчиков. Каждый датчик преобразует интенсивность падающего на него света в напряжение и передает сигнал на аналого-цифровой преобразователь (*analogue-to-digital*

converter — ADC), который преобразует аналоговый сигнал в дискретный цифровой код. Этот цифровой сигнал поступает на специальный процессор цифровых сигналов (*digital signal processor*, DCP), который формирует изображение, преобразует в графический формат и посылает на устройство хранения информации (память, диск и др.).

Светочуствительная матрица

Светочувствительная матрица представляет собой фоточувствительный прибор с переносом заряда (ФППЗ), в котором фоточувствительные элементы организованы в матрицу по строкам и столбцам. За один период интегрирования матричный ФППЗ преобразует в электрический сигнал в один кадр оптического изображения.

В зависимости от способа сканирования фотогенерированных пакетов ФППЗ подразделяются на:

- фоточувствительные приборы с матрицей CCD;
- фоточувствительные приборы с матрицей CMOS.

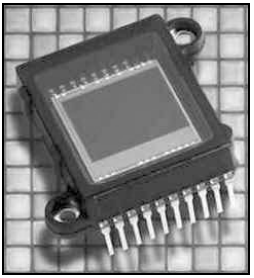
Матричные фоточувствительные приборы с зарядовой связью

Внешний вид и структура матричного ПЗС приведены на рис. 19.11.

Матрица содержит секцию накопления, или, иначе, секцию изображения, секцию хранения, или, иначе, секцию памяти, вертикальные сдвиговые регистры и горизонтальный выходной сдвиговый регистр. Секция накопления представляет собой часть ПЗС, предназначенную для формирования зарядовых пакетов и их накопления.

При использовании в качестве преобразователя свет-сигнал цифровой камеры прибор работает следующим образом. Изображение проецируется на секцию накопления, где происходит накопление фотогенерированных зарядов, пропорциональных освещенности проецируемого изображения. На следующем этапе накопленные заряды перемещаются в вертикальные регистры и по строкам параллельно сдвигаются в выходной горизонтальный сдвиговый регистр.

Таким образом, на выходе горизонтального сдвигового регистра формируется сигнал, который поступает на аналого-цифровой преобразователь.



а

б

Рис. 19.11. Внешний вид (*а*) и структура (*б*) матричного ПЗС

Немного истории

В 1969 г. сотрудники Bell Labs, Уиллард Бойл и Джордж Смит разработали прибор с зарядовой связью — ПЗС (charge coupled device — CCD).

В 1974 г. компания Fairchild Electronics создала первый ПЗС, который имел формат 100x100 пикселов. И уже в 1975 г. новое устройство широко использовалось при конструировании телевизионных камер, телескопов и медицинской техники.

Уиллард Бойл и Джордж Смит

Матричные CMOS приборы

В 1998 г. были разработаны матричные фоточувствительные приборы с зарядовой инжекцией на основе комплементарной структуры типа металл-оксид-

полупроводник (КМОП — CMOS APS, *Complementary Metal Oxyde Semiconductor Active Pixel Sensor*). По сравнению с ПЗС-матрицами они обладают рядом преимуществ: более низким энергопотреблением, возможностью встраивания в каждый элемент APS-микросхемы собственной цепи считывания, аналого-цифрового преобразования и первичной обработки изображений. Но главное преимущество КМОП-микросхем — это их невысокая стоимость. КМОП — стандартная технология изготовления микросхем (процессоров и микросхем памяти), освоенная большинством производителей.

Основным недостатком ПЗС является требование к высокой эффективности переноса заряда. Новые приборы были лишены этого недостатка, поскольку в них заряд, накопленный каждым пикселом, считывается непосредственно на выход устройства, что позволяет резко уменьшить размазывание границ в изображении, улучшая его качество.

Структура матрицы ПЗИ приведена на рис. 19.12.

Рис. 19.12. Структура матрицы фоточувствительного прибора с зарядовой инжекцией (ПЗИ)

Каждый элемент матрицы состоит из двух МОП-емкостей, одна из которых присоединена к горизонтальной шине, другая — к вертикальной. Все элементы изолированы друг от друга специальной областью, надежно предохраняющей накопленные заряды от растекания.

Передача цвета

Сама по себе ПЗС несет информацию только о яркости изображения, но не о его цвете. Для того чтобы получить цветное изображение, перед ПЗС располагают специальные растровые светофильтры. Число элементов в решетке фильтра должно соответствовать числу элементов матрицы. Растровый светофильтр выполняется с учетом того, что основная компонента, определяющая яркость воспроизводимого изображения, содержится в составляющей, создаваемой зелеными участками решетки. По этой причине в растровой решетке, состоящей из 3-х цветов — зеленого, синего и красного, зеленым участкам выделяется половина площади решетки. Вторая половина площади ПЗС делится поровну между красными и синими ячейками (рис. 19.13).

Рис. 19.13. Пример растрового светофильтра для получения цветного изображения

Поскольку пиксел может представить только оттенок одного цвета, истинный цвет вычисляется процессором на основании интерполяции оттенков соседних пикселов.

Интерполяция, естественно, несколько замедляет формирование цветного изображения и ведет к искажению цвета и потере мелких деталей.

Рис. 19.14. Технология X3

В 2002 г. корпорация Foveon выпустила датчик, разработанный на основе новой революционной технологии передачи цвета, разработанной компанией X3. Суть новой технологии заключается в том, что кремний поглощает световые волны разных длин волн на различной глубине. Это дало возможность расположить фотодатчики на трех уровнях таким образом, что на одном уровне воспринимается только красный цвет, на другом — зеленый, а на третьем — синий (рис. 19.14). Но в массовое производство он пока так и не пошел.

Качество изображений

Качество изображений, полученных с помощью цифровой камеры, зависит от параметров объектива и характеристик светочувствительной матрицы, алгоритмов сжатия изображений и др.

Разрешающая способность

Самым важным параметром цифровой камеры является разрешающая способность светочувствительной матрицы, которая характеризуется количеством пикселов. Чем больше пикселов содержит матрица, тем выше ее разрешающая способность, и следовательно больше детализация изображения.

Оптическое разрешение человеческого глаза составляет порядка 120 млн пикселов, а традиционные 35-миллиметровые слайды, по разным оценкам, содержат от 10 до 20 млн элементов изображения.

Современные цифровые камеры выпускаются с матрицами до 26 мегапикселей. Такие технические характеристики позволили практически полностью вытеснить с рынка пленочные фотоаппараты всех классов. Фактически сегодня класс цифровой камеры определяется не возможностями матрицы, а качеством объектива, как это было ранее в эпоху пленки.

Правда, производители могут в характеристиках своей продукции указывать не оптическую, а *интерполяционную* разрешающую способность. При этом методы интерполяции могут быть различными, от простейшего осреднения цветов соседних пикселов до добавления пикселов в зависимости от характера изображения.

Чувствительность

В пленочных фотоаппаратах вы можете улучшить качество снимков в условиях низкой освещенности, взяв более светочувствительную пленку. В циф-

ровых фотоаппаратах максимальная светочувствительность фотоматрицы является постоянной величиной и зависит от размеров пиксела. Чем больше размеры пиксела, тем больше света он воспринимает и тем более чувствительной будет фотоматрица.

Чувствительность ПЗС-матрицы, так же как и обычной фотопленки, измеряется в единицах ISO. Чувствительность изготавливаемых в настоящее время ПЗС-матриц составляет примерно от 100 до 3200 ISO. Значение чувствительности за счет усиления сигнала с ПЗС-матрицы в можно изменять вручную или в автоматическом режиме.

Конечно, слабую освещенность объекта съемки можно компенсировать продолжительностью экспонирования, но этот метод может быть применен только для неподвижных объектов съемки.

Цветопередача

Цветопередача определяется в первую очередь технологией представления цветов. Кроме того, немаловажное значение имеет соответствие цветового баланса фотоматрицы и цветового баланса света, падающего на объект съемки.

Глубина цвета

Глубина цвета отражает разрядность аналого-цифрового преобразователя, установленного в фотоаппарате, т. е. показывает количество информации, которое используется для записи каждого цвета. Чем больше разрядность АЦП, тем большее количество оттенков каждого цветового канала может различить фотоматрица.

Как правило, цифровые фотоаппараты обеспечивают 24-битную глубину цвета (8 — красный, 8 — зеленый, 8 — синий). Для профессиональной работы выпускаются камеры с 10, 12 и 14 битами на один канал, а информация о снимке записывается в формате RAW, который позволяет как бы заново переснять фотографию при обработке на компьютере или используя встроенные функции фотоаппарата.

Формат изображений

Цифровые камеры используют различные способы преобразования изображений. Одни камеры используют собственные графические форматы при сохранении изображений, при этом вместе с цифровой камерой в комплект поставки входит собственное программное обеспечение. При этом в целях

экономии объема памяти может происходить автоматическое сжатие информации с потерей качества. На наш взгляд, наиболее предпочтительными являются цифровые камеры, которые сохраняют изображения в стандартных графических форматах и позволяют пользователям самостоятельно решать вопрос о сжатии изображений.

Особенности

Перечислим основные отличия при эксплуатации цифровых камер от обычных фотоаппаратов.

- При съемке цифровым фотоаппаратом возникают задержки. Одна из задержек (1—2 с) между нажатием на спусковую кнопку и фиксированием изображения связана с подготовкой аппарата к съемке (определение экспозиции, подготовка к работе фотоматрицы, установка баланса белого и др.). Вторая задержка (1—10 с) возникает между последовательными съемками и связана с необходимостью обработки и записи изображения в память.
- Фокусное расстояние и диаметр светового отверстия объектива цифрового фотоаппарата меньше, чем у обычного, поскольку рабочая поверхность фотоматрицы меньше размера кадра стандартной 35 мм пленки (исключение составляют дорогостоящие профессиональные фотокамеры). Для фотографов, привыкших работать со сменными объективами, на объективах цифрового фотоаппарата обычно указывается аналог фокусного расстояния пленочного объектива. Например, на объективе с фокусным расстоянием 28 мм может быть указано "eq. 50 mm".
- Все цифровые камеры имеют оптический видоискатель — атрибут любого пленочного фотоаппарата. Но наряду с ним многие камеры оснащены еще и цветным жидкокристаллическим дисплеем (ЖКД), который показывает изображение именно в том виде, как оно будет записано в карту памяти. При этом можно оценить не только границы кадра и глубину резкости, но и правильность установленной экспозиции.
- Многие цифровые камеры оборудованы стабилизатором изображения (оптический и цифровой), который служит для устранения нежелательных вибраций камеры в момент съемки. Оптический стабилизатор использует перемещение оптики. В цифровом стабилизаторе задействуются пассивные элементы матрицы, которые не принимают участия в формировании изображения.

- Цифровые фотоаппараты позволяют записывать на карту памяти не только статические изображения (фотоснимки), но также видеоизображения и звук. Звук записывается от встроенного микрофона в стандартном звуковом файле, который может быть воспроизведен и отредактирован на компьютере.

Хранение изображений

Сменная память

Первые модели цифровых камер были оборудованы стационарной памятью емкостью 2—3 Мбайт, достаточной для хранения около 30 изображений (кадров) размером 640□480 пикселов. После полного заполнения памяти производить съемку было невозможно до тех пор, пока все изображения не удалены из памяти (после перезаписи на PC).

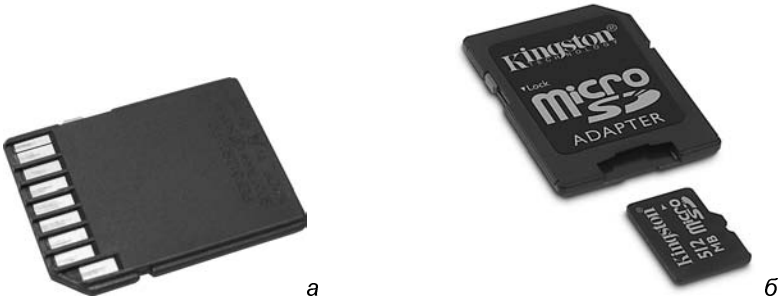
Современные цифровые камеры используют сменную память, которая позволяет, во-первых, удалять отдельные кадры, а во-вторых, извлекать карту памяти из камеры с целью ее замены на новую или перезаписи на PC.

Существует несколько десятков конкурирующих форматов сменной памяти (флэш-карт), но, как правило, в настоящее время используют четыре основных формата и ряд их производных (различных габаритов):

- CompactFlash
- SD
- SmartMedia
- Memory Stick

Рис. 19.15. Флэш-карта типа CompactFlash

Конструкция *флэш-карт* может быть самой разнообразной, а объем памяти достигает уже 16 Гбайт для массовых серий. Пользователи, которые имеют цифровые фотоаппараты, чаще всего используют флэш-карты типа *CompactFlash* (рис. 19.15) и *SD* (рис. 19.16, *а*). Габариты флэш-карты типа CompactFlash довольно существенны[1]. Флэш-карты типа SD за счет малых габаритов чаще используются в различных малогабаритных любительских камерах, причем появился уменьшенный вариант этой популярной флэш-карты. Флэш-карты типа microSD используются в сотовых телефонах. Для подключения их к компьютеру и совместимости со старым форм-фактором SD используется переходник (рис. 19.16, *б*).



а *б*

Рис. 19.16. Флэш-карта типа SD:
а — стандартных размеров; *б* — вариант microSD с переходником

Для цифровых фотоаппаратов корпорации Sony выпускаются флэш-карты типа *Memory Stick*. По мере развития технологий корпорация Sony неоднократно изменяла технические характеристики своих флэш-карт, и, соответственно, их габариты.

а *б*

Рис. 19.17. Флэш-карта типа Memory Stick Duo
и переходник для разъема Memory Stick

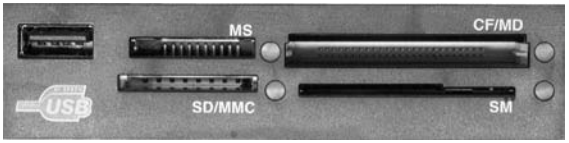
[1] Выпускаются малогабаритные винчестеры, которые полностью совместимы по электрическим и механическим параметрам с флэш-картами CompactFlash.

Ныне чаще используется одна из версий флэш-карты *Memory Stick Duo* (рис. 19.17, *а*), которую, для обеспечения совместимости со старым оборудованием, можно использовать со специальным переходником (рис. 19.17, *б*).

Почти аналогично поступает и компания Olympus, которая снабжает свои цифровые фотоаппараты флэш-картами типа xD (рис. 19.18).

Рис. 19.18. Флэш-карта типа xD

Для чтения флэш-карт на персональном компьютере используют различные считывающие устройства, примерно такие, как это показано на рис. 19.19. Наилучший вариант, когда в 3,5- или 5,25-дюймовом отсеке установлено универсальное считывающее устройство для флэш-карт, как это показано на рис. 19.19, *а*. Если такой полезной штуки нет, то приходится пользоваться каким-либо внешним считывающим устройством (рис. 19.19, *б*), которое обычно подключается через интерфейс USB. Как правило, встроенное в системный блок устройство для чтения флэш-карт имеет на своем корпусе дополнительно один или два разъема для подключения любых USB-устройств, а иногда монтируют разъем и для интерфейса FireWare.



а

б

Рис. 19.19. Считывающее устройство для флэш-карт:
а — установленное в 3,5-дюймовый отсек системного блока;
б — внешнее читающее устройство формата "15 в 1"

Глава 20

Принтеры ударного типа

Первые модели печатающих устройств для PC фактически явились модернизацией электрических пишущих машинок. Дополненные портами ввода, дешифраторами цифрового кода (например, ASCII) и устройствами электромагнитного управления для каждой клавиши, принтеры на базе пишущих машинок оказались весьма удобными (для своего времени) устройствами, поэтому получили достаточно широкое распространение в 1960-х и 1970-х гг.

Дальнейшим развитием ударных принтеров явились принтеры с вращающейся шарообразной головкой, на которую были нанесены буквы и цифры и специальные символы. Однако широкого распространения эти принтеры не получили. Им на смену пришли типовые, а затем и игольчатые принтеры, которые используются и в настоящее время.

Литерный принтер

Литерный (или типовый) принтер очень напоминает электрическую пишущую машинку как по издаваемому шуму, так и по принципу работы.

Принцип действия

Литерный диск представляет собой пластмассовый диск со спицами. На концах этих спиц располагаются прямоугольные пластинки, на которых, как штемпели, нанесены типы (буквы, цифры и знаки препинания). Литерный диск укреплен на оси таким образом, что он располагается перпендикулярно валу и бумаге. Ось приводится в движение (управляется) шаговым двигателем. Позади диска находится ударный механизм (рис. 20.1).

Шаговый двигатель вращает типовый диск до тех пор, пока желаемый знак не окажется точно перед ударником. В этот момент срабатывает ударник, и

конец спицы прессуется на красящую ленту, которая находится между спицей и бумагой, и таким образом происходит печать символа.

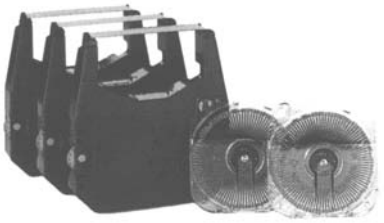


Рис. 20.1. Картридж с красящей лентой и типовые диски

Достоинства

Типовый принтер дает очень чистое изображение букв, конечно, в предположении (как и для всех принтеров, использующих красящую ленту), что лента достаточно черная и неизношенная.

Различные типовые диски взаимозаменяемы, таким образом, благодаря замене диска можно изменить шрифт.

Недостатки

К основным недостаткам таких принтеров можно отнести следующие:

- низкая скорость печати от 30 до 40 знаков в секунду;
- недостаточная универсальность типовых принтеров, которая препятствует их широкому распространению. Печатая на типовом принтере, вы всегда располагаете одним шрифтом и не можете выделить отдельные места документа курсивом или полужирным начертанием (это можно сделать, только остановив принтер на соответствующем месте и заменив типовый диск);
- невозможность печати графического изображения.

Игольчатый принтер

Игольчатый принтер (*Dot-Matrix-Printer*) долгое время являлся стандартным устройством вывода для PC. В то время, когда струйные принтеры работали

еще неудовлетворительно, а цена лазерных была достаточно высока, игольчатые принтеры повсеместно использовались с компьютерами. Они еще применяются и сегодня. Достоинства этих принтеров определяются, в первую очередь, скоростью печати и их универсальностью, которая заключается в способности работать с любой бумагой, а также низкой стоимостью печати.

При выборе принтера вы всегда должны исходить из задач, которые будут перед ним поставлены. Если необходим принтер, который должен целый день без перерыва печатать различные формуляры, или скорость печати важнее, чем качество, то дешевле использовать игольчатый принтер. Если вы хотите получать на бумаге качественное изображение, то используйте струйный или лазерный принтер, однако при этом, естественно, себестоимость каждого листа существенно возрастет.

Принцип действия

Принцип, по которому игольчатый принтер печатает знаки на бумаге, очень прост. В отличие от типового или принтера с шаровой головкой, игольчатый принтер формирует знаки несколькими иголками, расположенными в головке принтера.

Механика подачи бумаги, в общем, мало изменилась: бумага втягивается с помощью вала, а между бумагой и головкой принтера располагается красящая лента. При ударе иголки по этой ленте на бумаге остается закрашенный след.

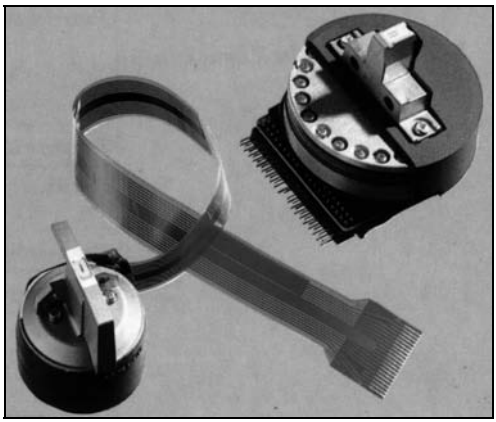


Рис. 20.2. Печатающая головка игольчатого принтера

Иголки, расположенные внутри головки, обычно активизируются электромагнитным методом. Головка (рис. 20.2) двигается по горизонтальной направляющей и управляется шаговым двигателем.

9- и 18-игольчатые принтеры

9-игольчатый принтер является преемником так называемого игольчатого ударного принтера — первого принтера в этой категории. Как уже видно из его названия, в головке принтера находятся 9 иголок (рис. 20.3), которые, как правило, располагаются вертикально в один ряд.

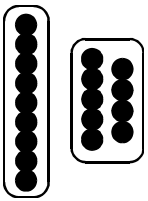


Рис. 20.3. Расположение иголок на 9-игольчатой головке (в один и два ряда)

Благодаря горизонтальному движению головки принтера и активизации отдельных иголок напечатанный знак образует как бы матрицу, причем отдельные буквы, цифры и знаки "заложены" внутри принтера в виде бинарных кодов. По этой причине головка принтера "знает", какие иголки и в каких позициях необходимо активизировать, чтобы, например, создать за 10 шагов головки букву "К" (рис. 20.4).

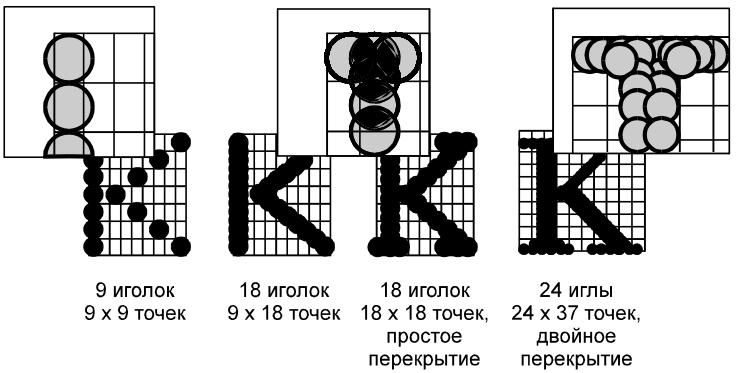


Рис. 20.4. Матрица для буквы "К", зависящая от количества иголок в головке

Примечание

Так как напечатанные знаки внешне представляют собой матрицу, поэтому игольчатый принтер часто называют *матричным принтером*.

Хотя наличие девяти иголок в головке принтера обеспечивает высокую скорость печати, однако хорошего качества достичь не удается.

Для улучшения качества каждую строку пропечатывают два раза, при этом отдельные точки, составляющие знаки, несколько смещаются при втором проходе печати. Такой метод хотя и улучшает качество изображения, но, естественно, увеличивает время процесса печати.

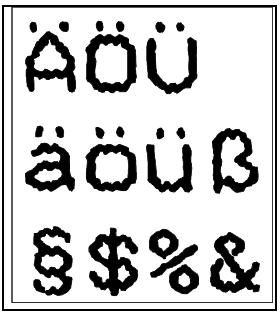


Рис. 20.5. Типичные знаки, полученные на 9-игольчатом принтере (увеличение)

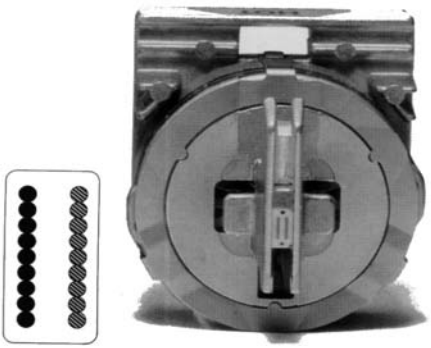


Рис. 20.6. Головка принтера и расположение иголок в 18-игольчатом принтере

Дальнейшим развитием 9-игольчатого принтера стал 18-игольчатый принтер, правда, его технология не имела успеха. В качестве предшественника 24-игольчатого принтера он имел расположение иголок в головке в два ряда по 9 иголок (рис. 20.6).

24-игольчатый принтер

В 24-игольчатых принтерах используется технология последовательного расположения иголок в два ряда. Вследствие того, что иголки в соседних рядах сдвинуты по вертикали, точки на распечатке перекрываются таким образом, что их трудно различить (рис. 20.7).

Иголки расположены в два ряда по 12 штук. Для 24-игольчатых принтеров также имеется возможность перемещения головки дважды по одной и той же

строке, чтобы знаки пропечатывались еще раз с небольшим смещением. Изображение буквы, возникающее таким образом, только при тщательном рассмотрении можно идентифицировать как "произведение" игольчатого принтера. Поэтому такое качество печати обозначают как LQ, что является сокращением от *Letter Quality* (машинописное качество). Несколько худшую по качеству печать соответственно обозначают *NLQ* (*Near Letter Quality*).

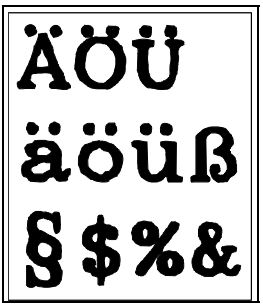


Рис. 20.7. Типичные знаки, полученные на 24-игольчатом принтере (увеличение)

Особенности работы игольчатого принтера

Игольчатые принтеры по сравнению с безударными (*Non-Impact*) принтерами имеют одно существенное преимущество — они могут печатать одновременно несколько копий документа. Мы имеем в виду даже не печать "под копирку" — способ, широко применяемый в России. Речь идет об игольчатых принтерах, которые специально сконструированы для одновременной печати пяти и более экземпляров. Такие принтеры предназначены для эксплуатации в промышленных условиях и могут печатать на карточках, сберегательных книжках и других носителях из плотного материала. В этом смысле использование такого игольчатого принтера более выгодно, чем, например, лазерного принтера, где каждую копию документа необходимо печатать индивидуально, а печать на сберегательной книжке весьма проблематична.

Вообще игольчатый принтер является более универсальным принтером при работе с бумагой, чем лазерный или струйный, для которых, как правило, отсутствует возможность использования бумаги в рулоне. По этой причине игольчатые принтеры часто оборудованы стандартными направляющими для перфорированного рулона. Правда, при печати на рулоне порой возникают

проблемы, связанные с тем, что вертикальный размер листа формата A4 и расстояние между линиями разрыва листа на рулоне отличаются (рулон — 31,48 см, A4 — 29,7 см).

Многие принтеры оборудованы механизмом автоматической подачи бумаги (*Cut Sheet Feeder*), с помощью которого принтер самостоятельно заправляет новый лист (рис. 20.8).

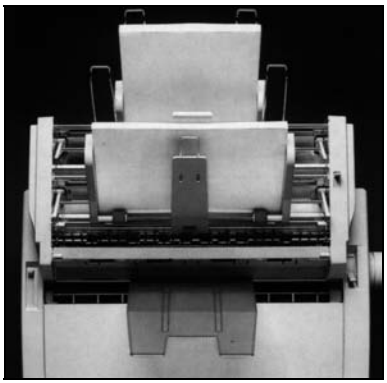


Рис. 20.8. Автоматическая подача листов

Скорость печати

Изготовители всегда указывают теоретическую скорость печати, т. е. максимально возможную скорость чернового (*Draft*) режима, при этом качество печати не играет роли. LQ-печать для игольчатых принтеров длится, конечно же, дольше.

Еще дольше приходится ожидать печать графики, потому что при этом набор знаков не читается из внутренней памяти (ROM) принтера, а каждая печатаемая точка должна рассчитываться.

Единицей измерения скорости печати обычно является число знаков, которое принтер переносит на бумагу за 1 с (*characters per second — cps*).

Объем памяти

Игольчатые принтеры оборудованы внутренней памятью (буфером), которая принимает данные от PC. Объем памяти недорогих игольчатых принтеров

составляет от 4 до 64 Кбайт. Хотя, конечно же, существуют модели, имеющие и больший объем памяти (например, Seikosha SP-2415 имеет буфер размером 175 Кбайт). В области принтеров, как и во всем компьютерном мире, действует правило: чем больше памяти, тем лучше.

Шум

Игольчатый принтер является механическим устройством, а работа механических узлов всегда сопровождается шумом. Если вы не можете работать при постоянном шуме, то переместите принтер в другое место (что проблематично, если расстояние от PC превышает 10 м, о чем сказано в *главе 6*) или установите принтер в звуконепроницаемую коробку, которую можно приобрести в солидном компьютерном центре.

Фирмы — изготовители игольчатых принтеров применяют различные технические решения, чтобы уменьшить шум. Для некоторых принтеров можно включить так называемый тихий режим (*Quiet Mode*). Правда, такое понижение шума обойдется снижением скорости печати в два раза. Лучше оборудуйте внутреннюю сторону корпуса изоляцией, например, из пенопласта.

Разрешение

Так же, как и для других устройств вывода, качество печати зависит от разрешения принтера, т. е. количества точек, которое печатается на одном дюйме (*dots per inch — dpi*). Для игольчатого принтера разрешение играет роль собственно только тогда, когда он печатает в графическом режиме, где должно точно рассчитываться положение каждой отдельной точки на бумаге. При печати обычных текстовых знаков следует помнить, что для механических принтеров существенную роль играют и другие факторы, такие как точность позиционирования головки принтера, количество иголок и качество красящей ленты.

Цветная печать

Только сравнительно небольшое число игольчатых принтеров имели опцию цветной печати. Это можно объяснить тем, что когда на рынке появились первые модели 24-игольчатых цветных принтеров, цена на цветные струйные принтеры уже существенно упала. А качество цветной печати 24-игольчатого принтера, которое реализовано с помощью многоцветной красящей ленты, не идет ни в какое сравнение с качеством печати на струйном принтере.

Шрифты

Многие изготовители оборудуют свои принтеры большим количеством встроенных шрифтов. Эти шрифты записаны в ROM принтера и считываются только оттуда. В связи с этим следует обратить внимание на моменты, указанные ниже.

- Эти шрифты могут использоваться программным обеспечением, если установлен "родной" драйвер принтера. Обычно программы обработки текста "не знают" шрифты, встроенные в принтер, и всегда используют стандартный шрифт.
- При работе в системе Windows изобилие шрифтов TrueType обесценивает наличие большого количества встроенных в принтер шрифтов.

Глава 21

Струйные принтеры

Первой фирмой, изготовившей струйный принтер, является Hewlett-Packard.

Основной принцип работы струйных принтеров чем-то напоминает работу игольчатых, только вместо иголок здесь применяются тонкие, как волос, сопла, которые находятся в головке принтера. В этой головке установлен резервуар с жидкими чернилами, которые через сопла, как микрочастицы, переносятся на материал носителя. Число сопел (от 16 и до нескольких сотен) зависит от модели принтера и изготовителя, например, головка HP DeskJet 1600 имеет 300 сопел для черных чернил и 416 для цветных. На рис. 21.1 показаны модели струйных принтеров из популярных модельных линеек.

а *б*

Рис. 21.1. Струйный принтер HP Deskjet D4300 (*а*) и Epson Stylus T26 (*б*)

Для хранения чернил используются два метода.

- Головка принтера объединена с резервуаром для чернил; замена резервуара с чернилами одновременно связана с заменой головки.
- Используется отдельный резервуар, который через систему капилляров обеспечивает чернилами головку принтера.

Принцип действия

Современные модели струйных принтеров в своей работе могут использовать следующие методы:

- ❒ метод газовых пузырей;
- ❒ пьезоэлектрический метод.

Метод газовых пузырей

Принцип пузырьково-струйной печати был изобретен еще в конце 1970-х гг. С 1984 г. разработку технологии начали компании Hewlett-Packard и Canon, но только в начале 1990-х гг. удалось добиться приемлемого качества и скорости печати. В 1994 г. к Hewlett-Packard и Canon присоединилась компания Lexmark.

Этот способ является термическим и больше известен под названием *инжектируемые пузырьки* (*bubblejet*). При использовании этого метода каждое сопло оборудовано нагревательным элементом, который при пропускании через него тока за несколько микросекунд нагревается до температуры около 500□. Возникающие при резком нагревании газовые пузыри (*bubbles*) стараются вытолкнуть через выходное отверстие сопла необходимую каплю жидких чернил, которая переносится на бумагу (рис. 21.2). При отключении тока нагревательный элемент остывает, паровой пузырь уменьшается и через входное отверстие поступает новая порция чернил.

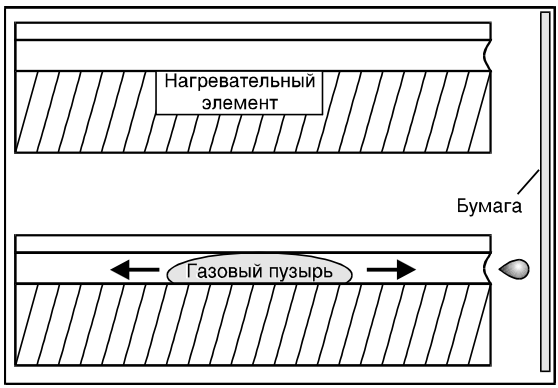


Рис. 21.2. Принцип работы принтера по методу газовых пузырей

Основной недостаток струйно-пузырькового метода заключается в том, что для быстрого выбрасывания капли чернил требуется быстрый нагрев дюзы до высокой температуры. Образование пузырька пара сопровождается испарением растворителя и на стенках дюзы оседает сухой краситель. Когда в дюзу снова поступает жидкость, краситель растворяется, однако некоторая часть красителя успевает разложиться под действием высокой температуры. При этом образуются смолистые вещества, которые уже не растворяются и постепенно накапливаются на стенках, "засоряя дюзы".

Примечание

Дюза (от немецкого Duse), устаревшее название наконечника (сопла, насадки) для выброса (распыления) направленной струи жидкости или газа.

По этой причине картриджи пузырьково-струйного принтера в большинстве случаев представляют собой чернильницу и печатающую головку, объединенные в единую конструкцию. Когда чернила заканчиваются, то картридж выбрасывают, и головка служит недолго.

Некоторые фирмы производят раздельные картриджи с печатающими головками и чернильницы — емкости с чернилами. Но со временем дюзы все же выходят из строя и приходится заменять картридж.

Пьезоэлектрический метод свободен от этих недостатков.

Пьезоэлектрический метод

Физический принцип метода был открыт в конце XIX в. Он основан на способности некоторых кристаллических веществ (их называют пьезоэлектриками) изменять свои размеры под действием электрического поля. Это свойство используется в частности в пьезоэлектрических зажигалках.

В 1993 г. фирма Epson разработала на основе пьезоэлектрического эффекта технологию печати. Эта технология также используется в плоттерах (широкоформатных принтерах) фирмы CalComp.

По конструкции печатающие головки сходны. Принципиальное отличие пьезоэлектрического метода от струйно-пузырькового заключается в том, что вместо нагревательного элемента около дюзы расположен пьезоэлемент, а стенки капилляра сделаны упругими. При печати находящийся в трубке пьезоэлемент, сжимая и разжимая трубку, наполняет капиллярную систему чернилами. Чернила, которые отжимаются назад, перетекают об-

ратно в резервуар, а чернила, которые "выдавились" наружу, оставляют на бумаге точку (рис. 21.3).

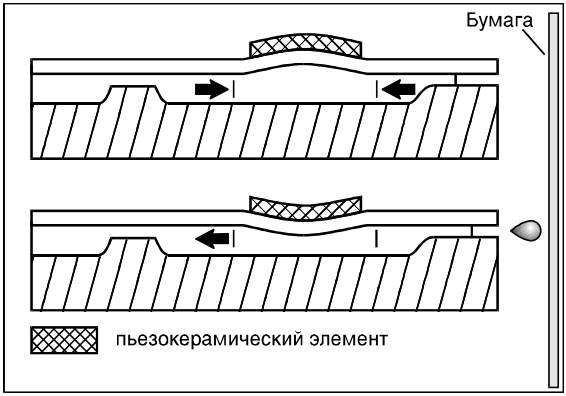


Рис. 21.3. Принцип действия струйного принтера с пьезоэлементами

Поскольку процесс печати сопровождается лишь минимальным нагревом, обусловленным прохождением тока через проводники, то испарение чернил внутри дюзы не происходит, и поэтому дюзы практически не засоряются. Головка служит значительно дольше, чем при печати методом газовых пузырей, и работает в течение всего срока эксплуатации, а картридж принтера представляет собой только чернильницу (или несколько чернильниц, объединенных в одном корпусе). Зато изготовление головки, содержащей сотни пьезоэлементов, технически более сложно и головка получается дороже. Кроме того, в пьезоэлектрических печатающих устройствах не удается добиться столь же высокой плотности размещения дюз, как в струйно-пузырьковых, поэтому номинальное разрешение при печати у последних выше.

Цветной струйный принтер

Цветная печать с помощью игольчатых принтеров не дает желаемого качества. Использование для этой цели других типов принтеров, лазерных или термических, обычным пользователям не по карману. Применение же чернил различного цвета является недорогой и все же достаточно качественной альтернативой, что и привело к широкому распространению струйных принтеров.

Примечание

Обычно цветное изображение формируется при печати наложением друг на друга трех основных цветов: циан (*Cyan*), пурпурный (*Magenta*) и желтый (*Yellow*). Хотя теоретически наложение этих трех цветов должно в итоге давать черный цвет, на практике в большинстве случаев получается серый или коричневый, и поэтому в качестве четвертого основного цвета добавляют черный (*blacK*). На основании этого такую цветовую модель называют CMYK (*Cyan-Magenta-Yellow-blacK*).

Наряду со стандартными цветами (CMYK) современные принтеры фирм Canon и Epson используют *light cyan* и *light magenta*. Эти светло-голубые и светло-пурпурные тона позволяют получить более естественные тона при печати пейзажей (голубое небо, морская вода) и портретов. В ряде принтеров число цветов (чернильниц) доведено до восьми.

Особенности работы струйного принтера

Шум

В противоположность Impact-принтерам, которые являются ударно-механическими, струйные принтеры работают тихо. Лишь двигатель, управляющий головкой принтера, издает легкое гудение. Уровень шума составляет около 40 дБ и меньше.

Скорость печати

Скорость печати струйного принтера, как и игольчатого, зависит от качества печати. Обычно для принтера приводится максимальная достижимая скорость при печати в черновом режиме. Она приблизительно соответствует скорости работы бумагопротяжного механизма. При максимальной скорости строка печатается за один проход головки.

В качестве примера рассмотрим скорость печати в различных режимах струйного принтера Epson Stylus C80, печатающая головка которого содержит 180 сопел (монохромная) и 3□60 (цветная). Максимальная скорость печати составляет:

- монохромный текст — 20 стр./мин;
- цветной текст — 10,5 стр./мин;
- фото 10□15 см — 40 с.

Печать одной страницы монохромного и цветного текста занимает 3 и 6 с соответственно. Это легко объяснить, если учесть, что на каждый из трех цветов приходится по 60 сопел, а на черный — 180. Фотография, площадь которой примерно в два с половиной раза меньше, печатается в семь раз дольше, причина этого — высокое качество печати. Строка печатается не за один проход, а за два или более.

Качество печати

Формальным критерием качества печати является разрешающая способность (разрешение) принтера, которое принято измерять в точках на дюйм. Однако это утверждение верно скорее для черно-белых лазерных принтеров. Для цветных струйных принтеров необходимо учитывать и другие параметры, такие как:

- качество точки;
- качество линий;
- четкость линий и др.

Качество точки существенно влияет на качество всей распечатки. Идеальная точка должна иметь круглую форму и резко выраженные края (рис. 21.4, *а*). Но на практике точки получаются не совсем круглыми, по краям наносится меньше красителя, чем в середине. Кроме того, вокруг наносимой точки нередко образуются мелкие кляксы.

а *б* *в* *г*

Рис. 21.4. Идеальная точка (*а*) и точки хорошего (*б*), удовлетворительного (*в*) и низкого (*г*) качества

При профессиональном тестировании точки фотографируют при помощи микроскопа. Но чтобы приблизительно оценить качество точки, достаточно рассмотреть ее в сильную лупу.

От качества точки в значительной мере зависит другой параметр — *четкость линии*. Четкость линии можно оценить, распечатав тонкую белую ли-

нию на черном или цветном фоне. Если толщина линии неизменна, то принтер обеспечивает высокую четкость и способен сохранить мелкие детали при печати.

К критерию четкости близок другой — *качество линии* (зазубренность кромок). В идеальном случае края линии должны быть совершенно гладкими. Но поскольку линия при печати формируется из точек, ее кромки получаются неровными, зазубренными. Качество линий очень хорошо видно на рисунке, образованном тонкими линиями, сходящимися под очень малым углом. При растекании краски изображение темнеет, т. к. расстояние между линиями уменьшается.

Кроме приведенных объективных критериев качества цветного струйного принтера существуют и субъективные критерии качества, которые определяются нашим зрительным восприятием. В качестве критериев качества фотопечати можно назвать:

- естественные цвета;
- отсутствие видимой зернистости изображения;
- отсутствие пятен или полосы;
- резкие, четко выраженные границы между отдельными объектами;
- плавные переходы цвета на неравномерно освещенных объектах.

С точки зрения передачи цветов в системе CMYK наиболее сложными для передачи, но, как правило, самыми заметными при рассмотрении отпечатка, являются цвет голубого неба, зеленой травы и цвета человеческого лица. Как правило, большинство цветных струйных принтеров имеют в поставке тестовое изображение, которое копируется на жесткий диск при инсталляции драйвера принтера. Только сравнивая тестовые распечатки различных принтеров можно отдать предпочтение одному из них.

Естественно, наилучшее качество печати достигается при использовании специальной бумаги, предназначенной для определенной модели принтера. Но специальная бумага стоит недешево.

В принципе можно отказаться от специальной бумаги, предлагаемой различными изготовителями. Струйный принтер печатает на бумаге плотностью от 60 до 135 г/м^2. Хорошо зарекомендовала себя бумага для ксероксов (80 г/м^2).

Для повышения качества печати фирмы-производители используют различные технические решения, например, принцип регулирования размеров точки. Так, для получения капель разного размера в дюзе струйно-пузырьковой

головки располагают два нагревателя (очень редко три). При этом можно получить капли соответственно двух или трех размеров. Значительно проще это сделать для пьезоэлектрической технологии печати, которой пользуется фирма Epson. Наиболее совершенные принтеры Epson (начиная с Epson Stylus Color 980) печатают точками шести размеров.

Hewlett-Packard применяет в своих принтерах технологию PhotoRet (последняя версия PhotoRet III), согласно которой каждая точка изображения формируется из 29 капель, что дает возможность отобразить до 5000 цветовых оттенков в каждой точке. В предыдущей технологии PhotoRet II для формирования точки использовалось до 16 капель (около 250 цветов), а еще ранее в каждую точку наносилось две капли.

Работа с бумагой

Струйный принтер не может использовать бумагу в рулоне. Подобная обработка бумаги все еще является "вотчиной" игольчатых принтеров. Несколько копий на струйном принтере можно получить только с помощью многократной печати одного и того же документа.

Для получения качественных фотоизображений и изображений, предназначенных для длительного хранения, необходимо использовать специальную бумагу.

Головка принтера

Основным недостатком струйного принтера является относительно большая вероятность засыхания чернил внутри сопла. В этом случае, к сожалению, поможет только одно — заменить печатающую головку (рис. 21.5).

Принтеры некоторых типов нельзя выключать во время эксплуатации, т. к. в этом случае головка останется стоять в промежуточной позиции, что приведет к более быстрому высыханию сопел. Большинство принтеров имеют режим парковки, при котором печатающая головка возвращается в исходное положение внутри принтера, что предотвращает засыхание чернил. Некоторые струйные принтеры оборудованы функцией очистки сопел. В этом случае чернила подаются на головку под бóльшим давлением. Для этого необходимо на панели принтера нажать соответствующую клавишу или в драйвере выбрать соответствующую опцию.

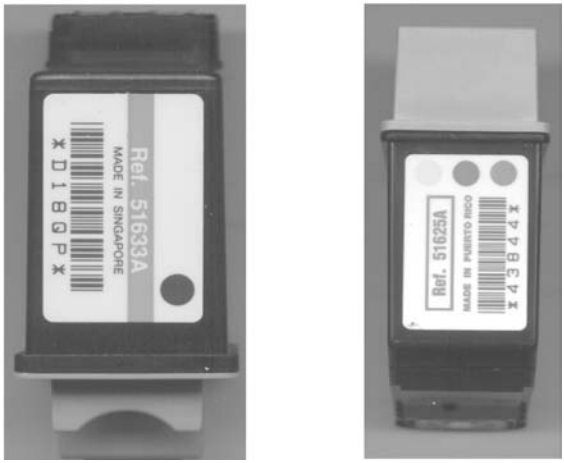


Рис. 21.5. Печатающие головки и резервуары с чернилами струйных принтеров

Примечание

Если головка засохла и функция очистки сопел не помогает, попробуйте сделать следующее. Намочите ватку или бинт в глицерине (или в нашатырном спирте) и поставьте головку на несколько часов отмокать (соплами вниз). Затем запустите процедуру очистки сопел. Иногда это помогает.

Чернила

Чернила, используемые при печати, обычно представляют собой водный раствор органического красителя, реже — водно-спиртовой. Чернила на водной основе — самые дешевые. Обычно на этикетке таких чернил имеется надпись *water based inc*. Иногда в чернила добавляют трудноиспаряющийся органический растворитель, который не позволяет чернилам засыхать в каналах, обычно это глицерин или гликоль.

Чернила находятся в чернильнице — специальной емкости, герметичной либо сообщающейся с воздухом. От чернильницы к печатающей головке ведут тончайшие трубочки — капилляры. Чернила втягиваются в них под действием сил поверхностного натяжения; в каждый момент времени капилляр либо заполнен, либо заполняется.

Поскольку стоимость картриджей для струйных принтеров довольно высока, а заканчиваются они довольно быстро, многие пользователи предпочитают самостоятельно заправлять картриджи.

Внимание!

Для заправки картриджа необходимо использовать только специальные чернила, предназначенные для данной модели вашего принтера. В противном случае вы можете не только не добиться качественной печати, но и испортить печатающую головку. Обычно на упаковках чернил указано, для каких принтеров они предназначены.

При заправке на специальной заправочной станции чернила фильтруются и попадают в картридж (рис. 21.6). При домашней заправке лучше покупать чернила подороже, чтобы не засорить головку. Как правило, хорошие чернила производятся в Европе (например, StarJet (Франция), HP Inc (Германия)), а более дешевые — в Китае (Unocorn), Корее (LG), США (Raven).

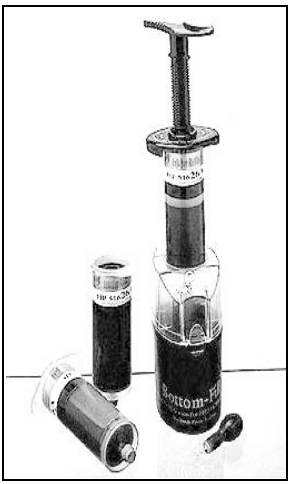


Рис. 21.6. Заправочная станция HP 51626A/51629A/C6614A (BK)

Фотопринтеры

Фотопринтеры — это не особый вид принтеров, а обычные струйные принтеры, которые доработали для работы с цифровыми фотоаппаратами. Появились они совсем недавно, когда цифровые фотокамеры по цене оказались доступными широкому кругу фотолюбителей. Основное назначение фотопринтеров — оперативно, без использования компьютера, распечатать фотографию, хотя такой принтер можно использовать и традиционным способом.

Изначально фотопринтерами считались струйные принтеры формата А4, которые могли выводить изображение повышенного качества. Под этим понимается высококачественная передача цветов, разрешение не менее 300 точек/дюйм и повышенная точность позиционирования. Но очень быстро появились принтеры с дополнительными функциями, которые позволили работать с цифровыми фотокамерами напрямую, без использования компьютера. В дальнейшем были разработаны малогабаритные и переносные модели, рассчитанные для печати фотографий, например, 10□15 см. Такие модели принтеров позволяют взять их в командировку или туристическую поездку (рис. 21.7).

Рис. 21.7. Фотопринтер PictureMate корпорации EPSON

Наиболее продвинутые фотопринтеры снабжаются ЖК-экраном и "зашитым" программным обеспечением, позволяющим редактировать изображения без компьютера. Цветной ЖК-дисплей дает возможность выбрать нужную фотографию, изменить область печати, задать размер, установить яркость и контрастность. Используя функциональные клавиши, пользователь самостоятельно имеет возможность масштабировать и обрезать изображение. Кроме того, при печати разрешается применять различные эффекты, например, напечатать цветной снимок в черно-белом цвете, тонировать монохромное изображение в градациях теплого цвета — как правило коричневого (сепия), придать эффект стертости и многое другое.

Естественно, фотопринтеры снабжают дополнительным интерфейсом, который позволяет подключать цифровую камеру непосредственно к принтеру (варианты USB), а также слотами для подключения почти всех вариантов флэш-карт. Чаще всего фотопринтеры позволяют работать с картами памяти CompactFlash типа I и II, SmartMedia, Sony Memory Stick, Secure Digital и MultiMedia Cards.

В ряде случаев разрешение наиболее совершенных моделей фотопринтеров довели до величины 4800□1200 точек/дюйм (фактическое оптическое разрешение все равно 600□600 точек/дюйм).

На рис. 21.8 и 21.9 показаны фотопринтеры, которые позволяют распечатывать фотографии без использования компьютера. Они снабжены функциями работы с флэш-картами и ЖК-панелью для просмотра фотографий.

Рис. 21.8. Фотопринтер Photo Jetprinter P915 корпорации Lexmark

Рис. 21.9. Фотопринтер Stylus Photo R300 корпорации EPSON

Глава 22

Лазерные принтеры

Лазерный принтер был разработан в корпорации IBM в 1971 г. Однако широкое распространение лазерные принтеры получили начиная с 1984 г., когда Hewlett-Packard выпустила свою первую модель лазерных принтеров LaserJet, которая получила широкую популярность во всем мире.

Несмотря на сильную конкуренцию со стороны струйных принтеров, лазерные принтеры на сегодня позволяют достигать более высокого качества и низкой стоимости для офисной печати.

Немного истории

В 1939 г. два друга по Стендфордскому университету Уильям Р. Хевлетт и Дэвид Пакард организовали компанию Hewlett-Packard. Первое изделие Hewlett-Packard — резистивно-емкостной звуковой генератор, основанный на конструкции, разработанной У. Р. Хевлеттом во время обучения в школе. Первое "предприятие" компании представляло собой маленький гараж в Пало-Альте (Калифорния), а начальный капитал составлял 538 USD.

Уильям Р. Хевлетт (*справа*) и Дэвид Пакард

К сожалению, цветные лазерные принтеры доступны далеко не всем. Однако радует то, что качество получаемого с их помощью изображения приближается к фотографическому, а цены имеют тенденцию к снижению. Уже сейчас цветной лазерный принтер можно приобрести менее чем за 500 USD.

Таким образом, для получения высококачественной черно-белой распечатки следует отдавать предпочтение лазерному принтеру по сравнению со струйным. Если вы желаете получить цветное изображение, то в большинстве случаев можете быть удовлетворены цветным струйным принтером.

Уровень шума при "жужжании" лазерного принтера составляет в среднем 40 дБ. В режиме off-line это значение еще меньше.

Принцип действия

Большинством изготовителей лазерных принтеров используется механизм печати, который применяется в копировальных аппаратах. Принтеры HP и QMS, например, используют механизм печати копировальных аппаратов фирмы Canon.

Важнейшим конструктивным элементом лазерного принтера является вращающийся барабан, с помощью которого производится перенос изображения на бумагу. Барабан представляет собой металлический цилиндр, покрытый тонкой пленкой светопроводящего полупроводника (рис. 22.1). Обычно в качестве такого полупроводника используется оксид цинка. По поверхности барабана с помощью тонкой проволоки или сетки, называемой коронирующим проводом, равномерно распределяется статический заряд. На этот провод подается высокое напряжение, вызывающее возникновение вокруг него светящейся ионизированной области, называемой *короной*.

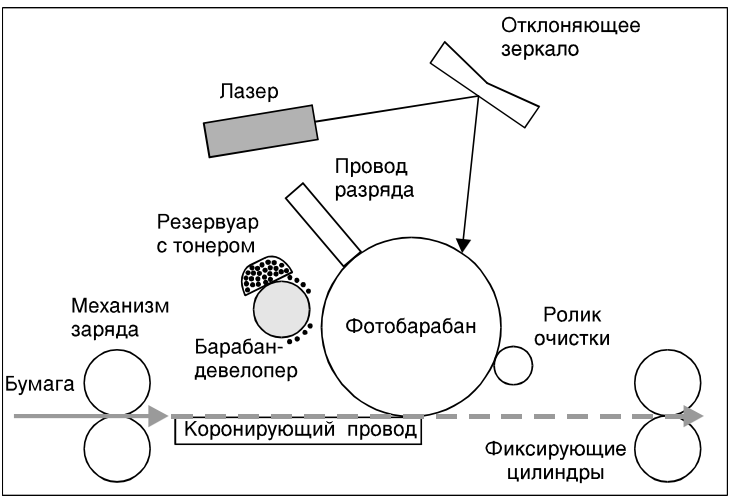


Рис. 22.1. Функциональная схема лазерного принтера

Лазер, управляемый микроконтроллером, генерирует тонкий световой луч, отражающийся от вращающегося зеркала. Этот луч, приходя на барабан,

изменяет его электрический заряд в точке прикосновения. Для некоторых типов принтеров потенциал поверхности барабана уменьшается от 900 до 200 В. Таким образом, на барабане возникает скрытая копия изображения.

На следующем рабочем шаге на фотонаборный барабан наносится *тонер* — мельчайшая красящая пыль. Под действием статического заряда эти мелкие частицы легко притягиваются к поверхности барабана в точках, подвергшихся экспозиции, и формируют изображение.

Бумага втягивается из подающего лотка и с помощью системы валиков перемещается к барабану. Перед самым барабаном бумаге сообщается статический заряд. Затем бумага соприкасается с барабаном и притягивает, благодаря своему заряду, частички тонера от барабана.

Для фиксации тонера бумага вновь заряжается и пропускается между двумя роликами с температурой около 180 °С. После собственно процесса печати барабан полностью разряжается, очищается от прилипших лишних частиц и готов для нового процесса печати.

Альтернативой приведенному принципу действия является так называемый *светодиодный* принтер, или LED-принтер (*Light Emitting Diode*). Вместо лазерных лучей, управляемых с помощью механики зеркал, в этом принтере барабан освещает неподвижная диодная строка, состоящая из 2500 светодиодов, которая описывает не каждую точку, а целую строку. На этом принципе работает лазерный LED-принтер OKI.

В цветном лазерном принтере изображение формируется на светочувствительной фотоприемной ленте последовательно для каждого цвета (Cyan, Magenta, Yellow, Black). Лист печатается за четыре прохода, что, естественно, сказывается на скорости печати, имеются четыре емкости для тонеров и от двух до четырех узлов проявления. Принтеры этого класса оборудованы большим объемом памяти, процессором и, как правило, собственным винчестером. На винчестере располагаются разнообразные шрифты и специальные программы, которые управляют работой, контролируют состояние и оптимизируют производительность принтера. В результате цветные лазерные принтеры являются весьма габаритными и массивными аппаратами.

Технологически процесс цветной печати на лазерном принтере осуществляется очень сложно, поэтому и цены на такие принтеры еще очень высоки.

В настоящее время даже дорогие модели цветных лазерных принтеров не дают идеального фотографического качества.

Особенности работы

Скорость печати

Скорость печати лазерного принтера определяется двумя факторами. Первый из них — это время механической протяжки бумаги, другой — скорость обработки данных, поступающих от PC, и формирования растровой страницы для печати.

Как правило, лазерный принтер оборудован собственным процессором. Ранее, для черно-белых принтеров использовался микропроцессор Motorola 68000, а в высокопроизводительных принтерах, например HP, процессор, имеющий тактовую частоту более 133 МГц и сокращенный набор команд (RISC-архитектура). Одно время, когда процессоры были дорогими, для удешевления принтеров разработали модели, функционирующие на основе интерфейса графического устройства (Graphic Device Interface, GDI). Подобные принтеры, оснащенные специальным контроллером, используются для построения образа страницы и пересылки данных CPU компьютера. Вывод изображения с помощью принтера GDI, естественно, сопровождается дополнительной нагрузкой на систему. В настоящее время во всех лазерных принтерах используются высокопроизводительные процессоры, как специализированные, так и общего назначения.

Так как лазерный принтер является страничным принтером (т. е. он формирует для печати полную страницу, а не отдельные строки, как игольчатый или струйный), скорость печати измеряется в страницах в минуту.

Средний лазерный принтер печатает примерно 8—14 страниц в минуту. Высокопроизводительные принтеры, которые используются в компьютерных сетях для рабочих групп, могут печатать до 20 и более страниц в минуту.

Лазерный принтер печатает страницы не с одной и той же скоростью, т. к. каждая страница, выданная для печати, обрабатывается внутренним процессором. При печати сложных графических изображений лазерный принтер может "задумываться", особенно это касается дешевых моделей для офисов и дома.

Разрешение

Разрешение лазерного принтера по горизонтали и по вертикали определяется факторами, перечисленными ниже.

- Вертикальное разрешение соответствует шагу барабана и для большинства принтеров составляет 1/600 дюйма (для более дешевых — 1/300 дюйма).

- Горизонтальное разрешение определяется числом точек в одной строке и ограничено точностью наведения лазерного луча.

Поэтому сегодня многие модели принтеров имеют "несимметричное разрешение", равное, например, 1200□600 dpi, когда точность перемещения лазерного луча составляет 1/1200 дюйма, но шаг барабана по-прежнему 1/600 дюйма. Воспроизводимое изображение разбивается при этом не на квадратики, а на прямоугольники со сторонами 1/600 и 1/1200 дюйма. Так как луч лазера может перемещаться не только по горизонтали, но и по вертикали, то он способен поставить точку либо в верхней, либо в нижней части прямоугольника. В этом случае говорится об алгоритмическом разрешении. Очевидно, что алгоритмическое высокое разрешение заменяет реальное лишь отчасти. Оно позволяет сделать края изображений более гладкими (рис. 22.2).

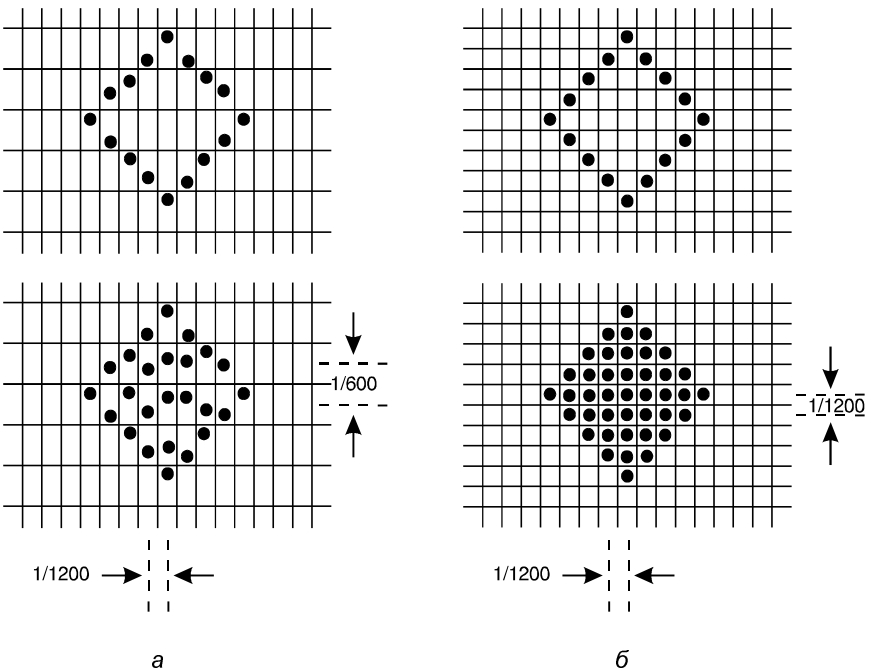


Рис. 22.2. Разрешение 1200×1200 dpi алгоритмическое (*а*) и аппаратное (*б*)

Для передачи полутонов изображение принято разбивать на несколько ячеек. Например, для принтеров с разрешением 300□300 dpi часто применяется квадратная ячейка из 25 точек размером 0,42□0,42 мм (длина стороны

1/60 дюйма), со сторонами, повернутыми на 45□ относительно вертикали. При этом возможна передача 26 оттенков серого (от 0 до 25 точек в ячейке). Именно таковы рекомендации языка PostScript Level 1. Так как размер ячейки достаточно велик, а число оттенков мало, то изображение получается несколько зернистым.

В высококачественных принтерах такая ячейка состоит из 128 точек и тоже имеет вид квадрата, развернутого на 45 градусов. При разрешении 1200□ □1200 dpi его размер составляет 0,25□0,25 мм. Качество изображения улучшается не только потому, что меньше размер ячейки, но и из-за увеличения числа оттенков серого до 129.

Проблемы, которые имеются (или имелись) у других типов принтеров, также присущи и лазерным принтерам.

Для игольчатых или струйных принтеров толщина иголок или сопел обусловливает неравномерное расположение отдельных точек, из которых, например, создается диагональная линия. В результате этого возникает так называемый "лестничный эффект", который проявляется не только при печати графических изображений, но и при печати крупного текста.

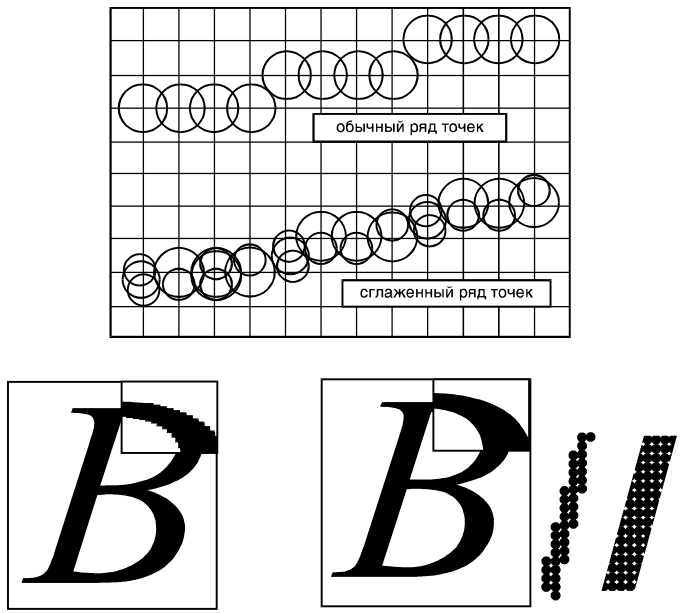


Рис. 22.3. Результат применения RET-технологии

Эту проблему впервые решила фирма Hewlett-Packard, применив технологию повышения разрешения (*Resolution Enhancement Technology, RET*), также называемую *RET-технологией*. Эта технология была реализована с помощью специального чипа, который управляет интенсивностью луча лазера и поэтому может манипулировать энергией заряда барабана. При использовании этого метода заряд каждой точки растра варьируется пятью градациями. RET-технология повышает качество вывода текста, штриховых и полутоновых изображений (рис. 22.3).

Другие изготовители переняли эту технологию под другим именем. Фирма OKI называет ее *Smoothing Technology*, компания NEC оборудует свои принтеры технологией *S.E.T.* (*Sharp Edge Technology*), а фирма Epson, не мудрствуя лукаво, назвала ее *RIT* (*Resolution Improvement Technology*).

Память

Лазерный принтер обрабатывает целые страницы, что, естественно, связано с большим количеством вычислений. При разрешении 300□300 dpi на странице формата A4 насчитывается почти 9 млн точек, а при разрешении 1200□1200 — более 140 млн. Скорость печати определяется не только работой процессора, но и существенно зависит от объема памяти, которой оборудован принтер.

Величина памяти лазерного принтера 1 Мбайт является нижней границей, более ощутима емкость памяти от 2 до 4 Мбайт. Цветные лазерные принтеры имеют еще большую память. Принтер, который функционирует в сети, часто имеет еще и внешнюю память (винчестер).

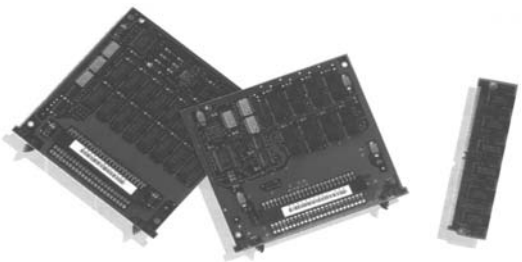


Рис. 22.4. Платы расширения памяти лазерного принтера

Лазерный принтер может быть дооборудован дополнительной памятью. Обычно в него устанавливаются специальные карты с DRAM- или SIMM-

модулями. Некоторые принтеры имеют возможность расширения памяти с помощью модулей (рис. 22.4).

Дорогие принтеры часто оборудованы *флэш-памятью* (*EEPROM* — перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство), которая предназначена для хранения различных шрифтов, шаблонов и др. Обладая флэш-памятью, принтер выигрывает в скорости за счет того, что не тратит время на загрузку этих аксессуаров из PC. Модели принтеров различных фирм с этой же целью оснащаются шрифтовыми картриджами, которые, к сожалению, для русскоязычного пользователя порой совершенно бесполезны.

Работа с бумагой

Как правило, большинство лазерных принтеров могут печатать на бумаге формата A4 и меньше, правда, в последнее время появились принтеры, способные печатать на листах формата A3. Кроме того, если раньше печать на рулоне считалась прерогативой лишь игольчатых принтеров, то сейчас на рынке появились модели лазерных принтеров, которые также могут использовать для работы бумагу в рулоне.

Некоторые лазерные принтеры могут печатать на обеих сторонах листа; во многих дорогих моделях предусмотрена возможность их доукомплектования для обеспечения двусторонней печати.

Для некоторых принтеров, предназначенных для работы в сети, предусмотрены специальные виды работы с бумагой: выборка листов из нескольких лотков, печать на листе формата A3 и даже раскладка напечатанных листов по нескольким приемным карманам.

Расход материала и срок службы

Лазерный принтер является взыскательным устройством, многие компоненты которого функционируют в экстремальных условиях.

Решающим элементом, определяющим качество работы и срок службы лазерного принтера, является сменный барабан. Загрязненный барабан "одарит" распечатку мягким затемнением или светлым пятном из-за плохой фиксации на нем тонера. Поэтому мы не рекомендуем вам печатать на обратной стороне уже распечатанного листа или подвергать барабан длительному освещению (более 3 мин). Ресурс барабана лазерного принтера зависит от модели и составляет для недорогих принтеров 40 000—60 000 страниц.

Некоторые изготовители оборудуют картридж несколькими составными элементами (например, барабан и резервуар с тонером у принтеров фирмы Hewlett-Packard), что экономически не совсем оправдано. Необходимость работать с отдельным барабаном и резервуаром для тонера делает принтер менее удобным по сравнению с устройствами, в которых эти узлы объединены. К тому же многие изготовители (OKI, HP) или обслуживающие фирмы принимают картриджи для восстановления и перезарядки тонера.

Сетевой принтер

Широкое распространение получило использование лазерных принтеров в сети. Конечно же, это удобнее, чем переносить файл на чей-то PC с подключенным принтером. Если принтер используется как сетевой (рис. 22.5), то его прямое подключение к сети крайне выгодно, т. к. нет необходимости выделять отдельную рабочую станцию для управления принтером и, кроме того, принтер может быть установлен в любом удобном месте.

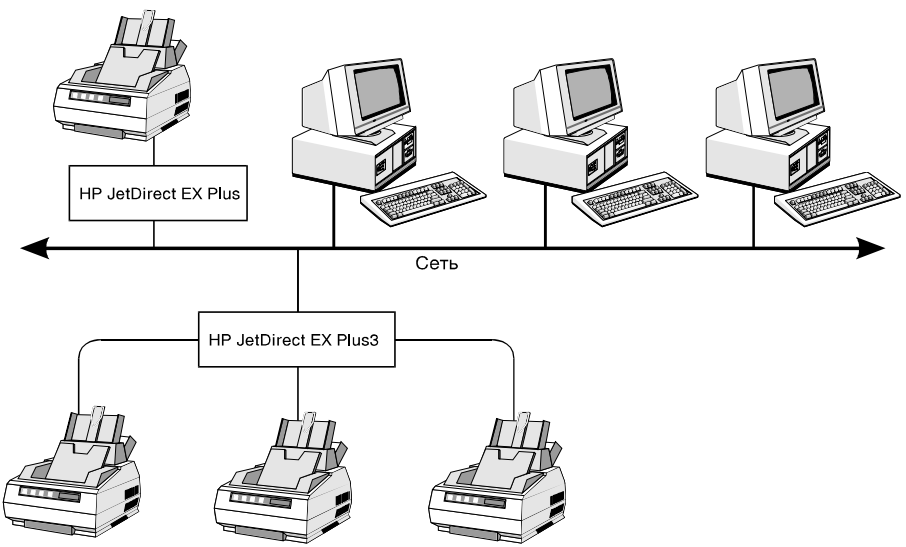


Рис. 22.5. Применение принт-серверов и сетевой интерфейсной карты для организации сетевого использования лазерного принтера

Для использования принтера как сетевого в него должна быть установлена сетевая интерфейсная карта (*Network Interface Card, NIC*) для принтеров или

подключен внешний блок аппаратного сервера печати (принт-сервера), один разъем которого подсоединяется к параллельному порту принтера. В последних моделях сетевых лазерных принтеров карта NIC, как правило, уже установлена. Принтеры, содержащие NIC, позволяют обойтись без выделенного PC и могут уменьшить затраты времени на печать по сравнению с другими вариантами организации вывода на печать в сетевой среде. Установка сетевой интерфейсной карты показана на рис. 22.6.

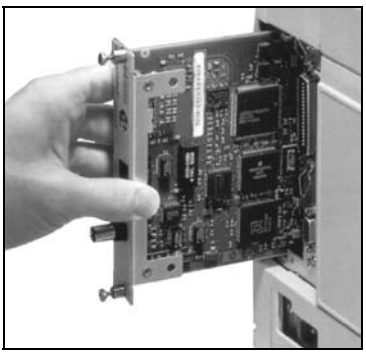


Рис. 22.6. Установка сетевой интерфейсной карты HPJet+Direct

Язык принтера

Тем, чем для PC является операционная система, для принтера является его язык. PC поставляет принтеру исключительно биты, а что с ними делать, это уже проблемы принтера.

Как и при всех попытках стандартизации, в этой области наблюдается "вавилонское многообразие". В этом разделе мы остановимся на языках, использующихся в лазерных принтерах.

Обычно глубокие знания языка управления принтером необходимы лишь программистам, создающим программы взаимодействия с принтером. Простому пользователю достаточно знать общие команды и указания для принтера, чтобы, например, установить необходимое число копий распечатываемого документа или поля при печати.

Набор команд языка принтера обычно содержится в ROM принтера и, соответственно, интерпретируется его CPU.

PCL6

Стандартный язык для лазерного принтера, разработанный фирмой Hewlett-Packard, называется *PCL* (*Printer Control Language*). В настоящее время актуальной является версия 6, называемая соответственно PCL 6. PCL впервые был установлен в принтере HP LaserJet III. Все версии PCL являются совместимыми снизу вверх.

Но PCL содержит не только команды для управления принтером (аналогичные ESC-последовательностям для игольчатого принтера), в него также интегрированы графические функции, описывающие, например, геометрические фигуры или поворот шрифтов.

HP-GL

HP-GL (Hewlett-Packard Graphics Language) является языком принтера, разговор о котором более уместен при рассмотрении плоттеров, также является языком принтера, разработанным фирмой Hewlett-Packard, и представляет собой практически индустриальную норму для чертежных плоттеров. HP-GL является расширением команд PCL, дополненным командами управления последовательным интерфейсом, к которому обычно подключается плоттер. Команды HP-GL предоставляют в распоряжение принтера инструкции, с помощью которых изображение может быть повернуто на любой угол и отображено зеркально.

PostScript

Третий распространенный язык для лазерного принтера называется PostScript — это стандартизированный язык описания страницы, который предоставляет также возможность работы и с цветом.

Разработка языка PostScript была начата фирмой Evansj Suther Land, разрабатывающей языки программирования для графической компьютерной анимации. Затем PostScript был доработан компанией Xerox и, наконец, усовершенствован фирмой Adobe.

PostScript предполагает наличие мощного аппаратного обеспечения. Шрифты посылаются на принтер не в виде растрового изображения типа bitmap, а имеются в распоряжении принтера в векторном виде. Но т. к. лазерный принтер строит страницу целиком из точек, эти векторы должны быть снова пре-

образованы с помощью RIP (*Raster Image Processor*) в растровое изображение. Для формирования знаков RIP хранит в ROM принтера контур каждого символа. Когда возникает необходимость создать битовый массив знака, интерпретатор PostScript должен получить информацию о выбранном знаке, его начертании, размере и расположении на странице. Используя эту информацию, интерпретатор выбирает контур знака, масштабирует его до заданного размера и размещает в указанном месте битового массива страницы. Так же обрабатываются и геометрические изображения.

Лазерный принтер дома

В последнее время начала появляться тенденция производства дешевых лазерных черно-белых принтеров (около 4000 руб.), которые предназначены для дома и небольшого офиса. Как правило, подобные принтеры имеют небольшой ресурс работы и невысокую скорость работы (производительность). Но несмотря на недостатки, они отлично заменяют все остальные типы принтеров, причем стоимость печати на них наиболее низка.

Рис. 22.7. Лазерный цветной принтер Samsung CLP-300

В малом офисе, когда нет необходимости в высокой производительности и в ряде функций, можно использовать цветной лазерный принтер стоимостью в 10—15 тыс. руб., которым доступна фотопечать. Использовать дешевые модели цветных лазерных принтеров для печати фотографий невозможно из-за точечной структуры изображения. Но, как и везде, есть исключения. Например, принтер Samsung C510 с возможностью печати 1200 точек/дюйм дает вполне приличное фотоизображение. Для улучшения качества фотографий

отпечатанные листы желательно ламинировать, например, пленкой толщиной 60 мкм. Но нужно сделать следующее замечание — наилучший эффект от фотографий достигается при печати оттисков размером не меньше 13□18 см, т. к. при меньших размерах величина точек краски сравнима с деталями лица.

Внешний вид большинства современных моделей лазерных принтеров не блещет оригинальностью, как это имеет место для других типов принтеров. В основном это почти квадратные пластмассовые ящики, да изредка встречаются слегка округлые конструкции. На рис. 22.7 показана малогабаритная модель цветного лазерного принтера Samsung CLP-300, предназначенного для использования в домашних условиях и небольших офисах.

Примечание

При выборе лазерного принтера для домашнего использования следует обращать внимание не только на разрешение печати, но и на уровень шума и потребляемую мощность. Желательно, чтобы принтер не "гудел" постоянно и потребляемая мощность нагревательного элемента не превышала возможности вашей электропроводки (оба параметра весьма существенны!).

Внимание!

Не оставляйте длительное время лазерный принтер включенным, если он используется в домашних условиях. В нем присутствуют элементы, которые нагреты выше 100 °С, что приводит к выделению токсичных газообразных веществ в атмосферу. Желательно использование лазерного принтера в проветриваемом помещении.

ГЛАВА 23

Специализированные устройства печати

Термический принтер

Цветные лазерные принтеры пока не идеальны. Для получения цветного изображения с качеством, близким к фотографическому, или изготовления допечатных цветных проб используют термические принтеры или, как их еще называют, цветные принтеры высокого класса.

В настоящее время распространение получили три технологии цветной термопечати:

- струйный перенос расплавленного красителя (термопластичная печать);
- контактный перенос расплавленного красителя (термовосковая печать);
- термоперенос красителя (сублимационная печать).

Рис. 23.1. Кассета с пленкой для сублимационного принтера

Общим для последних двух технологий является нагрев красителя и перенос его на бумагу (пленку) в жидкой или газообразной фазе. Многоцветный краситель, как правило, нанесен на тонкую лавсановую пленку толщиной 5 мкм

(рис. 23.1). Пленка перемещается с помощью лентопротяжного механизма, который конструктивно схож с аналогичным узлом игольчатого принтера. Матрица нагревательных элементов за 3—4 прохода формирует цветное изображение.

Термовосковые принтеры переносят краситель, растворенный в воске, на бумагу, нагревая ленту с цветным воском (рис. 23.2, *а*). Как правило, для подобных принтеров необходима бумага со специальным покрытием. Термовосковые принтеры обычно используются там, где требуется высокое качество цветной печати.

Для печати изображения, почти не отличающегося от фотографии, и изготовления допечатных проб лучше всего использовать сублимационные принтеры. По принципу работы они аналогичны термовосковым, но переносят с ленты на бумагу только краситель (не имеющий восковой основы) — рис. 23.2, *б*.

а *б*

Рис. 23.2. Принцип работы термовоскового (*а*) и сублимационного (*б*) принтеров

Принтеры, использующие струйный перенос расплавленного красителя, называют еще восковыми принтерами с твердым красителем (рис. 23.3). При печати блоки цветного воска расплавляются и выбрызгиваются на носитель, создавая яркие насыщенные цвета на любой поверхности. Полученные таким образом "фотографии" выглядят слегка зернистыми, но удовлетворяют всем критериям фотографического качества. Этот принтер не годится для изготовления диапозитивов, поскольку капли воска после высыхания имеют полусферическую форму и создают сферический эффект.

Рис. 23.3. Принцип работы воскового принтера с твердым красителем

Имеются термические принтеры, которые совмещают в себе технологию сублимационной и термовосковой печати (рис. 23.4). Такие принтеры позволяют печатать на одном устройстве как черновые, так и чистовые оттиски.

а

б

Рис. 23.4. *а* — сублимационный фотопринтер Selphy CP750 производства компании Canon; *б* — термовосковой принтер 8559 производства компании Xerox

Плоттер

Плоттер является устройством вывода, которое применяется только в специальных областях. Плоттеры обычно используются совместно с программами CAD. Результат работы практически любой такой программы — это комплект конструкторской и/или технологической документации, в которой значительную часть составляют графические материалы. Таким образом, "вотчиной" плоттера являются чертежи, схемы, графики, диаграммы и т. п. Для этого плоттер оборудован специальными вспомогательными средствами.

Поле для черчения у плоттеров соответствует стандартам ISO (форматы A4—A0) или ANSI (форматы A—E).

Рис. 23.6. Плоттер формата A0

Все современные плоттеры можно отнести к двум большим классам.

- Планшетные для форматов A3—A2 (реже A1—A0) с фиксацией листа электрическим, реже магнитным или механическим способом, и пишущим узлом. Таким образом, если, например, необходимо провести линию, то печатающий узел перемещается в ее начальную точку, опускается штифт с пером, соответствующим толщине и цвету проводимой линии, и затем перо перемещается до конечной точки линии.

- Барабанные (рулонные) плоттеры с шириной бумаги формата A1 или A0, роликовой подачей листа, механическим и/или вакуумным прижимом и с пишущим узлом.

Барабанные плоттеры используют рулоны бумаги длиной до нескольких десятков метров и позволяют создавать длинные рисунки и чертежи. Пример барабанного плоттера представлен на рис. 23.6.

Большинство плоттеров имеют пишущий узел перьевого типа (*pen plotters*). Используются специальные фломастеры с возможностью их автоматической замены (по сигналу программы) из доступного набора. Кроме фломастеров применяются чернильные, шариковые пишущие узлы, рапидографы, кабирафы и многие другие устройства, обеспечивающие различную ширину линий, насыщенность, цветовую палитру и т. д.

Стандартный язык HP-GL/2

В качестве устройства для вывода текста плоттер подходит весьма условно — его преимущество, прежде всего, заключается в точной и быстрой прорисовке чертежей с помощью геометрических элементов. Эти возможности плоттер реализует с помощью стандартного языка HP-GL. С 1990-х гг. новая версия HP-GL/2 (совместимая снизу вверх с HP-GL) обеспечила повышение скорости передачи данных, управления шрифтами, толщиной, цветом, заливками и штриховками. HP-GL уже упоминался в *главе 22*.

Некоторые фирмы дополнительно применяют для векторной и растровой графики свои вариации форматов данных, систем команд и драйверов (DMPI, CalComp, MHGL, BLG, HP-RTI, GALS Grovp4 и др.). Однако поддержка или эмуляция HP-GL является обязательной.

Глава 24

Локальные сети

Локальная сеть (*Local Area Network, LAN*) представляет собой соединение нескольких PC с помощью соответствующего аппаратного и программного обеспечения. Слово "локальная" в этом названии означает, что все соединенные PC находятся, как правило, в одном здании или соседних зданиях. Кроме LAN, существуют и другие сети.

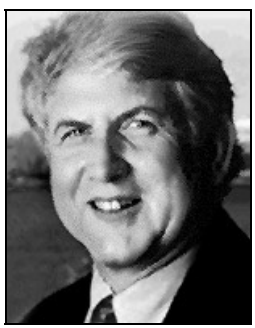
- MAN (*Metropolitan Area Network*). В этой сети основой является соединение систем в пределах города. В качестве области ее применения можно представить компьютеризированную главную управляющую систему или управление информацией о жителях большого города.
- WAN (*Wide Area Network*). В данном случае речь идет о сети, которая может соединять несколько стран.
- GAN (*Global Area Network*) обозначает сеть, которая соединяет континенты.

Естественно, PC может работать в любой из этих сетей. Однако типичной областью его применения является именно локальная сеть. Благодаря открытой архитектуре сети компьютер имеет возможности для подключения в сеть.

Немного истории

В 1974 г. в исследовательском центре PARC (Palo Alto Research Centre) фирмы Xerox Боб Меткалф и Дэвид Боггс продемонстрировали работу первой **локальной вычислительной сети Ethernet**. Она функционировала со скоростью 2,944 Мбит/с и соединяла друг с другом два компьютера. Эти компьютеры имели собственные имена "Майкельсон" и "Морли" — по имени двух ученых (Michelson и Morley) XIX века, доказавших, что "эфира" (ether) не существует.

Позже Боб Меткалф сформулировал так называемый закон Меткалфа, служивший "верой и правдой" в тех случаях, когда надо было обосновать необходимость создания ЛВС (локальной вычислительной системы): стоимость ЛВС с ростом числа узлов растет линейно, а ценность — пропорционально квадрату числа узлов.



Боб Меткалф

Топология сети

Прежде чем решить, в каком виде будет существовать сеть, необходимо точно представлять ее возможности и понимать, какие формы сетей вас удовлетворяют. Установка LAN обычно является достаточно дорогостоящим мероприятием, поэтому вы должны планировать его более тщательно, чем установку или замену отдельных плат PC. Преимущества, которые получит ваш коллектив (предприятие) от объединения в сеть нескольких компьютеров, следующие:

- распределение данных (*Data Sharing*). Данные в сети хранятся на центральном PC и могут быть доступны для любого PC, подключенного к сети, поэтому не надо на каждом рабочем месте иметь накопители для хранения одной и той же информации;
- распределение ресурсов (*Resource Sharing*). Периферийные (чаще всего дорогие) устройства могут быть доступны для всех пользователей сети, например, факс или лазерный принтер;
- распределение программ (*Software Sharing*). Все пользователи сети могут иметь доступ к программам, которые были один раз централизованно установлены. Конечно, при этом должна работать сетевая версия соответствующих программ;
- электронная почта (*Electronic Mail*). Все пользователи сети могут передавать или принимать сообщения.

На предприятии, имеющем сеть, включающую несколько сотен рабочих мест, должен быть специалист, который отвечает за функционирование всей сети. Такого специалиста называют *сетевым администратором* или *супервизором*.

Так как обычно в сети циркулирует большое количество данных, то необходимо тщательно и планомерно заботиться о защите информации. Например, могут быть установлены дополнительные винчестеры (зеркальные), на которых дублируется информация, или накопители большой емкости (стримеры), с помощью которых обеспечивается планомерное копирование (архивирование) данных.

Кроме того, в сети каждый пользователь может иметь доступ ко всей информации, т. е. прочитать и изменить любые данные. Обычно это нежелательно, и не только из соображений безопасности. Соответствующие действия пользователей сети регулируются определенными правами доступа, которые устанавливают, какому пользователю разрешено читать или записывать те или

иные данные. Для разграничения доступа, распределения ресурсов сети и обеспечения сохранности данных необходимо сетевое администрирование.

Способ соединения компьютеров в сети называется *топологией.* Поэтому прежде чем говорить об отдельных компонентах, мы хотим представить важнейшие топологии сетей. При этом вы встретитесь с некоторыми понятиями, которые поясняются в последующих главах.

Прежде всего следует запомнить, что *файловый сервер* (или просто *сервер*) — это центральный компьютер всей локальной сети, с которым тем или иным способом связаны рабочие станции (*Workstations*) — клиенты.

PC—PC (псевдосеть)

Самым дешевым, хотя и неэффективным, решением для передачи данных является соединение двух PC через последовательный интерфейс (подобное соединение называют иногда псевдосетью — рис. 24.1). В этом случае кроме интерфейсов необходим только кабель, соединяющий PC. Этот кабель часто называют *кабелем нуль-модема*, поскольку связь между двумя PC осуществляется без использования устройства усиления, а также преобразования переданных и полученных данных, называемого *модемом*.

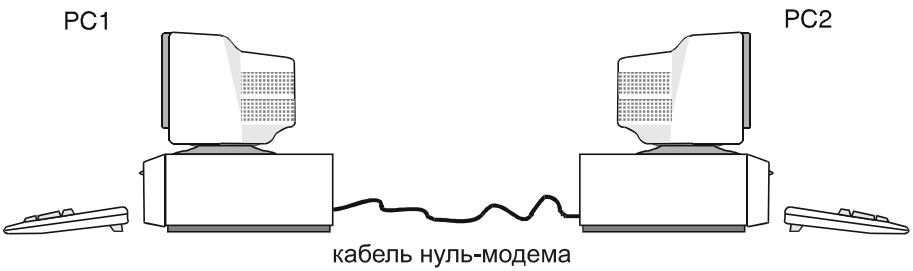


Рис. 24.1. Связанные между собой два PC

Существенным преимуществом последовательного интерфейса является то, что кабель для передачи данных может быть намного длиннее, чем для параллельного интерфейса, т. к. опасность потери данных гораздо меньше. Такой кабель нуль-модема может иметь длину более 100 м и позволяет без проблем соединить два PC, находящихся даже на разных этажах офиса (рис. 24.2).

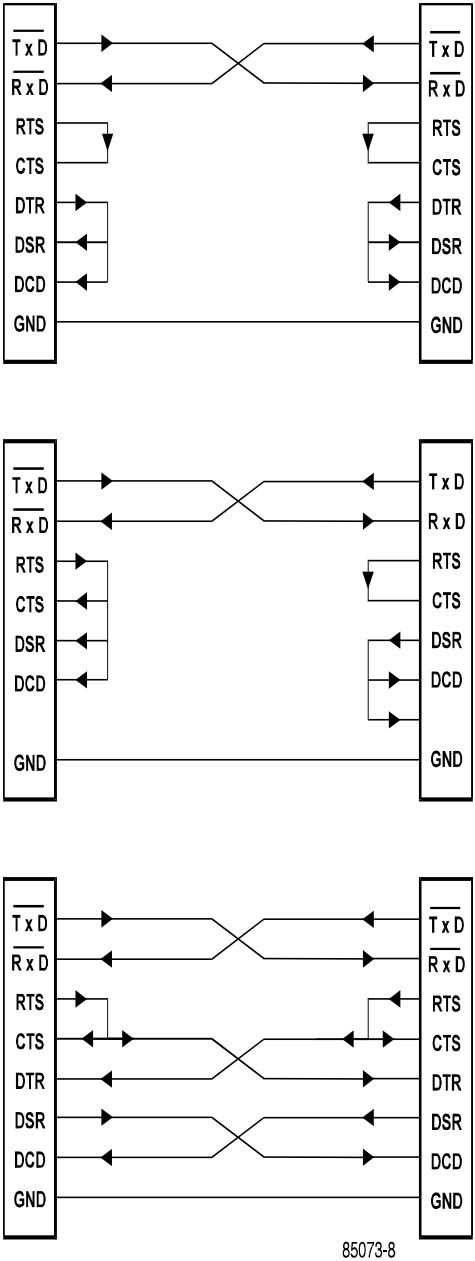


Рис. 24.2. Соединение PC
с помощью кабеля нуль-модема

Кабель нуль-модема внешне выглядит так же, как и любой другой кабель, соединяющий периферийные устройства с последовательным интерфейсом, но отличается распайкой проводников. Некоторые проводники не используются, другие включены перекрестно.

Если вы хотите самостоятельно изготовить кабель нуль-модема с двумя 9-контактными разъемами, то, очевидно, вам не обойтись без схемы соединений, приведенной на рис. 24.2.

Одноранговая сеть

Одноранговая сеть, называемая еще *peer-to-peer* (рис. 24.3), не имеет центрального компьютера и работает без резервирования файлов. Некоторые аппаратные средства (винчестеры, приводы CD-ROM) и, прежде всего, дорогие периферийные устройства (сканеры, принтеры и др.), подключенные к отдельным PC, используются совместно на всех рабочих местах.

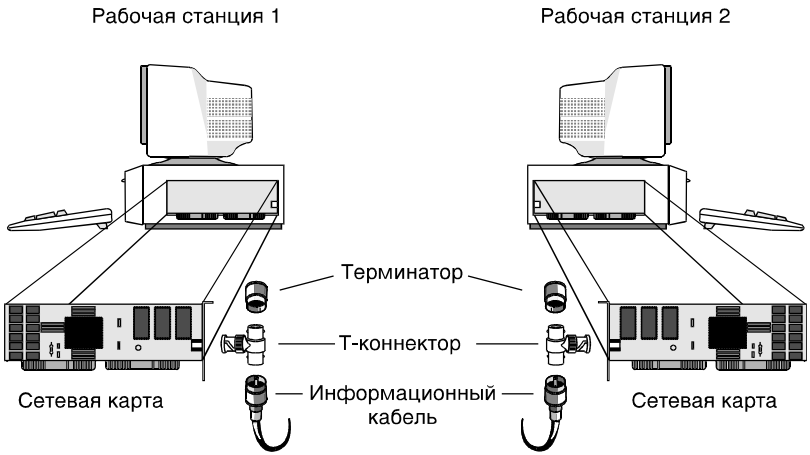


Рис. 24.3. Одноранговая сеть

Каждый пользователь одноранговой сети может определить права доступа другим пользователям к информации на своем PC. Механизмом ограничения прав пользователей является возможность блокировки доступа к дискам и другим периферийным устройствам, подключенным к его компьютеру.

Если количество пользователей одноранговой сети превышает 10, ее работа замедляется. В этом случае нужно использовать более мощные PC.

Сеть типа клиент-сервер

Под сетью типа клиент-сервер понимают сеть, в центре которой находится мощный PC (называемый сервером или файловым сервером), соединенный с отдельными рабочими станциями (клиентами). Такое соединение компьютеров называют сетью типа *клиент-сервер.*

Отдельные рабочие станции используют ресурсы сервера, поэтому могут быть оснащены более скромно. Управление сетью, в смысле управления отдельными рабочими станциями, а также контроль за периферийными устройствами сети, такими как модемы, факсы и т. д., осуществляется специальным мощным сетевым программным обеспечением. Топология таких сетей может быть различной.

Топология "звезда"

В сети с топологией "звезда" файловый сервер находится в центре (рис. 24.4).

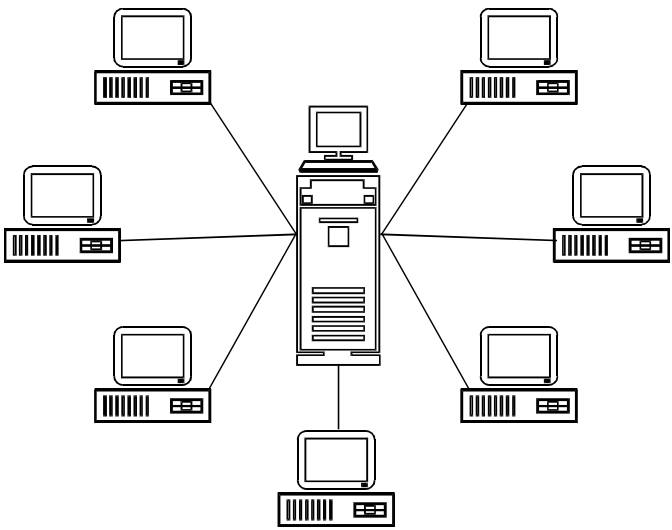


Рис. 24.4. Топология "звезда"

Сеть такого типа имеет свои достоинства.

- Повреждение кабеля является проблемой для одного конкретного компьютера и в целом не сказывается на работе сети.

- Просто выполняется подключение, т. к. рабочая станция должна соединяться только с сервером.
- Надежный механизм защиты от несанкционированного доступа.
- Высокая скорость передачи данных от рабочей станции к серверу.

Кроме достоинств, имеются и недостатки. Перечислим их.

- Если географически сервер находится не в центре сети, то подключение к нему отдельных удаленных рабочих станций может быть затруднительным и дорогим.
- В то время как передача данных от рабочей станции к серверу (и обратно) происходит быстро, скорость передачи данных между отдельными рабочими станциями мала.
- Мощность всей сети зависит от возможностей сервера. Если он недостаточно оснащен или плохо сконфигурирован, то будет являться "тормозом" для всей системы.
- Невозможна коммуникация между отдельными рабочими станциями без сервера.

Кольцевая топология

В случае кольцевой тополгии все рабочие станции и сервер соединены друг с другом по кольцу, по которому посылаются данные и адрес получателя. Рабочие станции получают соответствующие данные, анализируя адрес посланного сообщения. Топология такой сети показана на рис. 24.5.

Достоинства:

- т. к. информация постоянно циркулирует по кругу между последовательно соединенными PC, то существенно сокращается время доступа к этим данным;
- нет ограничений на длину всей сети, т. е. имеет значение только расстояние между отдельными компьютерами.

Недостатки:

- время передачи данных увеличивается пропорционально числу соединенных в кольцо компьютеров;
- каждая рабочая станция причастна к передаче данных. Выход из строя одной станции может парализовать всю сеть, если не используются специальные переходные соединения;

- при подключении новых рабочих станций сеть должна быть кратковременно выключена.

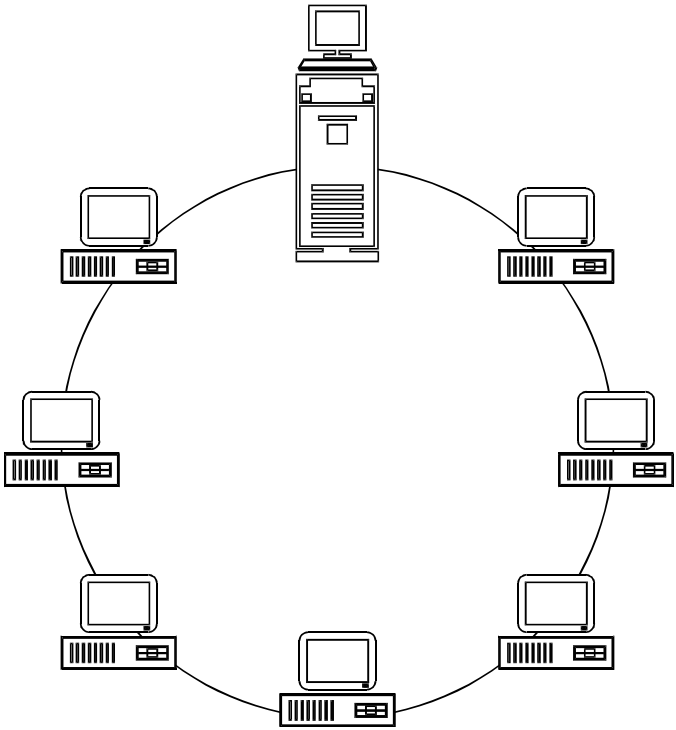


Рис. 24.5. Кольцевая топология

Шинная топология

Сеть с шинной топологией похожа на центральную линию, к которой подключены сервер и отдельные рабочие станции. Она получила широкое распространение, что, прежде всего, можно объяснить небольшими потребностями в кабеле и высокой скоростью передачи данных.

Для исключения затухания электрического информационного сигнала вследствие переотражений в линии связи такой сети на концах линии устанавливаются специальные заглушки, называемые *терминаторами* (рис. 24.6).

Достоинства:

- небольшие затраты на кабели;

- рабочие станции в любой момент времени могут быть установлены или отключены без прерывания работы всей сети;
- рабочие станции могут коммутироваться друг с другом без помощи сервера.

Недостатки:

- при обрыве кабеля выходит из строя весь участок сети от места разрыва;
- возможность несанкционированного подключения к сети, поскольку для увеличения числа рабочих станций нет необходимости в прерывании работы сети.

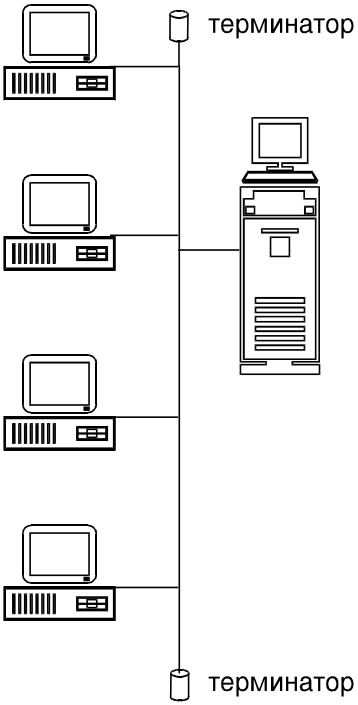


Рис. 24.6. Шинная топология

Компоненты локальной сети

Основой для организации локальной сети являются обычные PC, подключаемые в сеть с помощью специальной карты расширения — *сетевой карты*. Сеть устанавливается относительно легко, но сетевые карты должны быть

еще сконфигурированы. В больших сетях для решения специальных задач могут выделяться отдельные PC, например, сервер печати для управления принтером или коммуникационный сервер для связи с модемами и т. п. К тому же пользователям или группам пользователей необходимо назначить соответствующие права доступа к ресурсам сети.

Файловый сервер

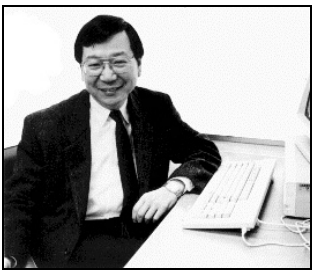
Файловому серверу в сети принадлежит центральная роль. Следовательно, в его качестве должен использоваться достаточно мощный PC с развитой периферией в зависимости от числа подключенных рабочих станций.

Более старые версии сетей предлагали возможности использования сервера в так называемом невыделенном режиме (*non dedicated*). В этом случае файловый сервер функционирует не только как центральный PC, но может использоваться как обычная рабочая станция. Очевидно, что это выгодно в смысле цены.

Но из-за сервера, "отвлеченного" на решение задач пользователя, испытывает затруднения вся сеть, поэтому мы рекомендуем использовать сервер только в выделенном режиме (*dedicated*).

Немного истории

В 1977 г. японские ученые М. Токоро (Mario Tokoro — в последующем вице-президент компании Sony) и К. Тамару (Kiichirou Tamaru) разработали способ использования Ethernet в радиоканале (Acknowledging Ethernet). Авторы предложили по окончании приема информационного блока сообщения посылать в ответ небольшой пакет подтверждения. Эта работа стала первой ступенькой к современным радио ЛВС IEEE 802.11 и IEEE 802.15.



Марио Такоро

Рабочая станция

Оснащение отдельных рабочих станций внутри сети зависит от оснащения сервера. Если файловому серверу выделена центральная роль, то в качестве рабочих станций могут использоваться менее мощные PC.

По-другому выглядит одноранговая сеть, в которой отсутствует файловый сервер. Здесь чем лучше отдельные станции, тем лучше распределение ре-

сурсов внутри всей сети. Дорогие периферийные устройства, такие как сканер, модем, сменные жесткие диски и т. п., необходимо устанавливать лишь на одной рабочей станции, т. к. в сети эти ресурсы доступны всем пользователям.

Сетевые карты

PC, как правило, подключается в сеть с помощью сетевой карты. Исключение составляет псевдосеть, где PC соединяются с помощью кабеля нуль-модема. Сетевая карта устанавливается в один из свободных слотов материнской платы. При этом сервер не обязательно должен иметь лучшую карту, чем рабочие станции, однако для обеспечения оптимальной эффективности следует оснащать рабочие станции 16-разрядными, а по возможности 32-разрядными сетевыми картами.

Сетевые карты являются посредниками между PC и сетью и передают данные по системе шин к CPU и RAM сервера или рабочей станции (рис. 24.7). Сетевая карта оборудована собственным процессором и памятью, обычно имеющей объем 8—16 Кбайт.

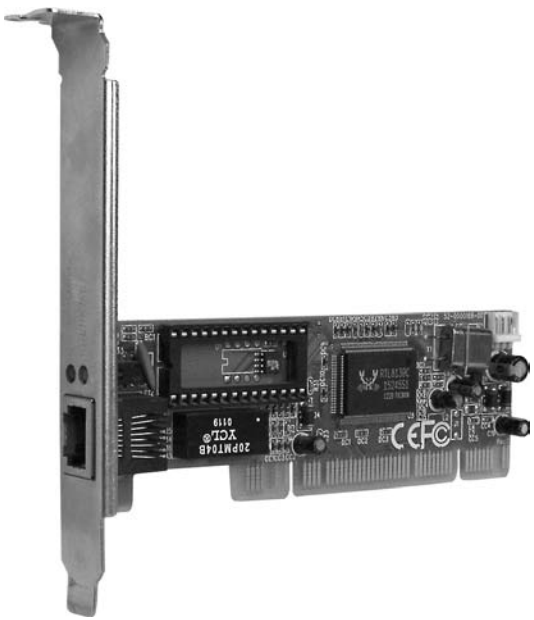


Рис. 24.7. Сетевая карта Ethernet

Большинство сетевых плат предусматривает использование микросхемы ROM удаленной загрузки (*Remote Boot ROM*) типа 2764, 27 128 или 27 256. Это нужно для бездисковых станций (не имеющих ни винчестера, ни дисководов). Загрузка операционной системы в память таких PC происходит через сеть. Эта микросхема инициирует процесс загрузки. Чтобы компьютер знал ее местонахождение, надо на сетевой карте установить для нее базовый адрес.

На внешней стороне карты имеются разъемы для подключения кабелей. В современных сетевых картах применяется разъем для подключения витой пары.

Кабели

В сети данные циркулируют по кабелям, соединяющим отдельные компьютеры разными способами в зависимости от выбранной топологии сети, которые могут носить названия Ethernet, Arcnet, Token Ring. Но в настоящее время наиболее широкое распространение получила сеть Ethernet.

> ***ПРИМЕЧАНИЕ***
>
> Первоначальная версия Ethernet была разработана в середине 1970-х гг. фирмой Xerox. В начале 1980-х гг. фирмы DEC, Intel и Xerox совместно подготовили и опубликовали спецификации стандарта Ethernet, также называемого стандартом DIX по первым буквам названий фирм.

В зависимости от типа используемого кабеля на кабельные системы разрабатываются спецификации, которыми определяются такие параметры сети, как топология, максимальное количество сегментов и узлов в сегменте сети, максимальная длина сети и т. п. Основные спецификации, действующие в настоящее время, приведены в табл. 26.1.

Большинство сбоев и ошибок внутри сети происходит из-за некачественного или дефектного кабеля или кабельного разъема. В зависимости от топологии поиск неисправности может быть весьма трудоемким, особенно если кабель спрятан под полом или в кабельном канале. При создании сети желательно использовать готовые кабели с разъемами и пользоваться специальными инструментами (рис. 24.8), с помощью которых возможно надежное подсоединение кабельных разъемов.

В большинстве случаев применяются всего три вида кабелей:

- коаксиальный (двух типов):
  - тонкий коаксиальный кабель (*thin coaxial cable*);
  - толстый коаксиальный кабель (*thick coaxial cable*);

- витая пара (двух основных типов):
  - неэкранированная витая пара (unshielded twisted pair — UTP);
  - экранированная витая пара (shielded twisted pair — STP);
- оптоволоконный кабель (двух типов):
  - многомодовый кабель (fiber optic cable multimode);
  - одномодовый кабель (fiber optic cable single mode).

Рис. 24.8. Инструменты для организации сети

Коаксиальный кабель

Коаксиальный кабель (рис. 24.9) состоит из центрального проводника (одножильного или многожильного) и внешней экранирующей оплетки.

Рис. 24.9. Коаксиальный кабель

Между ними находится внутренний изолирующий материал. Внешняя изоляция защищает от воздействия окружающей среды. Благодаря хорошей защищенности кабеля от помех с его помощью можно соединять устройства на расстоянии нескольких километров.

Существуют два варианта реализации Ethernet на коаксиальном кабеле: так называемые тонкий и толстый Ethernet (точнее, Ethernet на тонком кабеле и Ethernet на толстом кабеле). Названия пошли от формального различия в толщине используемого кабеля: в первом случае диаметр кабеля составляет 0,2", во втором — 0,4". На самом деле различия между ними более существенны.

Витая пара

Витая пара (*Twisted Pair*) — это два изолированных скрученных медных провода. Реальный кабель состоит, как правило, не из одной, а из нескольких витых пар. Для Ethernet используется 8-жильный кабель, т. е. состоящий физически из 4-х витых пар (рис. 24.10).

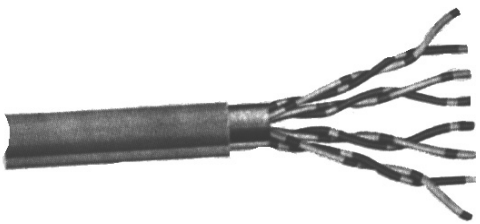


Рис. 24.10. Витая пара

Каждая пара состоит из двух проводов, именуемых Ring и Tip, с соответствующими паре номерами, а именно, Ring1, Tip1, Ring2, Tip2 и т. д. Провода, как правило, имеют оплетку определенных цветов:

- 1-я пара — синий и белый с синими полосками;
- 2-я пара — оранжевый и белый с оранжевыми полосками;
- 3-я пара — зеленый и белый с зелеными полосками;
- 4-я пара — коричневый и белый с коричневыми полосками.

Согласно международному стандарту ISO/IEC 11801, провода подразделяются на несколько категорий (табл. 26.2).

Таблица 26.2. *Стандарты проводов на витой паре*

Тип провода	Область применения
Category 1	Используется для телефонных коммуникаций и не подходит для передачи данных
Category 2	Используется для передачи данных со скоростью до 4 Мбит/с
Category 3	Используется для передачи данных со скоростью до 10 Мбит/с. Применяется в сетях Ethernet на витой паре (10Base-T)
Category 4	Используется для передачи данных со скоростью до 16 Мбит/с. Применяется в сетях Token Ring
Category 5	Используется для передачи данных со скоростью до 100 Мбит/с. Применяется в сетях 100Base-TX и других, требующих такую скорость
Category 5+	Сертифицирован для частоты до 300 МГц
Category 6	Сертифицирован для частоты до 600 МГц

В качестве примера в табл. 26.3 приведены электрические характеристики кабелей категории 5.

Таблица 26.3. *Электрические характеристики кабелей категории 5*

Параметр	Значение
Число пар	2 или 4
Импеданс	100 Ом ±15%
Емкость на частоте 1 КГц, не более	5,6 нФ на 100 м
Максимальное затухание (дБ на 100 м, при температуре 20 °С) на частоте: 16 МГц 31 МГц 100 МГц	 8,2 11,7 22
Переходное затухание NEXT (дБ, не менее) на частоте: 16 МГц 31 МГц 100 МГц	 44 39 32

Обычно на проводе обозначен его тип. Например: "CATEGORY 5 UTP ...". При этом различают неэкранированный (*UTP — Unshielded Twisted Pair*) и экранированный (*STP — Shielded Twisted Pair*) кабели. Для характеристики диаметра провода обычно применяется американский стандарт AWG (*American Wire Gauge*). Для создания сети на витой паре следует использовать провода, соответствующие 22 или 24 AWG.

Одной из характеристик кабелей UTP является переходное затухание или уровень переходных помех (NEXT). Уровень переходных помех характеризуется мощностью сигнала, наведенного от соседних пар. Поскольку затухание в кабеле снижает уровень принятого сигнала, высокий уровень переходных помех может приводить к искажению принятого сигнала.

Межпарные наводки на концах кабеля зависят от длины раскрученной части каждой пары при установке разъема. При малой длине раскрученной части пар и хорошей скрутке по всей длине уровень переходных помех снижается. Одним из способов снижения переходных помех является использование пар с наиболее частой скруткой.

Оптоволоконный кабель

Кабель, проводящий световые волны, известен как оптоволоконный кабель (рис. 24.11). Он состоит из двух проводов, причем каждый из них может передавать данные только в одном направлении. Информационный сигнал, передаваемый по такому проводу, не подвержен влиянию электрических полей. В каждой оболочке находятся усиливающие волокна в виде слоев пластика.

Скорость передачи данных по оптоволоконному кабелю составляет несколько гигабит в секунду, причем длина кабеля практически не играет никакой роли. Первые проблемы начинаются при длине кабеля около 50 км, что для локальных сетей более чем достаточно. Но, вместе с тем, это и самый дорогой способ коммуникации, прежде всего он выгоден в области телеконференций.

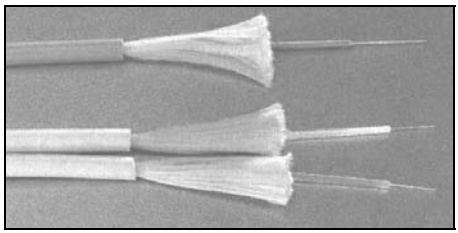


Рис. 24.11. Оптоволоконный кабель

Подключение компонентов сети

При покупке оборудования для создания локальной сети, следует учитывать ряд факторов, определяющих конструкцию сетевой карты. В настоящее время используется 3 стандарта, различаемых по скорости передачи, а также ряд модификаций по типу кабеля. Самый старый стандарт — это платы со скоростью передачи данных 10 Мбит/с, и с разъемом под коаксиальный кабель; увы, такие сетевые карты использовать с современным оборудованием практически невозможно. Наиболее распространенные ныне сетевые карты разрабатываются по стандартам, определяющим скорость передачи данных в 10, 100 и 1000 Мбит/с, или как пишут в документации: 10/100, 100/1000 и 10/100/1000 Мбит/с. Наиболее дешевые и универсальные варианты сетевых плат разрабатываются под кабель "неэкранированная витая пара".

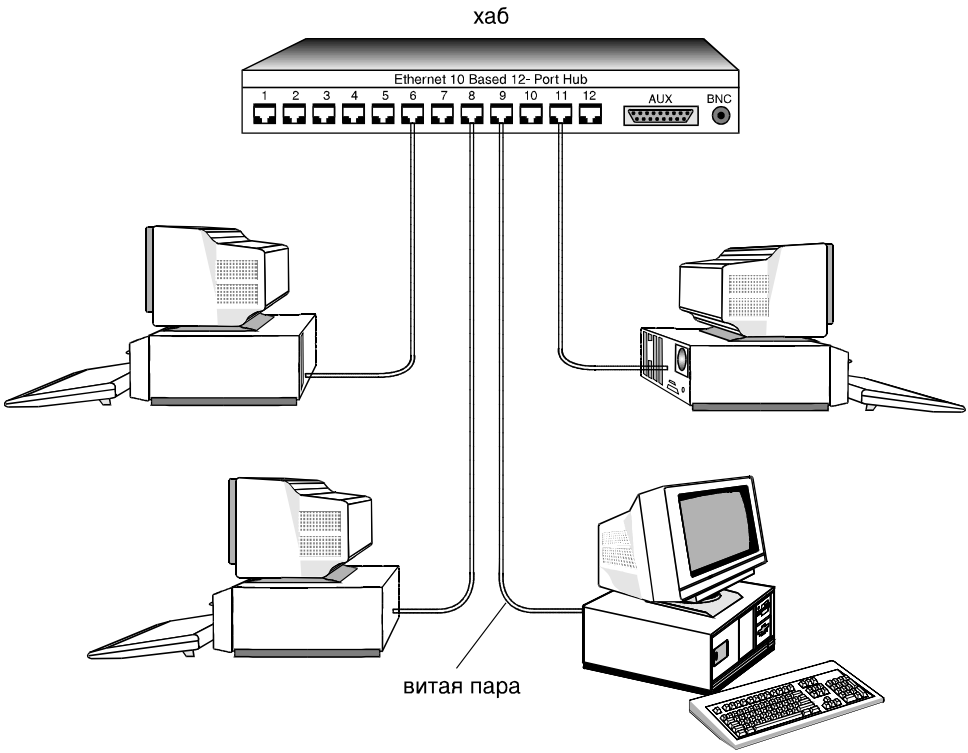


Рис. 24.12. Сеть на витой паре

Примечание

Использовать *экранированный* витой кабель и сетевую карту, разработанную под *неэкранированную* витую пару, нельзя, а также наоборот. Во всех этих случаях ваш сетевой кабель будет работать как передающая антенна.

Ethernet на витой паре требует приобретения специального устройства — хаба (англ. *hub* — накопитель, концентратор), если вы хотите объединить в сеть три и более PC. Каждый PC должен быть подключен к нему с помощью сегмента кабеля (рис. 24.12). Длина каждого сегмента не должна превышать 100 м. На концах кабельных сегментов устанавливается разъем RJ-45. Одним разъемом кабель подключается к хабу, другим к сетевой плате. Разъемы RJ-45 очень компактны, имеют пластмассовый корпус и 8 миниатюрных контактных площадок. Эти разъемы очень похожи на те, что используются для телефонов, но только имеют не 4, а 8 контактов.

Для установки разъемов на кабель используется специальный обжимной инструмент. Он называется *Crimming/Stripping Tool for RJ-45 plug*. Без него установка невозможна, т. к. тут не помогут ни плоскогубцы, ни паяльник. Разъемы RJ-45 одноразовые, восстановлению не подлежат. Если в разъеме возникла неисправность, его срезают и ставят новый.

При установке разъемов надо обязательно соблюдать правильную разводку проводов (рис. 24.13).

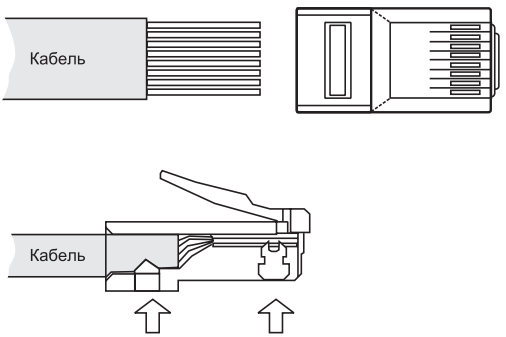


Рис. 24.13. Подключение кабеля к разъему RJ-45

Для подключения в сеть двух компьютеров необходимо руководствоваться схемой, представленной на рис. 24.14 *а*, *б*, а для подключения PC к хабу — схемой, показанной на рис. 24.14 *в*, *г* (в зависимости от количества проводов в кабеле).

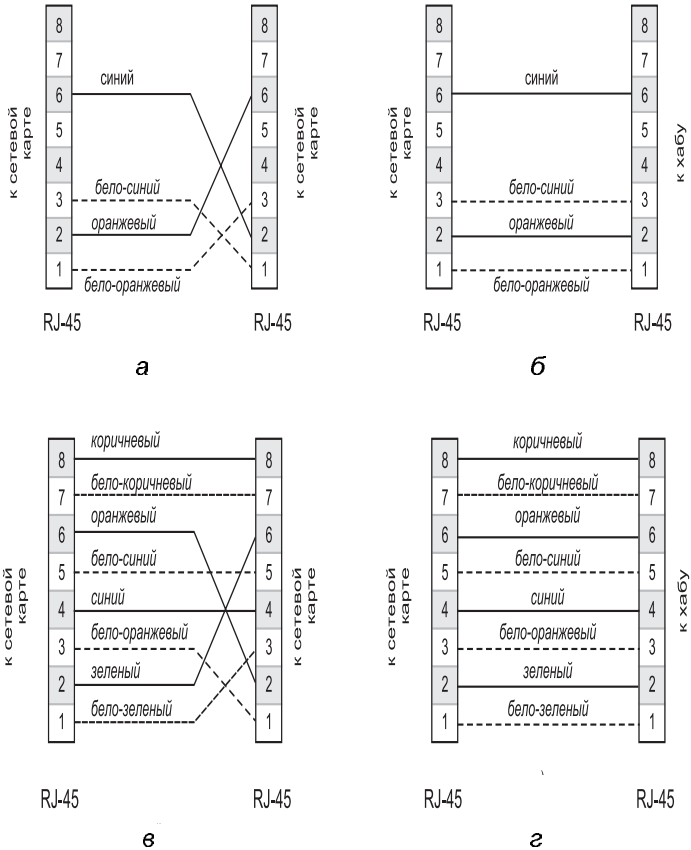


Рис. 24.14. Подключение по стандарту 10Base-T двух PC (*а, б*) и PC с хабом (*в, г*)

Из четырех пар кабеля на самом деле используются только две. Одна пара (1, 2) — на передачу, вторая пара (3, 6) — на прием.

Длина кабелей в системах категории 5 (100Base-TX) описана в спецификации ANSI/EIA/TIA-568A и не может превышать 100 м:

- 6 м между хабом и патч-панелью (коммутационной панелью), если она используется;
- 90 м от кабельного шкафа до настенной розетки;
- 3 м между розеткой и настольным устройством (иными словами, длина патч-корда (от англ. *patching cord* — соединительный шнур)).

Длина раскрученных участков пар при заделке в любые коммутационные устройства не должна превышать 1,5 см.

Хаб является центральным устройством в сети на витой паре, от него зависит ее работоспособность. Это многопортовый повторитель сети с автосегментацией. Все порты концентратора равноправны. Получив сигнал от одной из подключенных к нему станций, хаб транслирует его на все свои активные порты. При этом, если на каком-либо из портов обнаружена неисправность, то этот порт автоматически отключается (сегментируется), а после ее устранения снова делается активным. Обработка конфликтов и текущий контроль за состоянием каналов связи обычно осуществляются самим хабом.

Хабы можно использовать как автономные устройства или соединять друг с другом, увеличивая тем самым размер сети и создавая более сложные топологии (рис. 24.15). При этом надо придерживаться некоторых правил: во-первых, не должно получаться закольцованных путей, во-вторых, между любыми 2 станциями всегда должно оказываться не более 4 хабов. Кроме того, возможно их соединение магистральным кабелем в шинную топологию. Автосегментация необходима для повышения надежности сети. Ведь хаб, заставляющий на практике применять звездообразную кабельную топологию, находится в рамках стандарта IEEE 802.3 и тем самым обязан обеспечивать соединение типа PC—PC.

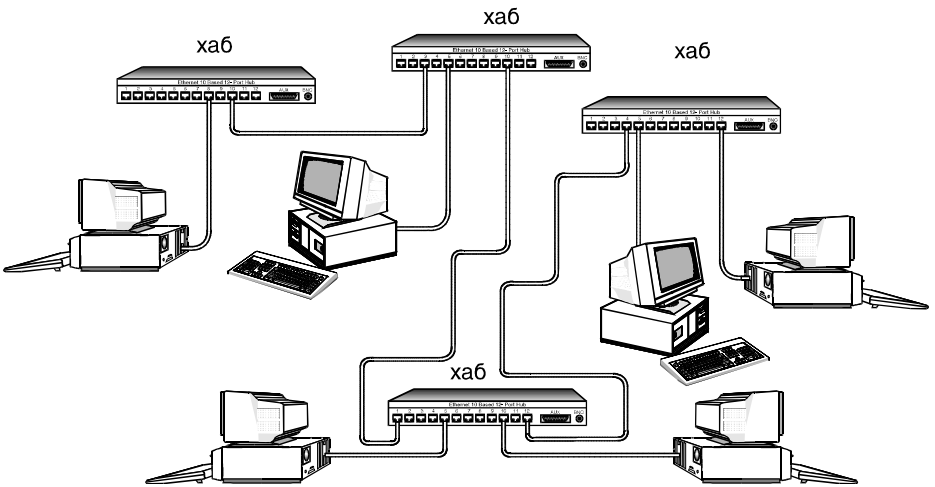


Рис. 24.15. Каскадирование хабов

Назначение хаба — объединение отдельных рабочих мест в рабочую группу в составе локальной сети.

Все хабы обладают следующими характерными эксплуатационными признаками:

- оснащены светодиодными индикаторами, указывающими состояние портов (*Port Status*), наличие конфликтов в сети (*Collisions*), активность канала передачи (*Activity*), наличие неисправности (*Fault*) и наличие питания (*Power*), что обеспечивает быстрый контроль состояния хаба и диагностику неисправностей в сети;
- обеспечивают автосегментацию портов для изоляции неисправных портов и улучшения сохранности сети;
- обнаруживают ошибку полярности при использовании кабеля на витой паре и автоматически переключают полярность для устранения ошибки монтажа (не все модели);
- для своей работы не требуют никакого программного обеспечения.

Хаб, выполненный в виде отдельной конструкции, подключается к сети электропитания и должен находиться вблизи электрической розетки. Обычно он устанавливается на столе, вешается на стену или монтируется в специальную стойку. Его надо располагать в легкодоступном месте, чтобы без проблем отключать (подключать) кабели и следить за индикацией портов.

Беспроводная локальная сеть

Для создания скоростных беспроводных локальных сетей с повышенной защищенностью (но, все-таки, 100% защиты не обеспечивает!) в настоящее время используется интерфейс Wi-Fi. Часто для таких сетей используют термин Hotspot (хотспот) — точка доступа к беспроводной сети или зона действия беспроводной сети с доступом в Интернет. Подобные сети встречаются в общественных местах, таких как кафе или аэропорты, а также в квартирах или небольших офисах. Иногда используется термин WLAN (Wireless Local Area Network) — беспроводная локальная сеть.

Существует несколько версий спецификации Wi-Fi, а сам термин Wi-Fi — это общее название стандартов оборудования беспроводных сетей. Первая версия протокола носила марку WaveLAN, на основе которой разработан протокол 802.11. В дальнейшем появились протоколы 802.11b, 802.11a, 802.11g и 802.11n, которые позволяют обеспечить более высокие скорости передачи данных или надежность работы.

Для практического применения следует учитывать, что выпущены, выпускаются и планируются к производству самые разнообразные устройства для создания беспроводных сетей. Кроме того, в настоящее время ведутся работы по совершенствованию данной технологии с целью повышения пропускной способности и надежности беспроводных каналов. Поэтому можно только отметить, что варианты устройств с протоколом передачи данных со скоростью 11 Мбит/с уже устарели, но при необходимости могут использоваться. Наиболее дешевы и популярны продукты с протоколами со скоростью 54 Мбит/с. В продаже появились устройства со скоростями выше 100 Мбит/с, но их стоимость еще далека от оптимальной.

Для использования технологии Wi-Fi, как правило, к USB-интерфейсу компьютера подключают специальный адаптер, а для подключения к сети используются хабы, оборудованные антенной для радиоканала (рис. 24.16). В ряде случаев системные платы для настольных компьютеров комплектуются специальными модулями для использования технологии Wi-Fi, а современные ноутбуки почти все имеют встроенные адаптеры Wi-Fi.

Рис. 24.16. Хаб (маршрутизатор) с беспроводным интерфейсом Wi-Fi

ГЛАВА 25

Обмен данными через модем

Устройство, позволяющее обмениваться информацией между PC (цифровыми устройствами) через аналоговые каналы (через обыкновенные телефонные станции и сети), называется *модем* (*мо*дулятор-*дем*одулятор).

Принцип работы

До появления модемов для передачи данных по телефонным линиям использовались специальные акустические устройства. При этом скорость передачи данных была ограничена скоростью 2400 бит/с.

Модем преобразует электрические сигналы в тональные и подключается непосредственно в телефонную линию. При акустическом методе передаваемый (получаемый) сигнал поступал непосредственно на телефонную трубку, располагаемую в специальной "раковине" (рис. 25.1). Недостаток очевиден: помехи делают связь очень нестабильной (рис. 25.2).

Рис. 25.1. Акустический элемент связи — предшественник модема

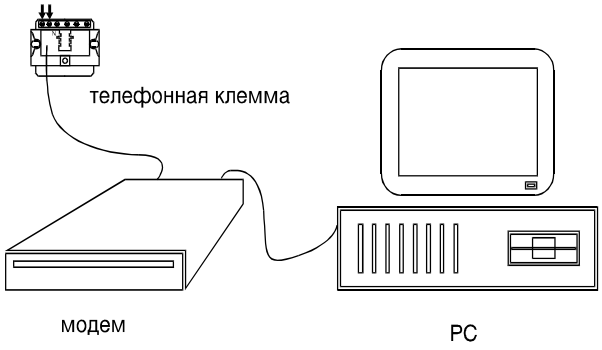
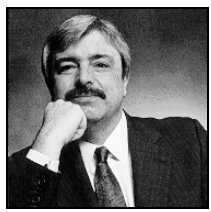


Рис. 25.2. Схема подключения PC
к телефонной линии посредством модема

Термин "модем" составлен из двух слов: "модулятор" и "демодулятор". Вероятно, вы спросите, что здесь модулируется или демодулируется? Опять-таки речь идет о цифроаналоговом и аналого-цифровом преобразованиях. Цифровая информация передатчика (PC) модулируется для передачи через аналоговый телефонный канал в виде тональных посылок звукового диапазона частот. Приемник преобразует (демодулирует) эти аналоговые сигналы в цифровые значения, которые может интерпретировать PC. Если вы когда-нибудь по ошибке набирали со своего телефона номер, к которому был подключен факс, то слышали неприятные для слуха свистящие и булькающие звуки.

Немного истории

В 1978 г. Денис Хейс (Denis Hayes) представляет *первый модем*. Скорость передачи информации составила 300 Бит/с.



Денис Хейс

Необходимость промежуточного включения устройства преобразования сигнала (модема) между PC и телефонной линией очевидна. Цифровое и аналоговое представления информации не совпадают. Именно поэтому нельзя напрямую подключить PC к телефонной линии.

Упрощенная структурная схема современного модема представлена на рис. 25.3. Модем состоит из следующих основных элементов:

- адаптеров портов ввода/вывода, предназначенных для обмена данным между модемом и телефонными линиями, а также между модемом и PC;

- сигнального процессора (DSP — *Digital Signal Processor*), модулирующего/демодулирующего сигналы и обеспечивающего соответствующие протоколы передачи данных;
- контроллера, осуществляющего управление DSP, обработку команд и буферизацию данных;
- микросхемы ROM, в которой "прошита" программа управления модемом;
- микросхемы ERPROM, позволяющей сохранять установки модема в момент его выключения;
- микросхем RAM, которые являются оперативной памятью модема.

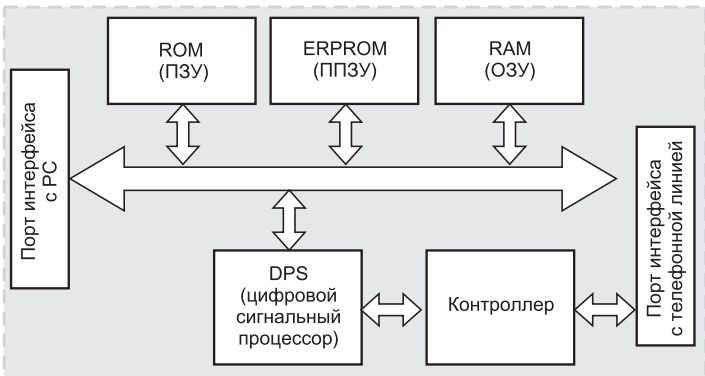


Рис. 25.3. Устройство современного модема

Внутренний модем

Внутренний модем (рис. 25.4) по своей конструкции представляет съемную карту расширения, на которой размещены все компоненты, обеспечивающие обмен данными. Внутренний модем устанавливается в слот материнской платы PC так же, как и любая другая дополнительная карта. На внешней стороне карты модема находятся гнезда для подключения кабеля телефонной линии. Гнезда на внутреннем модеме всегда изготовлены в стандарте RJ-11.

Преимущество внутреннего модема состоит в том, что на рабочем месте нет никакого дополнительного периферийного устройства. Недостатком внутреннего модема является необходимость выполнения ряда операций для перенастройки модема, например, для изменения номера прерывания

или адреса порта. В этом случае нужно развинтить корпус PC, снять карту модема и только после этого выполнить перенастройку.

Рис. 25.4. Внутренний модем

Внешний модем

Внешний модем (рис. 25.5) намного проще в установке: его достаточно подключить к разъему последовательного интерфейса с помощью специального кабеля, входящего в состав комплекта поставки. Кроме того, благодаря наличию у внешнего модема светодиодных индикаторов (*LED*) появляется больше возможностей для контроля за состоянием устройства, которое у внутреннего модема можно отслеживать только путем использования специального программного обеспечения.

Рис. 25.5. Внешний модем

Благодаря размещению всех компонентов внутри собственного корпуса, который соединен с PC только кабелем данных, внешний модем более удобен, т. к. его можно без проблем подключить к другому PC, если вблизи найдется розетка телефонной линии.

Программный модем

Термином *программный модем* (или иначе "софтмодем") называют модем, часть функций которого выполняет программа, установленная на PC.

Современные программные модемы можно разделить на два типа.

- Модемы, не имеющие собственного контроллера и DSP (см. рис. 25.3) и включающие в себя лишь генератор полного набора частот, необходимый для реализации протоколов, и цифровой фильтр входных и выходных сигналов модема.
- Модемы, имеющие полноценный DSP, но контроллер в них отсутствует.

К основным преимуществам программного модема относятся:

- низкая стоимость модема, за счет экономии на элементной базе;
- легкая установка модема;
- простая модернизация модема путем замены программы;
- легкая адаптация модема к российским телефонным линиям (по заверениям разработчиков).

К недостаткам программного модема относят:

- задействование дополнительных ресурсов PC;
- привязанность к определенной операционной системе;
- необходимость наличия хорошей телефонной линии.

Программные модемы выпускались для установки в разъем ISA или PCI. После разработанной Intel спецификации AMR (*Audio/Modem Riser*) и выхода на рынок материнских плат с Chipset i810 появились модемы, устанавливаемые в данный разъем. На плате такого модема располагаются лишь микросхемы, выполняющие цифроаналоговое преобразование (и обратно) между шиной AC-Linc и телефонной линией. На плате нет дорогостоящих DSP и контроллера, что позволяет уменьшить размеры карты AMR-модема (рис. 25.6) до весьма небольшого размера (не более 80×60 мм).

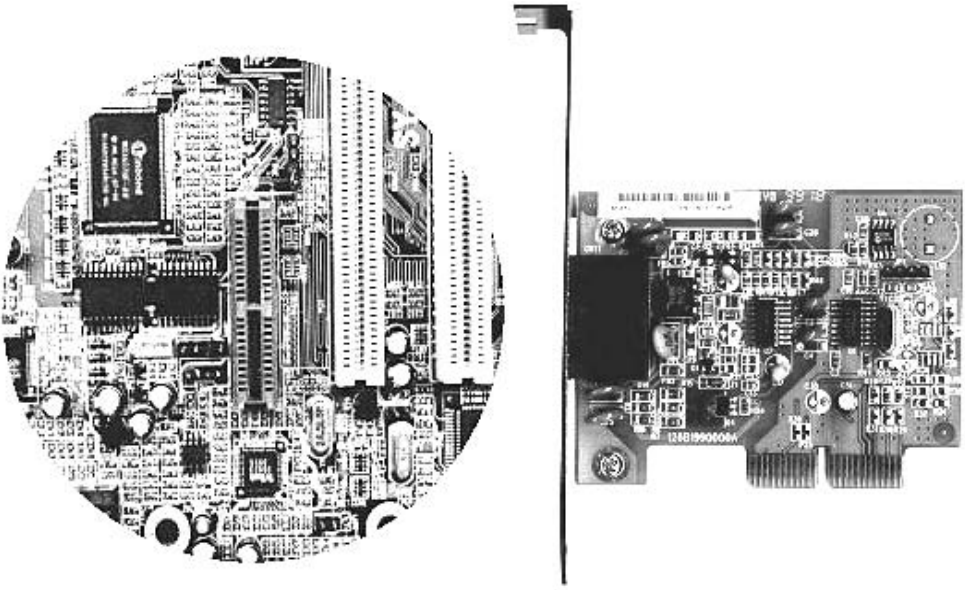


Рис. 25.6. Внешний вид слота AMR и программного модема, устанавливаемого в данный слот

Модемы ADSL

Стремительное развитие компьютерных технологий привело к тому, что в России стало популярно подключаться к Интернету, используя ADSL-модем — интересный гибрид выделенной и коммутированной линий. В переводе ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) — это асимметричная цифровая абонентская линия. На практике это означает, можно использовать обычную медную пару от вашего телефона до АТС одновременно в двух качествах: как обыкновенную коммутируемую линию для традиционной телефонии, в том числе и для использования аналогового модема, так и в качестве выделенной линии для постоянного доступа в Интернет.

Для двойного использования телефонной линии в технологии ADSL применяют частотное разделение каналов. Для телефонных разговоров обычный телефонный сервис остается как есть, а вот для выделенного канала используются высокие частоты, за пределами слышимого человеком звука.

Скорость передачи данных от провайдера к абоненту может достигать примерно от 32 Кбит/с до 8 Мбит/с для стандарта ADSL, а вот в Глобальную

сеть Интернет — до 1 Мбит/с. Для усовершенствованного стандарта ADSL-2 скорость передачи данных от провайдера к абоненту может достигать 24 Мбит/с. В настоящее время внедряются и разрабатываются новые стандарты, которые позволяют увеличить скорость.

Для работы используются протоколы ADSL — ANSI T1.413 issue 2 (ADSL over POTS), ITU-T G.992.1 (G.dmt), ITU-T G.992.2 (G.lite), для ADSL-2 — ITU 992.3 ADSL2 (G.dmt.bis), ITU 992.4 ADSL2 (G.lite.bis), ITU 992.5 ADSL2+.

По внешнему виду ADSL-модемы (рис. 25.7) весьма похожи на традиционные внешние телефонные модемы, особенно упрощенные версии для нетребовательных пользователей, например, как ADSL-модем Acorp Sprinter@ADSL USB +. Развитие технологий и всемерное удешевление продукции позволяет выпускать не очень дорогие, с вполне удовлетворительными характеристиками, оригинальные конструкции ADSL-модемов.

Рис. 25.7. Внешний вид ADSL-модема

Режим команд и режим передачи данных

Как для PC, так и для модемов установлены жесткие стандарты. Иначе установить связь между двумя PC было бы невозможно. При этом следует различать следующие режимы работы модема:

- режим передачи данных, в котором модем передает и принимает данные;
- режим команд, в котором модему даются инструкции, параметры работы и команды вызова абонента, прерывания сеанса связи, инициализация модема и др.

Для режима команд нормой признан так называемый набор команд *Hayes* (табл. 27.1), разработанный фирмой с тем же названием. Этот набор команд

состоит из AT-команд и обеспечивает всем модемам единую основу для осуществления связи друг с другом. За некоторым исключением все команды начинаются с префикса AT (*Attention* — внимание), который дополняется собственно командой с параметрами. Командная строка может содержать несколько AT-команд, при этом в начале строки следует только один префикс AT. Ввод командной строки, общая длина которой не должна превышать 40 символов, завершается нажатием клавиши <Enter>. Команды выполняются слева направо.

Таблица 27.1. *Некоторые команды набора Hayes*

Параметр	Функция
A	Модем готов к работе и ожидает вызова других абонентов
DP	Команда пульсового набора вызова абонента (дополняется номером телефона)
DT	Команда тонального набора вызова абонента (дополняется номером телефона)
W	Ожидание несущей (может указываться в телефонном номере вызываемого абонента)
Mx	Команда M определяет работу громкоговорителя, где параметр x может принимать значения от 0 (громкоговоритель выключен) до 2 (громкоговоритель включен постоянно)
Lx	Команда L предназначена для регулировки громкости звука, где параметр x может (в зависимости от модели) принимать значения от 0 (тихо) до 7 (громко)
Qx	Команда управления ответом модема. Модем передает PC сообщения о результатах выполнения AT-команд, таких как OK или Connect: □ x = 0 — ответ включен; □ x = 1 — ответ выключен.
	Независимо от состояния Q0 или Q1 модем всегда сообщает содержание S-регистров, код продукта, контрольную сумму и результаты теста (смотри команды)
Hx	Команда управления линией (используется, прежде всего, при окончании телефонной связи): □ x = 0 — отключение модема от линии □ x = 1 — подключение модема на линию

Таблица 27.1 (*окончание*)

Параметр	Функция
Z	Инициализация модема (восстановление начального состояния модема). Процессор считывает конфигурацию модема из энергонезависимой памяти
&W	Команда для записи текущей конфигурации модема в энергонезависимую память
Sx = <значение>	Регистр S определяет характеристики модема, где x — число, которое начинается с 0 и в зависимости от модема регулирует вплоть до 200 параметров работы модема

Если набрать AT-команду для соединения с обычным телефоном, например:

```
ATDP8W095-100
```

то можно услышать голос человека, а вот на экране появится сообщение:

```
NO CARIER (нет связи)
```

Если линия окажется занятой, то сообщение будет иметь вид:

```
BUSY (занято)
```

Обратите внимание на то, что перед каждым параметром должен стоять префикс AT. Существуют только две команды, которые следует вводить без префикса AT:

- команда +++ переключает модем из режима передачи данных в режим команд;
- команда A/ служит для повторения последней введенной команды.

Протоколы коррекции ошибок и сжатия данных

Совершенно очевидно, что при передаче данных на большие расстояния через устаревшую телефонную линию возникают ошибки. Особенно печально, если при передаче массивов данных как раз перед окончанием получасового сеанса связи эта связь прерывается из-за ошибки. Для решения таких проблем были разработаны протоколы коррекции ошибок. При этом, как прави-

ло, одновременно с коррекцией ошибок используются и протоколы сжатия передаваемых данных.

Протоколы серии MNP

MNP (*Microcom Networking Protocol*) — это серия протоколов организации связи между компьютерами, созданных фирмой Microcom. Разработано несколько спецификаций коррекции ошибок и сжатия данных.

Каждая следующая спецификация стандарта, как правило, наследует возможности предшествующей (совместимость снизу вверх).

Протоколы серии V

Протоколы MNP фактически являются стандартом протоколов коррекции ошибок для производителей модемов. Правда, еще имеются протоколы серии V, разработанные телекоммуникационным отделом Международного телекоммуникационного союза (ITU-I). Протоколы серии V определяют различные рабочие характеристики модемов и разбиты на несколько групп. Коррекция ошибок и сжатие данных определяются протоколами V.41, V.42, V.42bis.

Скорость передачи

Вы думаете, что чем быстрее, тем лучше. Принципиально верно, но при этом нельзя упускать из виду следующие обстоятельства:

- в сеансе связи по модему всегда участвуют две стороны. В этом случае обе стороны должны использовать не только общий протокол обмена данными, но и адаптировать друг к другу скорость передачи;
- высокой скорости передачи данных недостаточно. У высокоскоростных модемов аппаратное обеспечение PC может оказаться "узким местом". Для внешних модемов важно, чтобы PC был оборудован последовательным портом на основе высокоскоростного чипа UART.

Скорость передачи данных в течение сеанса связи по модему определяется упоминаемыми выше протоколами серии V (табл. 27.2).

Таблица 27.2. *Параметры протоколов обмена данными через модем*

Протокол	Режим передачи	Максимальная скорость передачи, бит/с	Примечание
V.17	Полудуплексный	14400	Факсимильный
V.21	Дуплексный	300	
V.22	Дуплексный	1200	
V.22bis	Дуплексный	2400	
V.23	Полудуплексный	1200	
V.27ter	Полудуплексный	4800	Факсимильный
V.29	Полудуплексный (факс)	9600	
V.32	Дуплексный	9600	
V.32bis	Дуплексный	14400	
V.32terbo	Дуплексный	19200	
V.34	Дуплексный	28800	
V.34bis (V.34+)	Дуплексный	36000	
V.90	Дуплексный	56000	
V.92	Дуплексный	56000	

Протоколы передачи файлов

Согласование способов и скоростей передачи данных с вашим партнером по модему или отправление и получение факсов (если модем поддерживает эту функцию) — одна из важных задач программного обеспечения терминала. Обычно вместе с модемом поставляется адаптированное к нему программное обеспечение. Можно и отказаться от поставляемых с модемом программ, но лучше, если вы и ваш абонент работаете с одним и тем же программным обеспечением.

Наряду с согласованием параметров передачи (количество битов данных, четность, количество стоп-битов), с помощью программного обеспечения

нужно указать протокол передачи файлов, который, конечно же, должен быть согласован с протоколом вашего партнера.

Протоколы передачи файлов предназначены для:

- обеспечения безошибочной передачи данных;
- управления потоком передаваемых данных;
- передачи служебной информации;
- защиты соединения.

Первые протоколы передачи файлов появились задолго до модемов, поддерживающих аппаратное исправление ошибок.

Для безошибочной передачи данных в этих протоколах применяются специальные методы исправления ошибок. Данные передаются блоками (кадрами) определенной длины, и в каждый из них включается проверочная комбинация (CRC) для обнаружения ошибок. Эта комбинация формируется по определенному правилу на основе передаваемых информационных битов блока. На приемной стороне производится повторное вычисление проверочной комбинации по тому же правилу и сравнение ее с принятой. При совпадении проверочных комбинаций принимающая сторона посылает подтверждение правильного приема блока, а при несовпадении — запрос на повторную передачу данного блока.

Перед непосредственной передачей файла необходимо установить соединение на уровне канала, передать информацию об имени файла, его размере, дате последней его модификации и т. п., а после передачи — произвести разъединение канала данных. Все это осуществляется при помощи вспомогательной служебной информации, передаваемой по каналу связи.

Xmodem

Протокол Xmodem разработан в 1977 г. Этот протокол иногда еще называют Xmodem Christensen в честь автора Варда Кристенсена. Благодаря широкому использованию в справочных службах и введению в недорогие связные программы для PC протокол Xmodem стал стандартом для связи PC.

Передающий PC начинает передачу файла только после приема от принимающего компьютера сигнала NAK (*Negative AcKnowledge*), представляющего собой последовательность `0010101` в кодировке ACSII. Принимающий PC передает сигнал NAK до тех пор, пока не начнется передача собственно файла.

После приема сигнала NAK передающий PC посылает пакет данных, состоящий из знака начала блока SOH (*Start Of Header*), двух номеров блока, блока данных из 128 байт и контрольной суммы CS (*Check Sum*) (рис. 25.8).

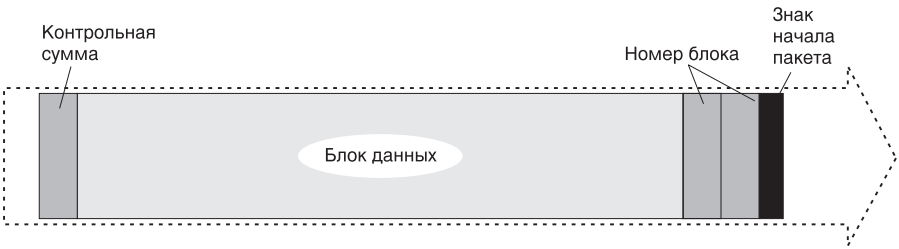


Рис. 25.8. Формат пакета данных при использовании протокола Xmodem

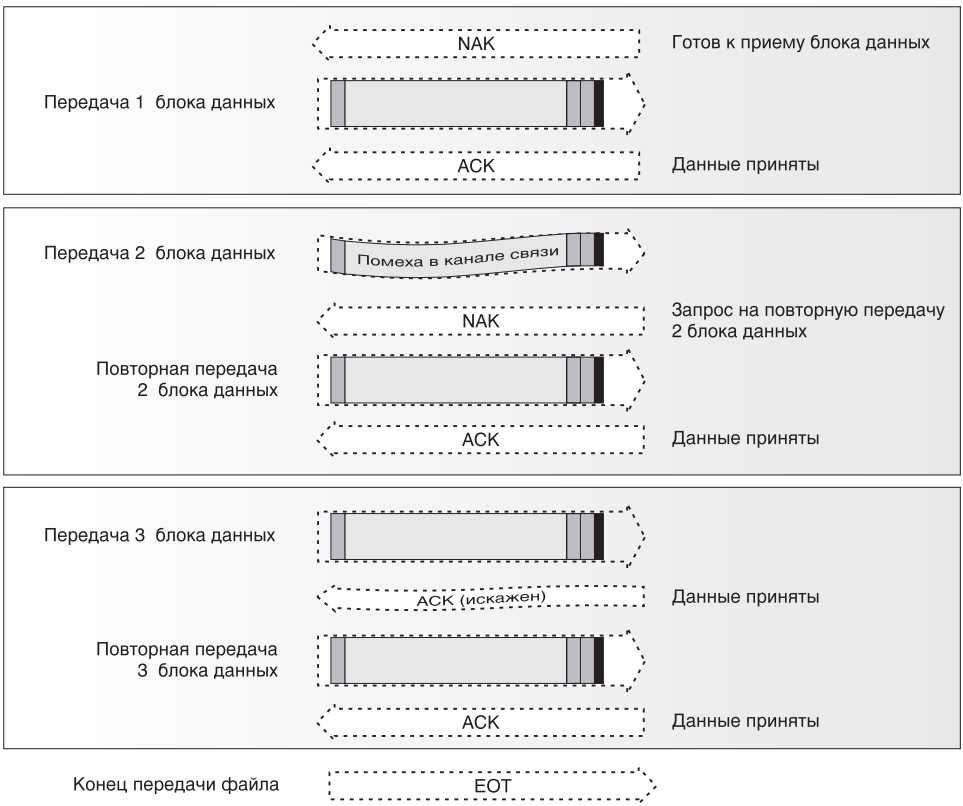


Рис. 25.9. Пример передачи файла с помощью протокола Xmodem

Контрольная сумма (CS) размером в 1 байт представляет собой остаток от деления на 255 значения суммы кодов ASCII знаков, входящих в блок данных.

Принимающий компьютер тоже вычисляет контрольную сумму и сравнивает ее с принятой. Если сравниваемые значения различны либо прошло 10 с, а прием блока не завершен, принимающий PC посылает передающему сигнал NAK, означающий запрос на повторную передачу последнего блока. Если блок принят правильно, принимающий PC передает сигнал подтверждения приема (ACK). В случае, если следующий блок не поступил в течение 10 с, то передача сигнала ACK повторяется до тех пор, пока этот блок не будет принят правильно. После девяти неудачных попыток передачи блока связь прерывается.

Использование двукратной передачи номера блока исключает повторную передачу одного и того же блока из-за потери подтверждающего сообщения. Принимающий PC проверяет номера принимаемых блоков. Если блок ошибочно передан повторно, то он сбрасывается. После успешной передачи всех данных передающий компьютер посылает сигнал завершения передачи EOT (*End Of Transmission*), сообщающий об окончании сеанса связи.

Перерыв в передаче блока свыше 1 с считается перерывом связи. Последовательность операций, выполняемых приемником и передатчиком при передаче файла (состоящего из трех блоков) с помощью протокола Xmodem, представлена на рис. 25.9.

Zmodem

Это быстрый протокол передачи данных, использующий окна, в соответствии с которым осуществляется передача данных пакетами по несколько штук в окне. При этом компьютер, принимающий данные, не передает сигнал подтверждения или сигнал переспроса пакета, пока не получит все пакеты в окне.

Протокол Zmodem так же, как протокол Xmodem, может изменять длину пакета от 64 до 1024 байт в зависимости от качества линии. При передаче протокол Zmodem сжимает файлы.

Кроме того, протокол обладает следующей полезной особенностью: если при передаче файла произошел сбой на линии и весь файл не был передан, то при повторном сеансе связи данные автоматически начнут передаваться с того же места, где произошел сбой. Таким образом, файлы большого размера можно передавать по частям.

Из всех протоколов, описанных выше, этот протокол является самым быстрым и удобным.

ГЛАВА 26

Программная настройка PC

Настройка CMOS Setup

Установки CMOS Setup влияют на работу всей системы, поэтому, прежде чем изменять в CMOS Setup какие-либо установки, следует зафиксировать уже установленные опции.

Если вы изменяли установки в CMOS Setup случайным образом и не помните, что и зачем изменяли, нажмите клавишу <Insert>. Для большинства версий BIOS это означает возвращение к стандартным установкам, при которых система загружается в любом случае.

Для получения информации о конкретном чипсете следует обратиться на сайт фирмы-производителя (**www.award.com**[1] **www.ami.com**, **www.phonex.com**), документации на материнскую плату часто бывает недостаточно.

Настройка при первом включении компьютера

При первом включении компьютера, если на экране монитора появились осмысленные сообщения, первое, что следует сделать, — это настроить BIOS. Для входа в меню настройки в начале загрузки PC необходимо нажать клавишу <Delete> (<Del>). На некоторых системных платах производства корпорации Intel вход в программу CMOS Setup для настройки параметров BIOS осуществляется не клавишей <Del>, а клавишей <F2>. Если на вашей системной плате установлен BIOS производства компании AMI, то компьютер

[1] В настоящее время компания Award принадлежит корпорации Phonex Technologies

вам сам предложит войти в программу CMOS Setup, нажав клавишу <F1>, и сделать необходимые настройки.

Внимание!

В связи с появлением многоядерных процессоров и широким использованием RAID-контроллеров в новых версиях BIOS появились новые функции, которые хоть и не изменяют общих принципов настройки BIOS, но требуют дополнительных операций во время работы с программой CMOS Setup.

Примечание

В принципе, современные программы CMOS Setup достаточно "умные" и корректно автоматически настраивают параметры системной платы, процессора, памяти и другой периферии, но лучше самому проверить, а что на самом деле получилось. Если же есть опыт работы с CMOS Setup, то можно даже улучшить производительность системы за счет оптимизации настройки параметров.

Большинство программ CMOS Setup, для настройки параметров BIOS, имеют одинаковые или очень похожие окна меню. На рис. 26.1 показано первое окно меню CMOS Setup производства компании Award.

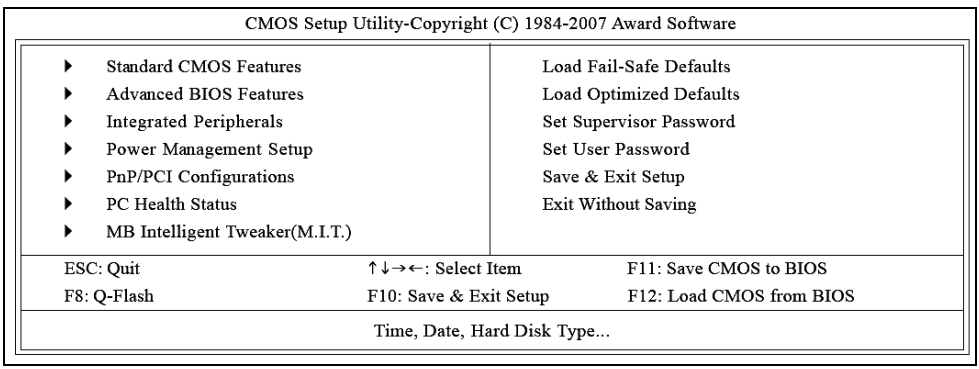


Рис. 26.1. Главное меню программы CMOS Setup компании Award

Поскольку вы включили только что собранный компьютер, то рекомендуется проверить работу ключевых узлов. Прежде всего обязательно проверьте температуру процессора, войдя в меню **PC Health Status** (рис. 26.2).

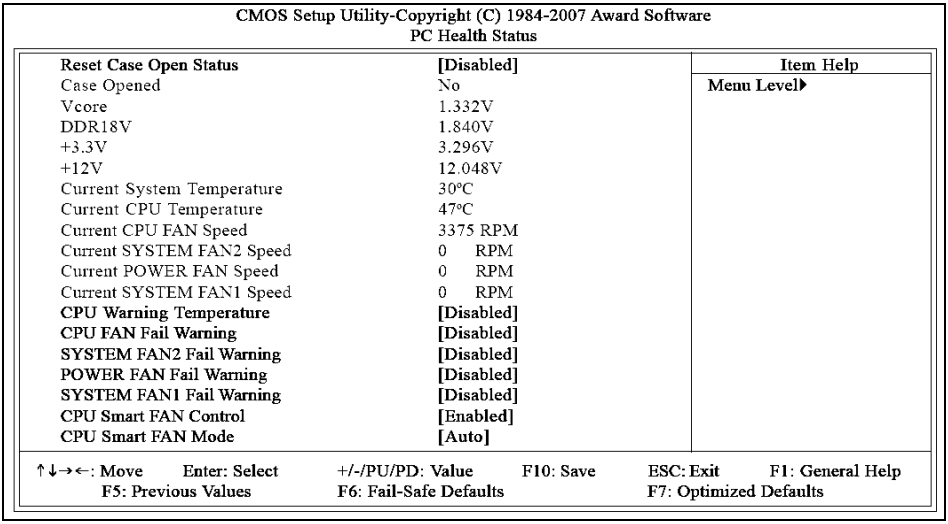


Рис. 26.2. Меню **PC Health Status**

В строке **Current CPU Temperature** в реальном времени показывается температура процессора. Если при установке кулера на процессор были допущены ошибки, то температура процессора будет быстро подниматься.

В идеале она должна не очень быстро повыситься до значения не более 30—35 □C и замереть на этой отметке. Если же ваш процессор начал очень быстро нагреваться и не останавливается на температуре 40 □C, то это значит, что кулер, вероятно, установлен некорректно (считается, что температура в комнате не превышает 25 □C).

Далее необходимо открыть меню **Standard CMOS Features** (рис. 26.3).

В этом меню настраиваются текущие дата и время, а также наличие дисковода гибких дисков FDD и IDE-устройств — винчестеров и приводов компакт-дисков. Большинство современных BIOS самостоятельно (автоматически) корректно настраивает эти параметры, но следует проверить настройку и при необходимости внести коррективы.

Примечание

Фактически интерфейс IDE в настоящее время становится "вне закона". Поэтому на большинстве системных плат программа CMOS Setup для настройки параметров BIOS показывает на первом месте винчестеры с SATA-интерфейсом, а настройки старых устройств с IDE-интерфейсом еще надо

поискать. Правда, в последних версиях программы CMOS Setup настройка SATA-винчестеров интегрирована в подменю с настройкой IDE-винчестеров, т. е. в каждом конкретном случае пользователю придется чуть-чуть поломать голову, чтобы обнаружить, что и где настраивается. Тонкая настройка интерфейсов IDE и SATA производится, как правило, в меню Integrated Peripherals.

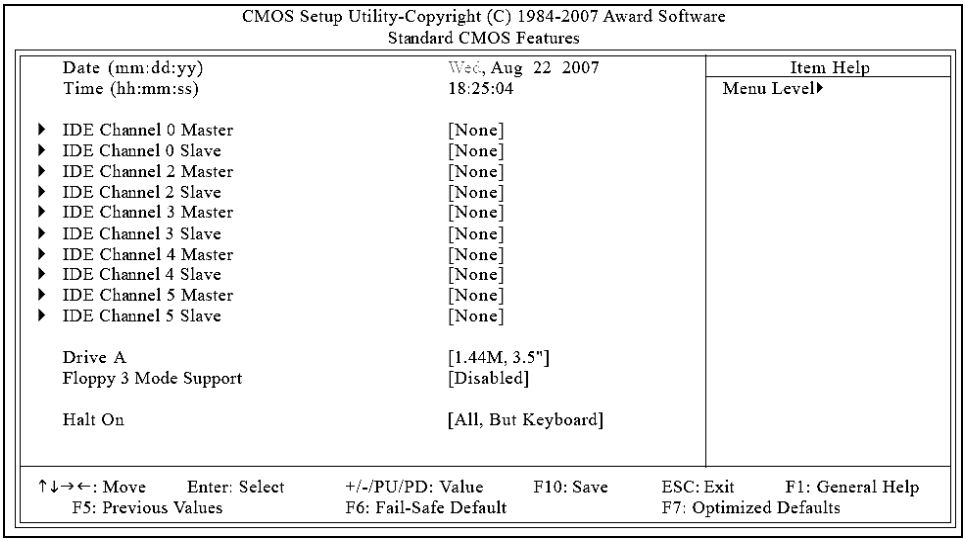


Рис. 26.3. Меню **Standard CMOS Features**

Если отсутствует информация о каком-либо IDE-устройстве, то, возможно, оно либо не подключено, либо имеется конфликт между двумя устройствами, находящимися на одном шлейфе (первое устройство должно работать в режиме Master, а второе — Slave). Отметим, что устройства с SATA-интерфейсом не конфликтуют, т. к. их адресация определяется только физическим местом подключения, поэтому проблема невидимости будет означать либо неправильное подключение, либо проблемы с установкой RAID-устройств.

На следующем этапе выполняем настройку параметров в меню **Advanced BIOS Features** (рис. 26.4). Здесь необходимо настроить только очередность загрузки операционной системы с различных приводов дисков, а это строки **First Boot Device** и **Second Boot Device**.

В подавляющем большинстве случаев на компьютер устанавливается операционная система Windows 98/ME, Windows 2000/ XP или Windows Vista. Так как они инсталлируются на персональный компьютер с загрузочных ком-

пакт-дисков, то желательно, чтобы первым устройством был привод компакт-дисков, а вторым винчестер HDD-0. Тогда компьютер будет сначала пытаться загружаться с компакт-диска, а если привод CD или DVD пуст или компакт-диск не загрузочный, то компьютер загружается с винчестера.

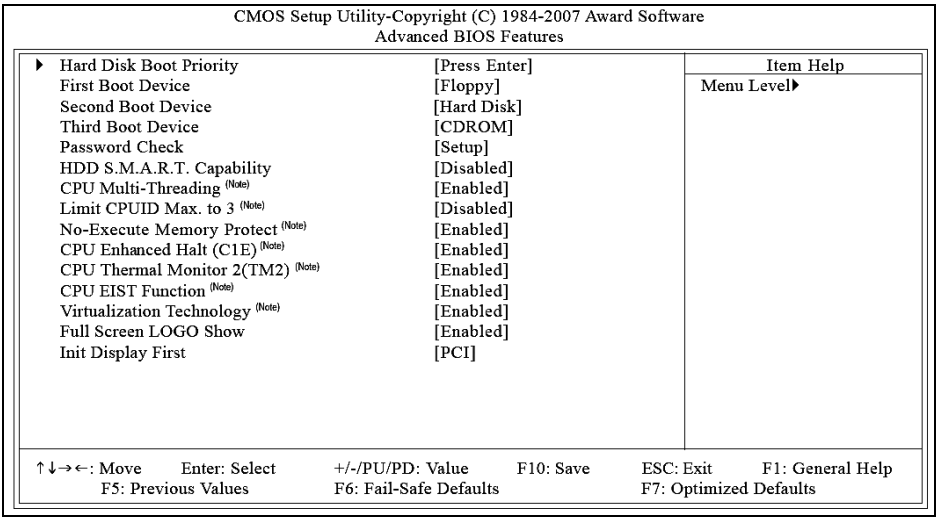


Рис. 26.4. Меню **Advanced BIOS Features**

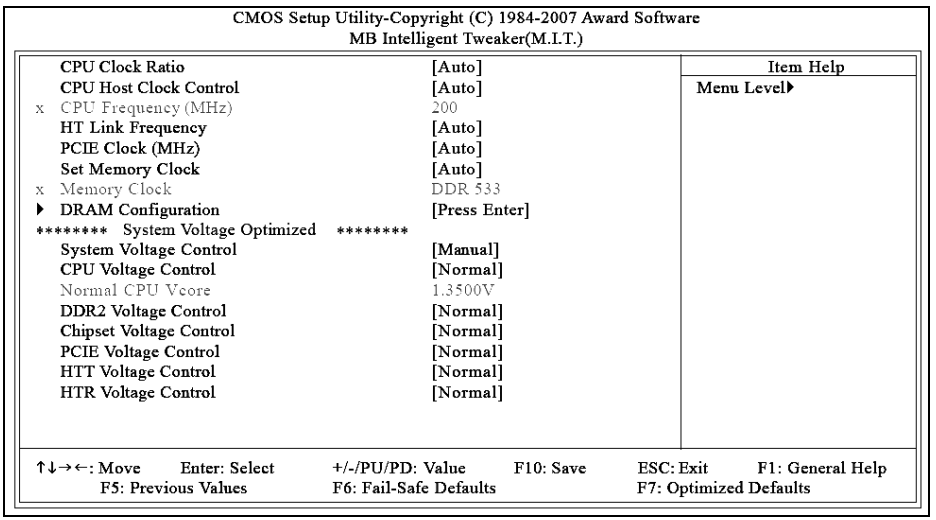


Рис. 26.5. Меню **MB Intelligent Tweaker (M.I.T.)**

Последний жизненно важный этап — настройка частоты работы системной шины и шины памяти. Для этого открывается меню **Frequency/Voltage Control** (на разных материнских платах этот пункт меню может называться по-разному, так, на рис. 26.5 он называется **MB Intelligent Tweaker (M.I.T.)**).

Для корректной настройки этого меню необходимо знать технические характеристики процессора и модулей памяти. Частоту шины (CPU Clock) обычно указывают на упаковке процессора и модулей памяти. В противном случае проконсультируйтесь с продавцом в компьютерном магазине. Множитель частоты процессора вначале можно не менять, т. к. BIOS устанавливает тот вариант, который был выбран для процессора на заводе, а ряд продаваемых процессоров может иметь заблокированный коэффициент умножения.

Примечание

Разгон — это, как правило, увеличение множителя частоты ядра процессора и повышение частоты системной шины, подразумевает, что будет также увеличено напряжение питания ядра. Делать это следует очень осторожно, контролируя устойчивость системы с помощью тестовых программ. В частности, ряд BIOS позволяют разгонять процессор непосредственно из ОС Windows, используя специальные утилиты.

BIOS содержит еще несколько десятков установок, которые не столь важны для большинства пользователей и изменяются только в особых случаях, т. к. по умолчанию имеют наиболее оптимальные и безопасные значения. Соответственно, можно завершить настройку BIOS, ограничившись уже сделанными настройками.

После корректной настройки BIOS следует сохранить произведенные изменения в CMOS-памяти, выбрав пункт **Save & Exit Setup** в основном меню и нажав для подтверждения разрешения записи клавишу <Y>.

После выхода из программы настройки BIOS компьютер перезапускается. Если в каком-либо дисководе будет находиться загрузочный гибкий магнитный диск или компакт-диск, то на экране монитора появится стартовое приглашение программы установки операционной системы.

Внимание!

Изменять наобум какие-либо параметры в BIOS — верный путь к той ситуации, когда компьютер сможет запустить только специалист. В ряде случаев ошибочные действия пользователя могут привести к выходу из строя узлов компьютера.

Особенности новых версий BIOS

BIOS современного мультимедийного компьютера потихоньку оброс самыми разнообразными дополнительными функциями, которые обеспечивают как выполнение мультимедийного контекста, так и управление дополнительной периферией. Соответственно, рекомендуется внимательно прочитать раздел руководства на системную плату, где описываются функции BIOS (этот раздел пользователи раньше просто игнорировали!).

В частности, в последних BIOS вводятся новые управляющие клавиши уже на стадии вывода начального меню BIOS. Посмотрите на рис. 26.6 (для примера показана заставка BIOS системной платы GIGABYTE GA-MA790FX-DS5), где в строке подсказки, сразу после указания способа запуска программы CMOS Setup (клавиша <Del>), указывается назначение еще трех горячих клавиш. Заметим, что ради любопытства туда заглядывать незачем, поэтому прочтите документацию и решите, нужно это вам или нет. В частности, можно проконсультироваться с продавцом системной платы или компьютера.

Примечание

Во многих случаях обновление BIOS возможно непосредственно из ОС Windows. Конкретный вариант ваших действий следует уточнить на сайте производителя системной платы при загрузке обновления BIOS.

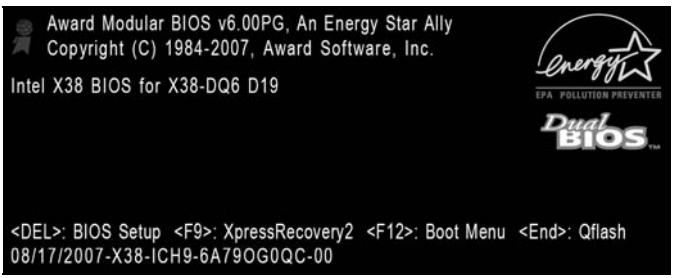


Рис. 26.6. Начальная заставка BIOS

Винчестеры (с интерфейсами IDE и SATA), которые подключаются на канал RAID системной платы или аналогичный дополнительной PCI-платы, требуют дополнительной настройки в отдельной секции **BIOS Setup**. Во время начальной загрузки компьютера следите за сообщениями на экране. Например, на рис. 26.7 показан момент, когда выведена информация о подключенных к системе RAID-накопителей.

Рис. 26.7. Начальная заставка BIOS

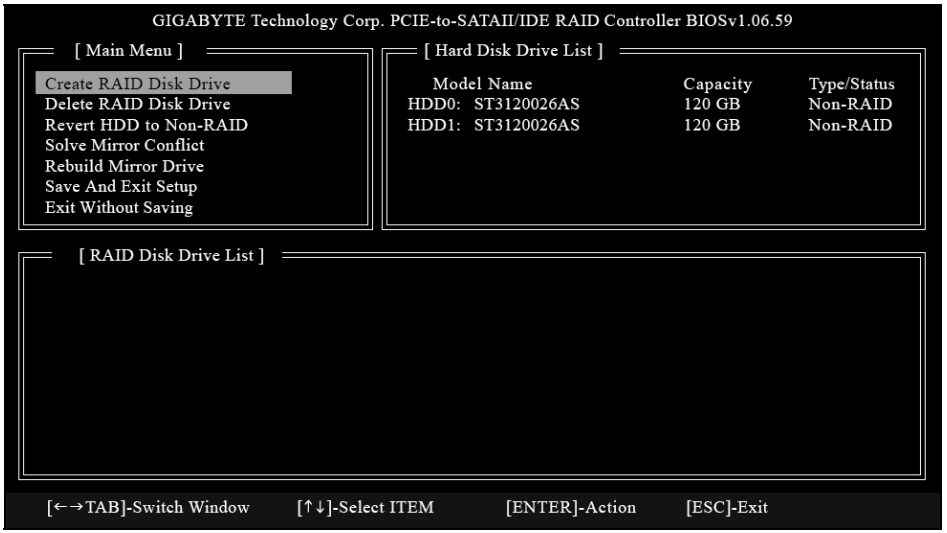


Рис. 26.8. Меню настройки RAID-контроллера

Если нажать комбинацию клавиш <Ctrl>+<G> (комбинация зависит от производителя ПО), то процесс загрузки компьютера прервется, а на мониторе появится меню настройки RAID-накопителей (рис. 26.8). При работах в этом меню следует понимать смысл своих действий, т. к. можно получить на винчестере файловую систему, которая не может быть загрузочной или видимой при установке в другой компьютер. Вернуться к "стандартному" состоянию, как правило, возможно только при полной переразметке дискового пространства на винчестере.

Стандартные пункты меню *CMOS Setup*

Если в древних компьютерах IBM PC меню **Standard CMOS Setup** состояло всего из одного экрана, и было практически аналогично показанному на

рис. 26.9, то в современных компьютерах с многоядерными процессорами количество подменю исчисляется десятками, а число пунктов настройки сотнями. Чтобы читатель не потерялся в дебрях BIOS, ниже расшифровывается назначение наиболее традиционных пунктов меню **Standard CMOS Setup**.

Настройки *Standard CMOS Setup*

В окне настроек **Standard CMOS Setup** можно проверить соответствие системных времени и даты реальным значениям (рис. 26.9).

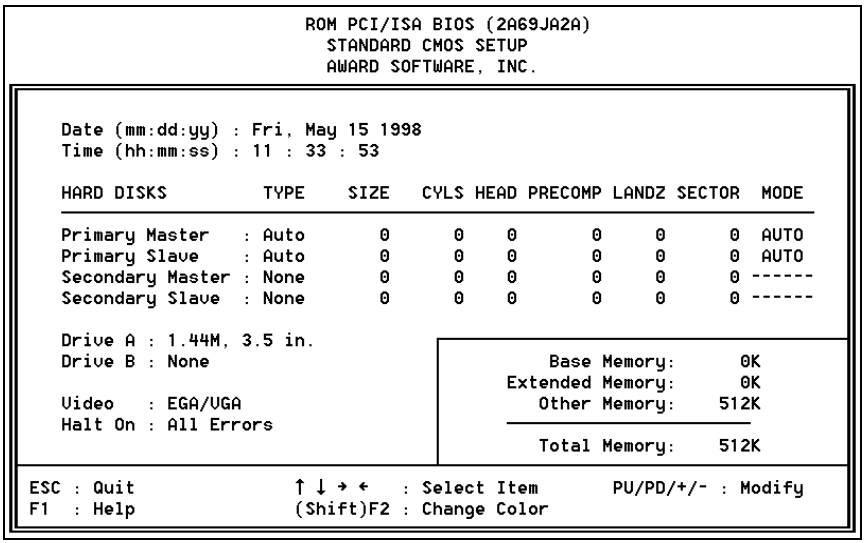


Рис. 26.9. Окно настроек **Standard CMOS Setup**

Опция *Date*

Опция **Date** служит для установки даты, используемой операционной системой и некоторыми приложениями. Если вы установите новую дату в Windows или командой `DATE` операционной системы, это значение будет записано и в CMOS Setup.

Опция *Time*

С помощью опции **Time** можно установить системное время. Как и при установке даты, значения здесь изменяются с помощью клавиш <PageUp> и

<PageDown> или непосредственно вводятся с клавиатуры. Так как сотые доли секунды трудно установить, они не запрашиваются.

Опция *HARD DISKS*

Эта установка важна, потому что здесь регистрируются характеристики винчестеров. Хотя по традиции предлагается список дисков и их параметров, но обычно тип используемого диска не может быть выбран, из-за многообразия выпускаемых ныне дисков. Поэтому следует выбрать настройки в режиме **Auto** или тип 47, который обозначен как **User defined** (определенный пользователем).

> ***Внимание!***
>
> В случае изменения параметров винчестер не будет больше опознаваться, не говоря уже о том, что все файлы будут потеряны. Поэтому нужно сохранить всю необходимую информацию и лишь после этого заново производить конфигурирование и переформатирование винчестера.

Опции *Drive A:* и *Drive B:*

Что верно для винчестера, справедливо и для накопителей на гибких дисках. Так как BIOS содержит многочисленные функции для управления приводами, необходимо знать, о каком дисководе идет речь. Если вы укажете неверное значение, обращение к дисководу будет некорректным.

Опция *Video*

Указывается тип установленного графического адаптера. Вы спросите, когда это имеет смысл? Прежде всего для CAD-приложений, где можно использовать два монитора, но программ, которые могут работать с двухэкранным представлением данных, очень мало.

Опция *Keyboard*

Эта опция может отсутствовать, как например на рис. 26.9. Она позволяет выбрать два варианта: **Installed** или **Not Installed**. Однако последняя установка не означает, что ввод будет осуществляться, например, только с помощью мыши. Она указывает, что при выполнении POST клавиатура не будет тестироваться.

Опция *Base Memory, Extended Memory, Other Memory* и *Total Memory*

При включении PC программа POST тестирует память, определяет ее размер и передает в CMOS Setup. Таким образом, можно узнать, правильно ли PC определил свою память.

Настройки *BIOS Features Setup*

Опции окна настроек **BIOS Features Setup** для Chipset i440LX показаны на рис. 26.10. Наличие тех или иных опций может отличаться в зависимости от производителя системной платы и версии BIOS, поэтому опишем основные, наиболее часто встречающиеся опции.

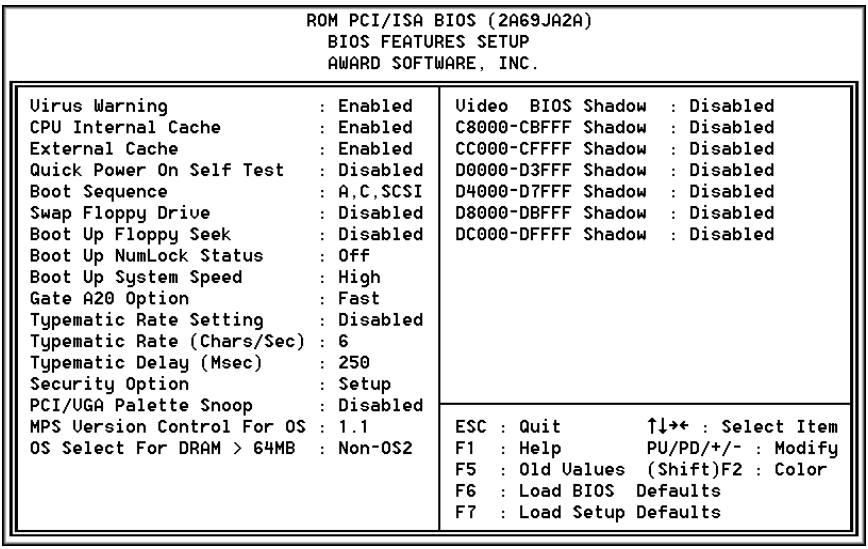


Рис. 26.10. Опции окна настроек **BIOS Features Setup**

Опция *Virus Warning* или *Boot Sector Virus Protection*

Если установить данную опцию в состояние **Enabled**, то будет запрещена любая запись в загрузочный сектор винчестера без разрешения пользователя. Эта опция введена для защиты от так называемых boot-вирусов, поражающих

загрузочный сектор. Рекомендуется всегда разрешать этот параметр, но следует учесть, что при инсталляции Windows эту опцию следует установить в состояние **Disabled**, т. к. в противном случае система "зависнет".

Также многие утилиты диагностики диска, которые обращаются к загрузочному сектору, могут выдавать сообщение об ошибке. Следует сначала выключить эту опцию перед тем, как использовать эти утилиты.

Некоторые материнские платы могут иметь свой собственный механизм защиты (ChipAway) в составе BIOS. Если его включить, то обеспечивается дополнительная антивирусная защита системы, т. к. она сможет определять загрузочные вирусы до того, как у них появится возможность заразить загрузочный сектор на винчестере.

Опция *BIOS Update*

Процессоры семейства P6 (Pentium Pro, Pentium II, Celeron, Xeon и т. д.) имеют особый механизм, называемый "программируемым микрокодом", который позволяет исправить некоторые виды ошибок, допущенные при разработке и/или изготовлении процессоров за счет изменения микрокода. Обновления микрокода остаются в BIOS и загружаются в процессор после включения компьютера и запуска программы BIOS. Именно поэтому BIOS для материнских плат с Pentium II и выше необходимо регулярно обновлять.

Опция *Processor Number Feature*

Эта опция используется только в случае, если в системе установлен процессор Pentium и выше, разрешает внешним программам считывать серийный номер CPU.

Опция *Boot Sequence*

Данная опция устанавливает последовательность опроса устройств, с которых может быть загружена операционная система. Эти устройства обозначаются либо буквами для физических винчестеров и обычных дисководов, либо названием устройства — CD-ROM или Zip. Для современных версий BIOS возможны следующие значения: **A**, **C**; **C only**, **CD-ROM**, **ZIP**.

Можно сэкономить время и, кроме того, поберечь дисковод, если эту опцию установить в состояние **C:**, **A:**. Однако если PC должен сначала загружаться с

дискеты, то следует оставить последнюю установку в виде **A:**, **C:**, в противном случае PC будет игнорировать загрузочную дискету в дисководе **A:**.

Опция *First Boot Device*

Данная функция позволяет выбрать первое устройство, с которого BIOS попробует загрузить операционную систему. Обратите внимание, что, если BIOS загружает систему с устройства, выбранного данной функцией, она не сможет загрузить другую операционную систему, установленную на другом устройстве.

Например, если в качестве первого устройства загрузки (**First Boot Device**) будет выбран дисковод флоппи-дисков, BIOS загрузит, к примеру, DOS 6.0, находящуюся на флоппи-диске, но не будет загружать Windows 2000, даже если эта система будет установлена на жестком диске C:. В целях предупреждения сбоев рекомендуется устанавливать операционную систему с CD-ROM.

По умолчанию выбран дисковод флоппи-дисков (**Floppy**). Но за исключением случаев, когда вы часто загружаетесь с дискеты или устанавливаете систему с CD-ROM, лучше всего в качестве первого устройства загрузки выбирать жесткий диск (обычно **HDD-0**). Это сократит процесс загрузки компьютера.

Опция *Second Boot Device*

Данная функция позволяет выбрать второе устройство, с которого BIOS будет пытаться загрузить операционную систему. Если BIOS может загрузить систему с первого устройства загрузки, то настройки данной опции не будут иметь силы. Только в случае, когда BIOS не сможет найти операционную систему на первом указанном устройстве, она попытается найти и загрузить систему со второго устройства. По умолчанию выбрано устройство **HDD-0**.

Опция *Swap Floppy Drive*

Установка этой опции как бы меняет местами дисководы A: и B: без изменения месторасположения устройств на интерфейсном кабеле. Опция имеет смысл только при наличии в PC двух FDD. По умолчанию опция отключена (**Disabled**).

Опция *Boot Up Floppy Seek*

Если эта опция установлена в состояние **Enabled**, то BIOS обращается к каждому дисководу, чтобы определить, сколько дорожек имеется на дискете — 40 или 80. Напомним, что 40 дорожек имеют лишь 360 Кбайт 5,25" дискеты, а дискеты емкостью 720 Кбайт, 1,2 Мбайт и 1,44 Мбайт имеют 80 дорожек. Поскольку лишь немногие современные PC оборудованы 5,25" дисководами и еще меньше пользователей работает с дискетами емкостью 360 Мбайт, следует установить эту опцию в состояние **Disabled**, тогда BIOS при загрузке PC не будет тратить несколько секунд на выяснение типа дисковода.

Опция *Boot Up NumLock Status*

Эта опция соответствует нажатию клавиши <Num>. С ее помощью вы определяете, должны ли быть активизированы или деактивизированы клавиши цифрового блока клавиатуры.

Опция *Boot Up System Speed*

Опция указывает скорость загрузки системы. Установите эту опцию в состояние **High**.

Опция *Gate A20 Option*

CPU 8086/88 имели 20-разрядную адресную шину. Когда появились компьютеры с процессорами 80286, шина адреса стала уже 24-разрядной (а с CPU Pentium II — 36-разрядной), однако выяснилось, что CPU 80286 в реальном режиме эмулируют 8086 с ошибкой, связанной именно с 20-й линией адресной шины (A20).

Для обеспечения полной совместимости современных PC с CPU 8086/88 был разработан логический элемент A20 для шины адреса, называемый *Gate A20*, который либо пропускает сигнал от CPU, либо принудительно обнуляет линию адреса A20.

При установке опции в состояние **Fast** логическим элементом A20 управляет чипсет, а при **Normal** — управление логическим элементом осуществляется контроллером клавиатуры.

Если вы работаете в операционных средах Windows или OS/2, то установите эту опцию в состояние **Fast**.

Опция *Security Option*

Эта опция задает режимы защиты паролем запуска PC. Значение **Disabled** деактивизирует запрос пароля. При выборе значения **Setup** пароль запрашивается только в том случае, когда пользователь хочет непосредственно войти в CMOS Setup. А при установке **Always** пароль запрашивается всегда при загрузке системы.

Опция *OS Select For DRAM > 64 MB*

Эту опцию следует установить в состояние **Enabled**, только если в PC используется операционная система OS/2 и объем памяти более чем 64 Мбайт. Для современных компьютеров данная функция не нужна.

Опции *Video ROM Shadow*, *Adaptor ROM Shadow* и *System ROM Shadow*

С помощью этих опций устанавливается, хотите ли вы переместить ROM некоторых карт расширения (графический адаптер, сетевая карта и т. д.) в сегмент адаптера оперативной памяти. Конечно же, рекомендуется это сделать. Хотя вы сознательно идете на потерю 64 Кбайт оперативной памяти, однако благодаря тому, что BIOS переносится в RAM (для загрузки программ эта область в этом случае не используется, иначе "затеняется"), увеличивается скорость доступа к его функциям и система работает быстрее. Если карта не располагает собственным BIOS (это вы можете почувствовать при "затенении"), резервировать место в памяти не имеет смысла. "Затенение" имеет смысл для таких карт, как звуковая, сетевая или SCSI, поскольку доступ к их ROM-информации, размещенной в этом случае в оперативной памяти, всегда будет быстрее (*см. главу 7*).

Опция *Floppy Disk Access Control* (*R/W*)

Установка данной опции в состояние **Enabled** позволяет записывать информацию на дискету, в противном случае дискету можно только читать. Опцию следует использовать для защиты от несанкционированного копирования информации с PC.

Опция *HDD S.M.A.R.T. Capability*

Эта опция включает и выключает поддержку S.M.A.R.T.-совместимости винчестера. Технология S.M.A.R.T. (*Self Monitoring Analysis And Reporting*) поддерживается всеми современными винчестерами и позволяет на раннем этапе предсказать и предупредить о надвигающихся проблемах работы с винчестером. Чтобы утилиты могли бы отслеживать состояние винчестера, эту опцию следует включить. При этом за состоянием винчестера можно следить по сети.

Состояние этой опции никак не сказывается на производительности системы. Однако, если при этом компьютер неустойчиво работает в сети, попробуйте отключить эту опцию.

Опция *AUTO Configuration*

Установка этой опции в состояние **Enabled** автоматически конфигурирует все параметры **Chipset**. Когда эта опция заблокирована, то многие из опций окна настроек **Chipset Features Setup** недоступны.

Опция *System BIOS Cacheable*

Установка данной опции в состояние **Enabled** приводит к появлению возможности кэширования области памяти.

Опция *Video BIOS Cacheable*

Установка данной опции в состояние **Enabled** приводит к появлению возможности кэширования области памяти по адресам BIOS видеоадптера с C0000H по C7FFFH. В разделе настроек **BIOS Features Setup** должно быть разрешено использование кэш-памяти. Если какая-либо программа попытается выполнить операцию записи в эти адреса, то система выдаст сообщение об ошибке.

Опция *CPU Warning Temperature*

С помощью этой опции можно определить диапазон температур работы CPU. Если температура CPU выходит за этот диапазон, то вы получите соответствующее предупреждение. Для реализации этой функции на материнской плате должна быть установлена соответствующая микросхема (например, GL518M).

Опция *Current CPU Temperature*

Если материнская плата поддерживает систему контроля температуры, то в этом поле будет отображаться температура CPU в градусах Цельсия и Фаренгейта. При выборе **Ignore** температура отслеживаться не будет. В противном случае при критическом повышении температуры CPU BIOS будет выдавать сообщение на экран перед загрузкой операционной системы.

Опция *BIOS Flash BIOS Protection*

Данная опция предназначена для защиты BIOS от случайного повреждения пользователем или компьютерными вирусами. Когда она включена, данные, содержащиеся в BIOS, не смогут быть изменены при помощи утилиты обновления Flash. Рекомендуем всегда оставлять эту функцию включенной и выключать ее только при обновлении данных BIOS.

Опция *USB Keyboard Support*

Если вы подключили к PC клавиатуру USB, то установите эту опцию в состояние **Enabled**.

Опции *Onboard Serial Port 1* (*Onboard UART 1*) и *Onboard Serial Port 2* (*Onboard UART 2*)

С помощью данных опций устанавливаются базовые адреса ввода/вывода и прерывания для первого и второго последовательных портов.

Опция *UART Mode Select*

С помощью данной опции можно установить режимы работы инфракрасного интерфейса, подключенного ко второму последовательному порту — Standard или ASK-IR (*Amplitude Shift Keyed-Infrared Port*).

Опция *Onboard Parallel Port*

С помощью данной опции можно установить базовый адрес ввода/вывода и номер прерывания параллельного порта.

Опция *Parallel Port Mode*

Эта опция определяет режим работы параллельного порта: **Normal** — обычный интерфейс принтера, также называется SPP; **ECP** — порт с расширенными возможностями; **EPP** — расширенный принтерный порт; **ECP+EPP** — можно использовать оба режима.

Следует учитывать, что скорость обмена для некоторых устройств может быть существенно увеличена при правильной установке режима работы порта принтера, например, для внешних устройств хранения информации типа iOmega Zip.

Опция *Power Management*

Эта опция определяет режим пониженного энергопотребления PC. Значения опции и их выполняемые функции приведены в табл. 30.1.

Таблица 30.1. *Значения опции* ***Power Management*** *BIOS Setup*

Значение опции	Выполняемая функция
User Define (определяется пользователем)	Вы можете самостоятельно установить время перехода в режим пониженного энергопотребления (Doze Mode, Standby Mode или Suspend Mode)
Min Saving (минимальное энергосбережение)	PC будет переходить в режим пониженного энергопотребления через время от 40 мин до 2 часов (зависит от конкретной материнской платы)
Max Saving (максимальное энергосбережение)	PC перейдет в режим пониженного энергопотребления через 10—30 с после прекращения работы пользователя с ним. Этот режим реализован, как правило, только для notebook
Disable (запрещение энергосбережения)	Запрещает режим энергосбережения

Опция *HDD Power Down*

С помощью этой опции устанавливается, будет ли отключен винчестер при переходе в режим пониженного энергопотребления. Вы можете либо указать

конкретное время перехода в данный режим (**1 Min-1 Hour**), либо отказаться от этого режима (**Disabled**).

Опция *Soft-Off by PWR-BTTN*

Если данная опция находится в состоянии **Delay 4 Sec**, то при выключении кнопки питания PC он через 4 с перейдет в режим пониженного энергопотребления. "Пробуждение" PC возможно при повторном включении PC или при поступлении сигнала на модем с телефонной линии.

Опция *CPUFAN Off in Suspend*

Установка данной опции в состояние **Enabled** приводит к выключению вентилятора CPU в течение режима Suspend.

Опция *Resume by Ring*

При установке данной опции в состояние **Enabled** система "пробуждается" при поступлении сигнала от модема.

Опция *IRQ 8 Break Suspend*

Выбрав для данной опции состояние **Enable**, вы деактивизируете IRQ 8 (прерывание от часов реального времени) и таким образом PC не "пробуждается", если находится в режиме Suspend.

Опция *Reload Global Timer Events*

Если эта группа опций установлена в состояние **Enabled**, то в режиме Standby при любом обращении к винчестерам, портам ввода/вывода, накопителям на гибких дисках PC переходит в обычное состояние.

Программный запуск компьютера

На рис. 26.11 представлена последовательность загрузки PC. При этом последовательно выполняются сначала подпрограммы BIOS, и, если обнаружен винчестер и компакт-диск с рабочей операционной системой, управление пе-

редается подпрограммам операционной системы. Как правило, используются операционные системы MS-DOS и Windows, но стала популярной и бесплатная операционная система Linux. Ниже описывается работа в MS-DOS (ее различные версии используются и во всех версиях Windows), т. к. это наиболее простой и понятный случай.

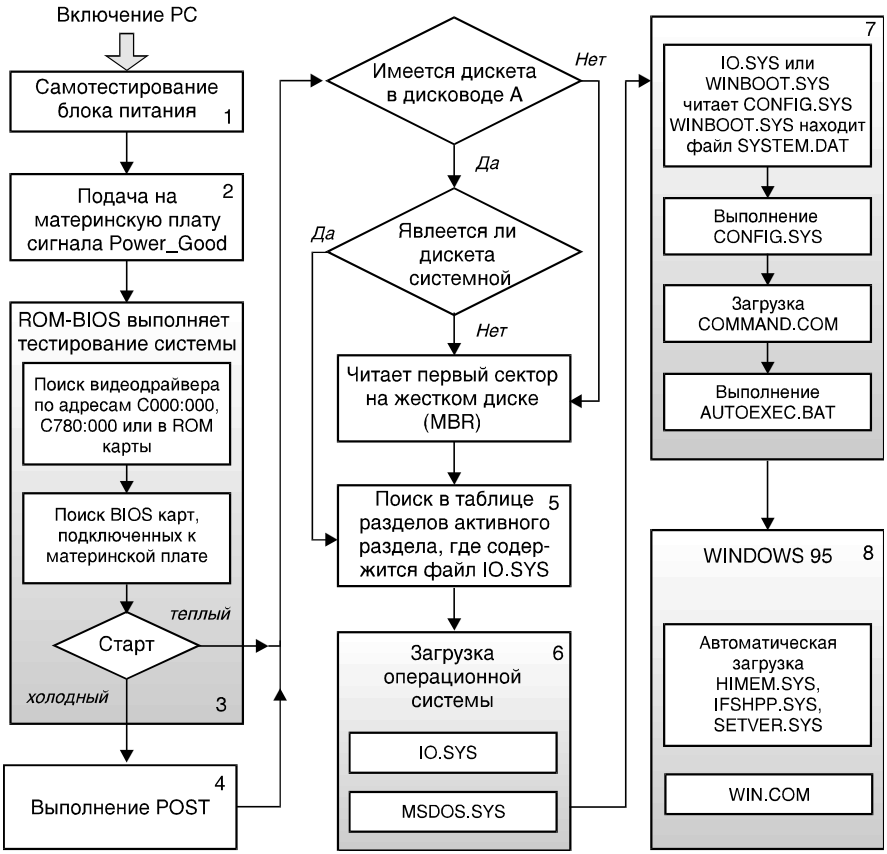


Рис. 26.11. Последовательность загрузки PC

DOS (*Disk Operating System*) состоит из системы ввода/вывода и оболочки. Система ввода/вывода хранится на диске в двух скрытых файлах с именами IO.SYS и MSDOS.SYS.

Файл IO.SYS содержит программы взаимодействия с аппаратными средствами и ROM BIOS. Из файла IO.SYS в RAM PC загружаются различные драйверы для работы с аппаратной частью PC и ROM BIOS. Файл MSDOS.SYS со-

держит программы для работы с файловой системой DOS и обслуживания прикладных программ.

Файл IO.SYS первым записывается в корневой каталог, причем в первый кластер, а файл MSDOS.SYS — вторым. Оба эти файла записываются на системный диск командой `FORMAT/S` или `SYS`.

Оболочка COMMAND.COM (командный процессор DOS) является частью операционной системы и отвечает за общение с пользователем (команды `DIR`, `VER`, `TIME`, `MEM` и др.). Часть команд (внутренние команды) содержатся непосредственно в COMMAND.COM, который загружается в память резидентно, а часть находится на диске в виде отдельных файлов (mem.exe, format.com и др. — внешние команды). В Windows 95/98 командный процессор загружается только при наличии файла AUTOEXEC.BAT.

Для организации памяти и установки драйверов имеются два стартовых файла, относящихся к операционной системе: CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT (рис. 26.12). За время развития DOS функции этих файлов несколько перераспределились. Начиная с DOS 6.*x*, более важным стал CONFIG.SYS, тем более что почти все команды AUTOEXEC.BAT могут быть интегрированы в CONFIG.SYS.

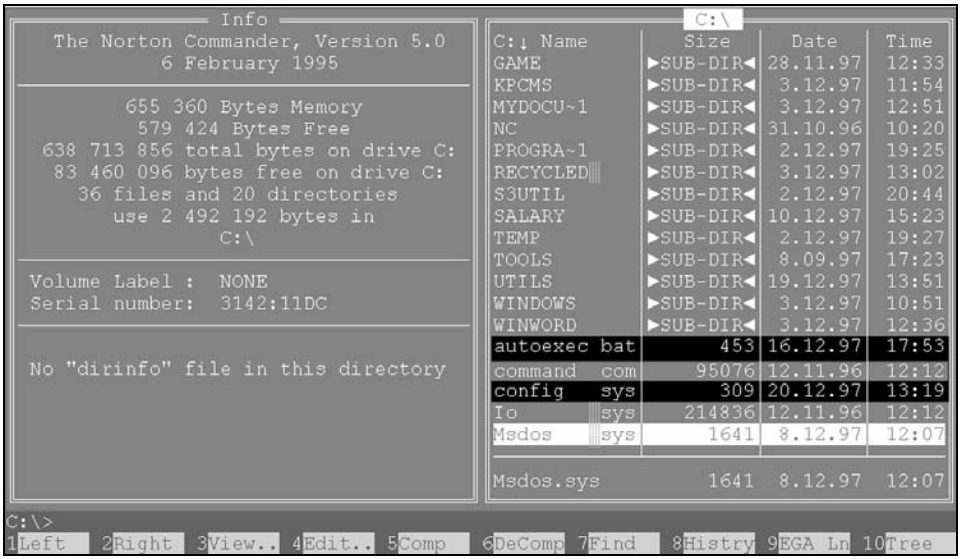
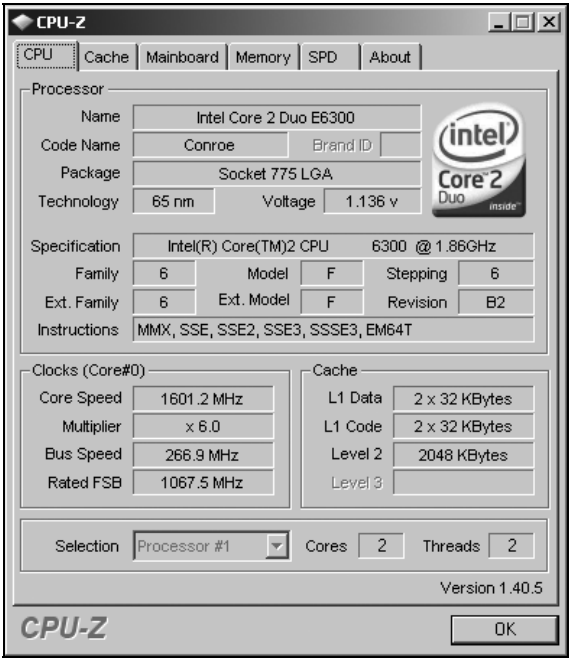
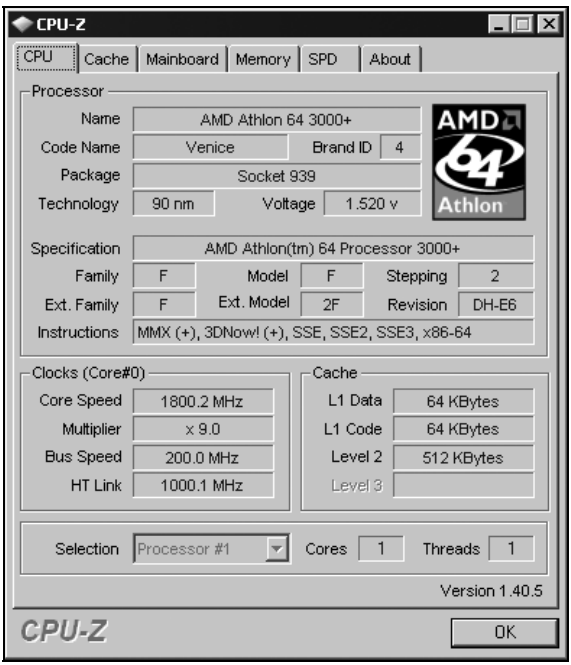


Рис. 26.12. Стартовые файлы CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT



а



б

Рис. 26.13. Окно CPU утилиты CPU-Z: *а* — для процессора Intel Core 2 Duo; *б* — для процессора AMD64

Утилита CPU-Z для проверки конфигурации компьютера

Для проверки конфигурации компьютера и уточнения деталей настройки параметров системной платы, процессора и памяти используется бесплатная утилита CPU-Z. Данную утилиту (около 500 Кбайт) можно загрузить с сайта **http://www.cpuid.com**.

Утилита CPU-Z наиболее проста в работе и не требует специальной установки. С ее помощью можно уточнить все наиболее значимые характеристики вашего компьютера. Именно она используется для иллюстрации работы новинок на всех технических сайтах в Интернете.

Для примера работы утилиты CPU-Z посмотрите на рис. 26.13, где показано окно утилиты с результатами на офисных компьютерах с процессорами Intel и AMD. На рис. 26.13, *а* приведена вкладка с результатами тестирования двухъядерного процессора Intel Core 2 Duo, а на рис. 26.13, *б* — процессора AMD64.

В частности, на вкладке **CPU** можно увидеть полную информацию о процессоре, в том числе о версии ядра и поддерживаемых мультимедийных инструкциях. На других вкладках доступна полезная информация о системной плате и памяти.

Глава 27

Установка дополнительных компонентов

В этой главе мы приведем лишь некоторые из возможных приемов и методов монтирования конструктивных элементов PC, потому что, с одной стороны, имеется большое количество периферийных устройств, описанием установки и замены которых на материнской плате можно было бы заполнить весь объем книги, а, с другой стороны, последовательность выполнения большинства операций чаще всего одна и та же. Установив карту в первый раз, в следующий раз вы сделаете это уже без проблем.

Подготовка к работе

Установку новых компонентов и их замену мы будем рассматривать в виде последовательности операций, которые для наглядности представим в виде структурных схем. Четкое выполнение всех операций позволит избежать ошибок при установке дорогостоящих компонентов PC.

Для модернизации PC вам не потребуется какой-либо специальный инструмент. Нужно только оборудовать рабочее место и выбрать время.

Прежде чем разбирать PC, следует подготовить хорошо освещенное рабочее место, например, письменный или кухонный стол, на котором не должны находиться стаканы с кофе, пепельницы и другие посторонние предметы. Поблизости должны быть расположены, как минимум, три свободные розетки электрической сети.

При работе с PC необходимо соблюдение основного правила: "спешка нужна только при ловле блох". Не торопитесь, при установке и замене компонентов всегда требуется гораздо больше времени, чем запланировано. Вы не испор-

тите что-либо в PC, если не будете торопиться и при этом будете соблюдать меры предосторожности.

Внимание!

- Не разбирайте блок питания. В нем нет ничего, что требовало бы ремонта.
- Не разбирайте монитор. Даже при отключенном от сети ЭЛТ-мониторе вы подвергаетесь опасности поражения остаточным электростатическим зарядом, а LCD-монитор подлежит ремонту только в специализированных мастерских.
- Для разборки и сборки PC не надо применять силу. Все механические и электрические соединения разъединяются без особого труда.

Установка видеоадаптера

Установка и переконфигурация карты расширения считается стандартной операцией при монтаже PC. Часто возникает необходимость поменять старый видеоадаптер на новый или установить дополнительный (табл. 27.1).

Таблица 27.1. *Схема установки видеоадаптера*

Шаг	Выполняемая операция
1	Отключите монитор и PC от электросети
2	Отсоедините разъем монитора от видеоадаптера
3	Откройте корпус PC
4	Идентифицируйте старый видеоадаптер
5	Открутите винты фиксации старого видеоадаптера
6	Извлеките старый видеоадаптер
7	Установите новый адаптер
8	Подсоедините кабель монитора и включите монитор
9	Включите PC и вызовите CMOS Setup
10	Видеоадаптер функционирует?

Таблица 27.1 (*окончание*)

Шаг	Выполняемая операция
Да	Нет
Перейти к шагу 11	Обратите внимание на акустический сигнал (8-кратный звуковой сигнал)
	Проверьте правильность конфигурирования адаптера
	Проверьте корректность выбора слота
	Проверьте регулировку монитора
11	Настройте адаптер через фирменную утилиту настройки или функции окон Windows
12	Закройте корпус

Прежде чем покупать новый видеоадаптер, следует уточнить, какие слоты расширения имеются на вашей материнской плате (PCI Express или AGP). В настоящее время большинство видеоадаптеров предназначено для установки в слот PCI Express.

Шаги 1—6

Операции следует проводить при выключенном PC. Отсоедините разъем монитора от адаптера, потому что, во-первых, в противном случае вы не сможете открыть корпус, а, во-вторых, будет проще обнаружить необходимый видеоадаптер среди большого количества других карт. Адаптер не просто вставлен в слот, но еще и закреплен винтами, которые нужно, конечно же, отвернуть. Для этого вы можете воспользоваться пинцетом, т. к. если ваша отвертка не намагничена, винты, вероятнее всего, упадут внутрь корпуса.

Шаг 7

Новый видеоадаптер устанавливается в слот AGP или PCI Express x16, как показано на рис. 27.1. Но при установке видеоадаптера следует знать, что его надо зафиксировать на корпусе слота специальной защелкой (рис. 27.2, *а*). В ряде случаев на слот надевают специальный держатель (рис. 27.2, *б*). Если

видеоадаптер не зафиксировать, то в процессе эксплуатации компьютера печатная плата рано или поздно выйдет из слота. Крепится видеоадаптер к корпусу компьютера точно так же, как и остальные карты расширения (об установке карт расширения читайте в следующем разделе).

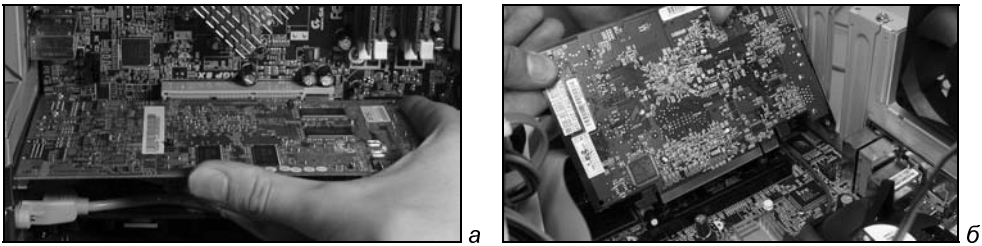


Рис. 27.1. Установка видеоадаптера:
а — в слот AGP; *б* — в слот PCI Express

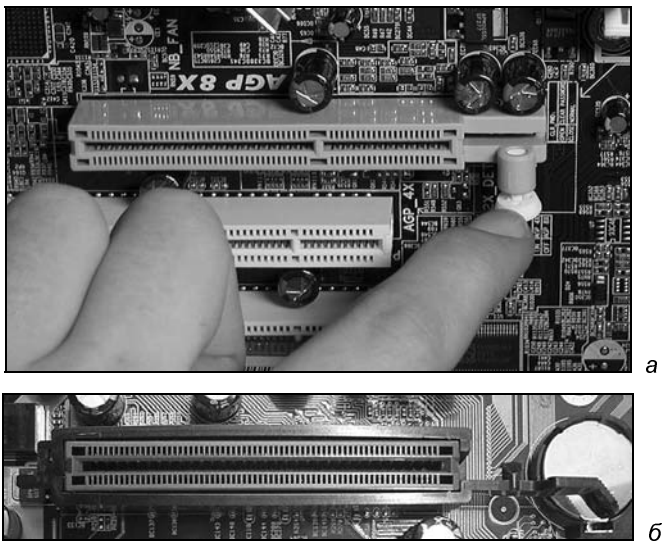


Рис. 27.2. Фиксаторы на слоте AGP и PCI Express

Установка процессора

За последние несколько лет корпорации Intel и AMD начали принципиально изменять конструкцию корпусов своих процессоров (это наблюдалось и

раньше, но не так кардинально), соответственно, в настоящее время перед пользователем встает проблема не только выбора процессора по производительности, но и по типу корпуса. Последнее означает, что в продаже может быть один и тот же процессор, но в разных корпусах. Иногда под "разным корпусом" понимается наличие дополнительного вывода (ножки) и другое расположение ключей, так что внимательно читайте информацию на коробках с процессором и системной платой.

Сборка компьютера начинается с установки процессора в сокет системной платы. Достаньте процессор, размещенный в технологической упаковке, из коробки. Но, прежде чем вскрывать технологическую упаковку, убедитесь, что на процессоре нет механических повреждений, погнутых ножек, сколов, посторонних предметов. Обычно упаковка делается из прозрачного материала, а в коробках делаются прозрачные окошки.

Если был куплен боксовый вариант (в одной пластмассовой коробке находится процессор и кулер), то сначала выньте кулер, осмотрите, чтобы обнаружить те или иные дефекты, и отложите в сторону. Обратите внимание, что на подошве радиатора имеется пластинка термоинтерфейса, соответственно, следует проверить его состояние: в наличии ли защитная пленка, нет ли серьезных повреждений поверхности термоинтерфейса (если радиатор уже устанавливался, то термоинтерфейс требует обязательной замены).

Дальнейшие действия зависят от типа корпуса процессора. Далее описывается установка различных типов процессоров, а также систем охлаждения. Отдельно оговариваются различные ошибки пользователей, которые частенько встречаются. Приводится описание установки процессора на примерах с продукцией корпорации Intel, т. к. она занимает чуть ли не 90% рынка в России.

Процессоры Intel Pentium 4 Socket 478

Процессоры Intel Pentium 4 с Socket 478 сегодня уже не производятся, но многие пользователи работают с компьютерами, в которых используется данный тип процессоров. Описание установки процессоров с Socket 478 приводится для тех, кто желает модернизировать свой компьютер.

Главной особенностью сборки компьютера с процессором Intel Pentium 4 под разъем mPGA Socket 478 является крепление кулера процессора. Он крепится к материнской плате с помощью пластмассовой кроватки и прижимается натяжением скобы. Крепление скобы осуществляется посредством четырех точек.

Для установки процессора откройте рычажок сокета (рис. 27.3), повернув его на 90□. Поднесите процессор и сориентируйте его относительно ключей сокета (рис. 27.4). В качестве ключей на контактном поле в одном углу отсутствуют 2 вывода (ножки).

Установите процессор в сокет. Процессор должен лечь в него без усилий. Рычажок сокета при закрытии должен зайти за выступ корпуса сокета.

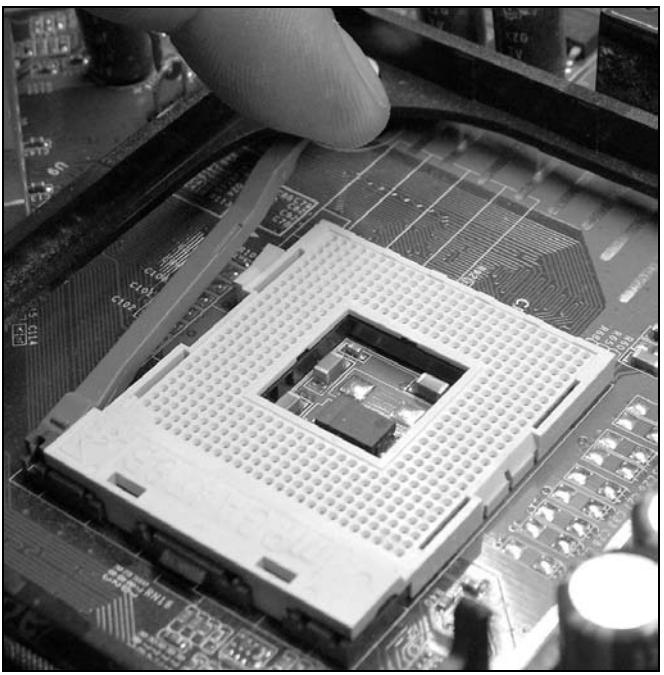


Рис. 27.3. Открытие сокета для процессора Intel Pentium 4 Socket 478

Если процессор ложится неровно или с трудностями, то необходимо снять его и убедиться, что он правильно сориентирован. Если ориентация его верна, то на процессоре, вероятно, погнуты некоторые выводы. Их можно аккуратно выгнуть с помощью пустотелой иглы (такой, как от шприца) или с помощью пинцета. Правильно установленный процессор показан на рис. 27.5.

Внимание!

Осторожно выпрямляйте контакты, т. к. они очень хрупкие.

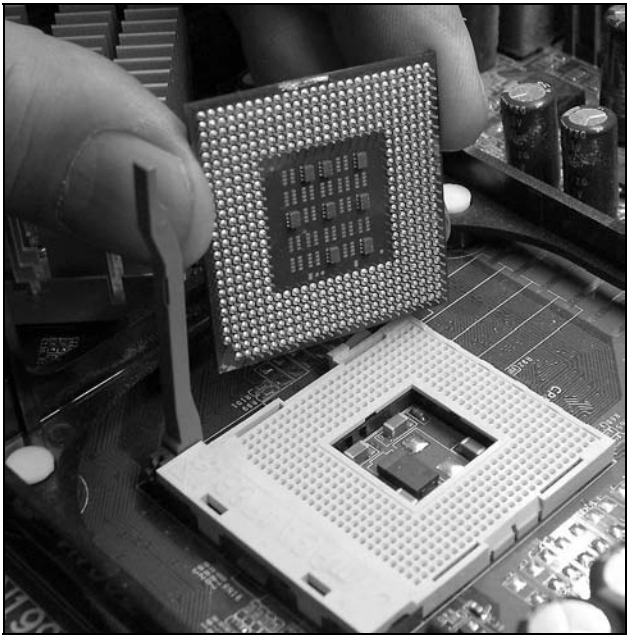


Рис. 27.4. Ориентация процессора Intel Pentium 4 Socket 478

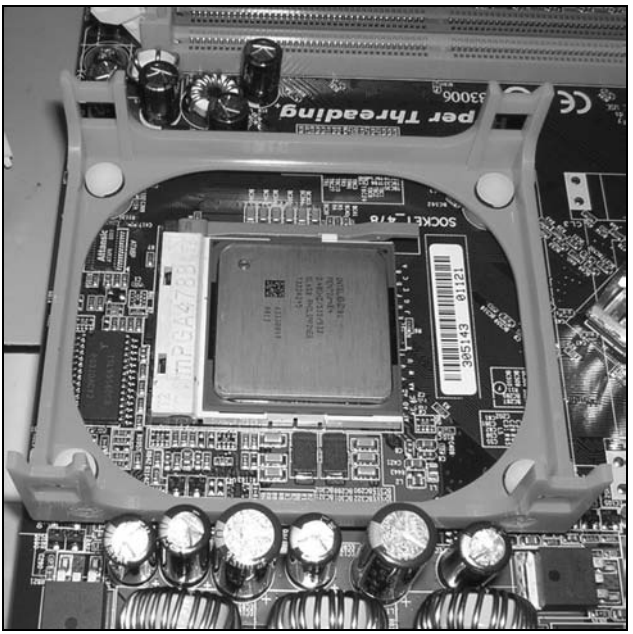


Рис. 27.5. Установленный процессор Intel Pentium 4 Socket 478

Процессоры Intel LGA 775

Корпус LGA 775 предназначен для установки ряда процессоров Intel Pentium 4 и всех процессоров линейки Intel Core 2. Ключевое отличие состоит в том, что штырьки контактов теперь находятся не на процессоре, как это всегда было, а на разъеме материнской платы. Процессор в корпусе LGA 775 "ложится" на подпружиненные штырьки контактов в разъеме и прижимается к плате жесткой стальной рамкой.

Процессоры Intel Core i7

В конце 2008 г. выпущены процессоры Intel Core i7, которые имеют Socket LGA1366. Так как данные процессоры имеют неприятные особенности работы с модулями памяти, то в ближайшее время рекомендуется приобретать только собранный рабочий комплект "процессор-память-мама". Установка процессора для Socket Intel LGA 1366 аналогична установке процессора для Socket LGA775. Для использования радиаторов, разработанных для LGA 775, на LGA1366 необходимо приобрести комплект дополнительного крепления.

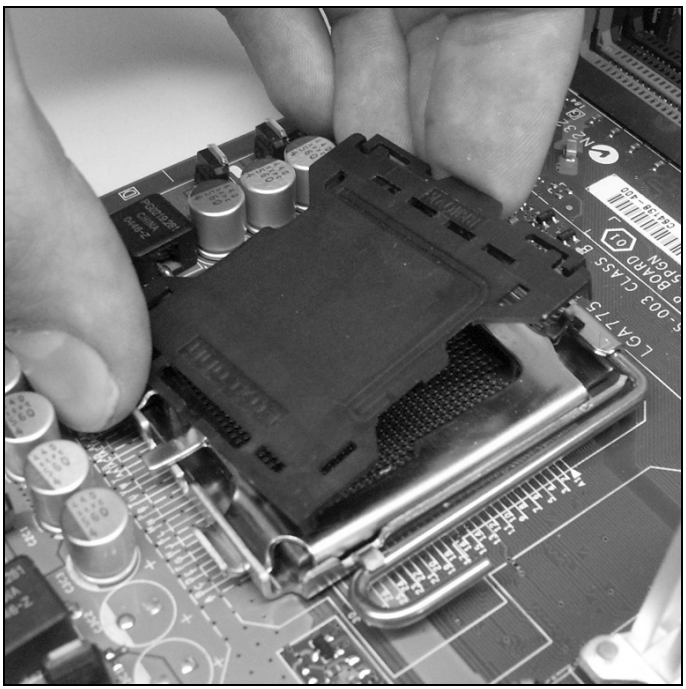
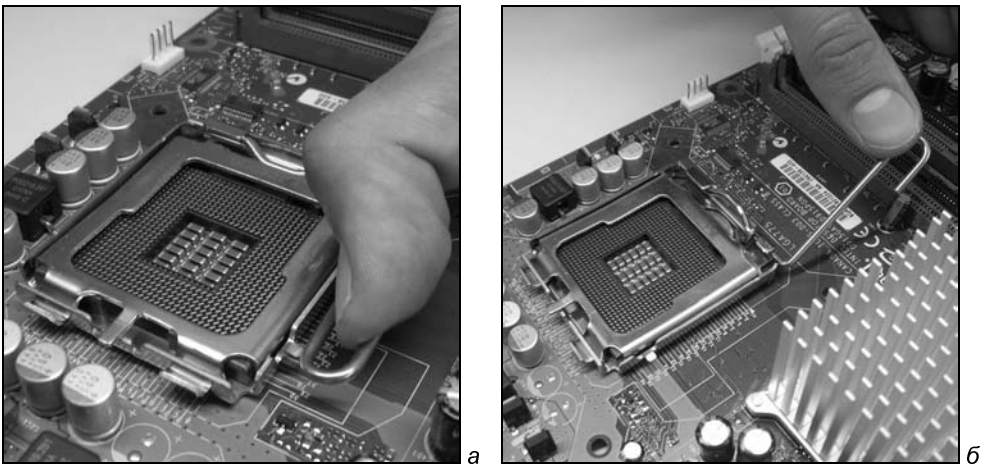


Рис. 27.6. Снятие защитной крышки с разъема LGA 775

Прежде чем устанавливать процессор, необходимо снять защитную крышечку с разъема на материнской плате (рис. 27.6). Она предохраняет хрупкие контакты от повреждений и грязи во время транспортировки и крепится двумя или четырьмя небольшими защелками.

Отведите в сторону и поверните рычажок прижимного устройства (рис. 27.7).



а *б*

Рис. 27.7. Открытие прижимного устройства в разъеме LGA 775

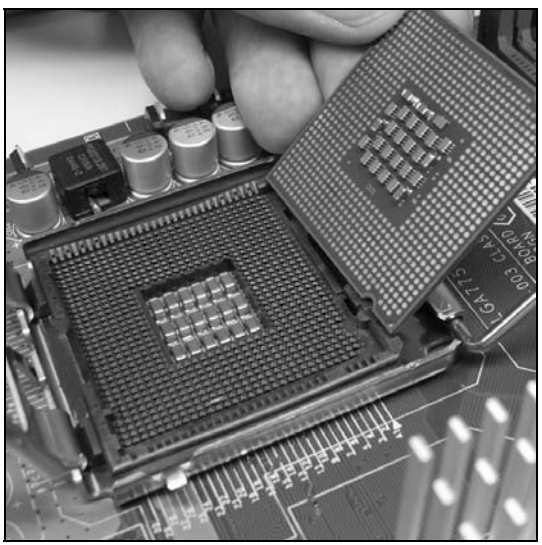
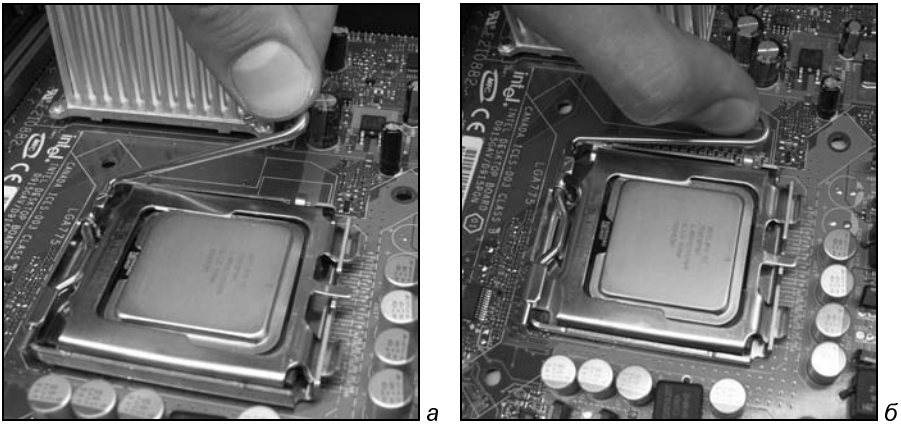


Рис. 27.8. Ориентация процессора с корпусом LGA 775

Откройте рамку прижимного устройства, поднесите процессор к разъему и сориентируйте его по ключам относительно разъема (рис. 27.8). В качестве ключей у процессора служат два пропила, расположенные напротив друг друга и немного смещенные к краю процессора, а у разъема два выступа.

Установите процессор в разъем и закройте рамку прижимного устройства, поверните прижимной рычажок и заведите его за крючок на разъеме (рис. 27.9).



а *б*

Рис. 27.9. Закрытие прижимного устройства в разъеме LGA 775

Крепление радиатора

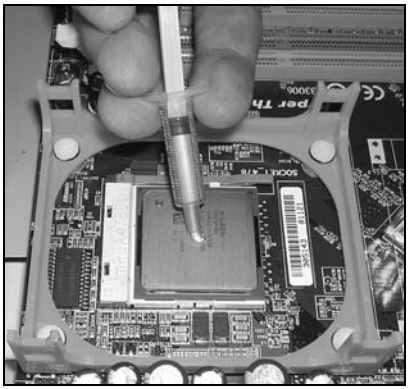
Из-за различий в конструкции корпусов и сокетов процессоров производства корпораций Intel и AMD установка охлаждающих систем имеет свои особенности для каждого типа процессоров.

В последнее время производители рекомендуют использовать вместо термосмазки листовой термоматериал. Если у вас на радиаторе уже приклеен кусочек термоматериала, то перед установкой снимите пленку, которая защищает липкий слой от высыхания и пыли. Помните, что со временем такой термоматериал полимеризуется и "намертво" приклеивается к поверхностям. Повторное использование термоматериала не допускается.

Процессоры Intel Pentium 4 Socket 478

На центр крышки процессора из тюбика выдавите капельку термосмазки (рис. 27.10, *а*). Размазывать ее не рекомендуется из-за возможности появле-

ния воздушных мешков (рис. 27.10, *б*). Примерно 1 мл термопасты должно хватить на покрытие поверхности крышки процессора и радиатора слоем толщиной несколько десятых миллиметра.


а

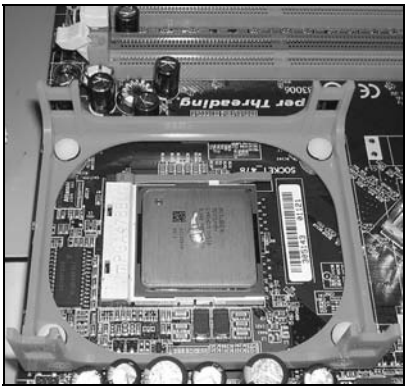
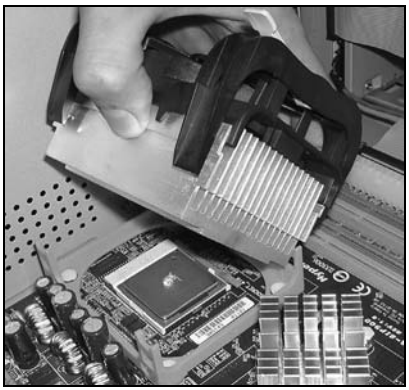

б

Рис. 27.10. Нанесение термосмазки на крышку процессора Intel Pentium 4


а

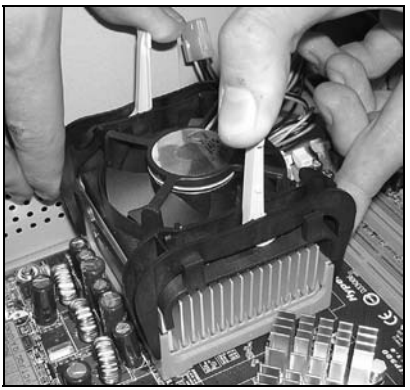

б

Рис. 27.11. Установка кулера на процессор Intel Pentium 4

Радиатор для процессора Intel Pentium 4 Socket 478 выполняется из толстой меди с алюминиевыми ребрами. Вес его значителен, поэтому при установке радиатора на процессор (рис. 27.11, *а*) следует быть осторожным, чтобы не сломать элементы на системной плате. После того как защелкнутся фиксаторы, с помощью двух рычагов притяните радиатор к системной плате (рис. 27.11, *б*).

Процессоры Intel LGA 775

На центр крышки процессора из тюбика выдавите капельку термосмазки (рис. 27.12). Размазывать ее не рекомендуется из-за возможности появления воздушных мешков. Примерно 1 мл термопасты должно хватить на покрытие поверхности кристалла и радиатора слоем толщиной несколько десятых миллиметра.

Радиатор для процессора, предназначенного для Socket LGA 775, значительно легче, чем для его предшественника, но при установке следует соблюдать осторожность (рис. 27.13), чтобы не повредить элементы на системной плате.

Для крепления кулера для сокета LGA 775 используются 4 пластмассовые кнопки (рис. 27.14, *а*), которые поворачиваются вокруг своей оси. Установите аккуратно кулер, чтобы кнопки крепления вошли в отверстия на системной плате. Далее, нажимая по очереди на кнопки (рис. 27.14, *б*), зафиксируйте их. Правильно зафиксированная кнопка показана на рис. 27.14, *в*.

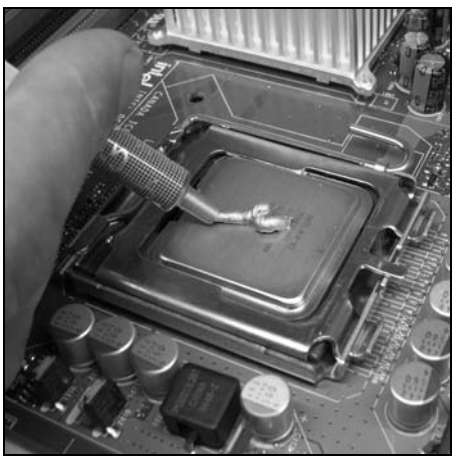


Рис. 27.12. Нанесение термопасты на корпус процессора, предназначенного для Socket LGA 775

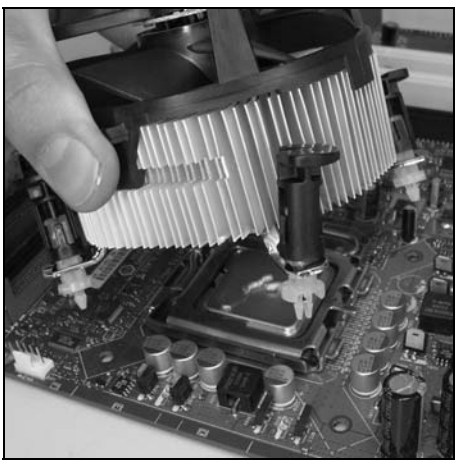
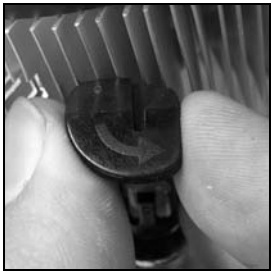
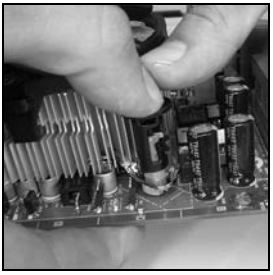


Рис. 27.13. Установка радиатора процессора, предназначенного для Socket LGA 775

Правильно установленный кулер, при покачивании его (рис. 27.15), должен немного поворачиваться вокруг своей оси внутри крепления. Если он стоит намертво и ни на миллиметр не поворачивается, то, вероятно, вы установили кулер неправильно. В этом случае его необходимо снять и выполнить всю операцию заново.


а


б

в

Рис. 27.14. Установка кулера на процессор в корпусе LGA 775

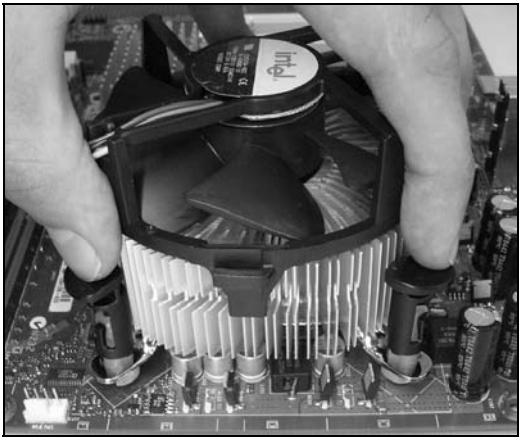


Рис. 27.15. Проверка правильности установки кулера для процессора в корпусе LGA 775

Установка памяти

Перед установкой модулей памяти обязательно следует найти в документации на системную плату таблицу установки модулей по слотам. Существуют определенные ограничения по комбинациям модулей в слотах. Обычно одиночный модуль должен быть установлен в первый слот первого банка памяти. Если чипсет, на базе которого построена системная плата, имеет двухканальную конфигурацию памяти, то в разные банки памяти можно, как правило, устанавливать только одинаковые по структуре модули памяти. Ряд системных плат допускает произвольное расположение различных по объему моду-

лей памяти в слотах, но об этом следует искать информацию в документации на системную плату.

Примечание

Процессоры Intel Core i7 могут работать с памятью в трехканальном режиме, а число модулей может достигать 6. Кроме того, с этими процессорами нельзя использовать модули памяти DDR3, которые работают с напряжением питания выше 1,65 В.

При установке модуль памяти вводится в направляющие слота (рис. 27.16), при этом необходимо проследить, чтобы прорези в печатной плате модуля памяти и пластмассовые выступы на слоте совпадали. Защелки на слотах должны быть отведены в сторону.

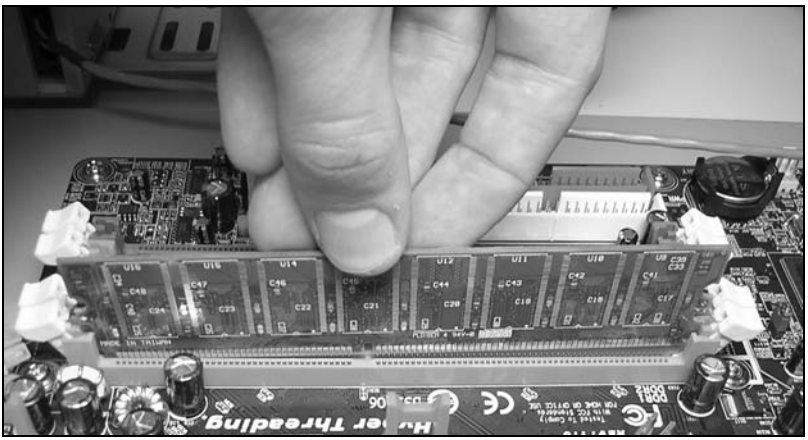


Рис. 27.16. Установка модуля памяти DDR

Для окончательной установки модуля памяти надо сильно нажать двумя пальцами по краям модуля. При правильной установке защелки должны зафиксировать модуль в слоте (рис. 27.17), в этом случае обычно раздается негромкий щелчок. Если фиксации не произошло, то значит, модуль при установке был неправильно ориентирован, или делается попытка установить неподходящий для этой системной платы модуль памяти.

Для двухканальных вариантов модули устанавливаются в разные банки. Поскольку нет единого принципа разводки слотов памяти, то правильность установки следует определить по документации. Правда, принято использовать

для слотов разноцветную пластмассу, поэтому рекомендуется устанавливать модули в слоты одинакового цвета (рис. 27.18).

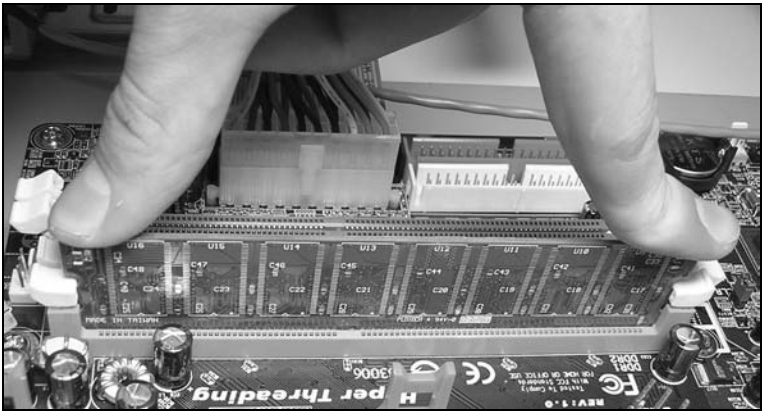


Рис. 27.17. Срабатывание защелок фиксации модуля памяти

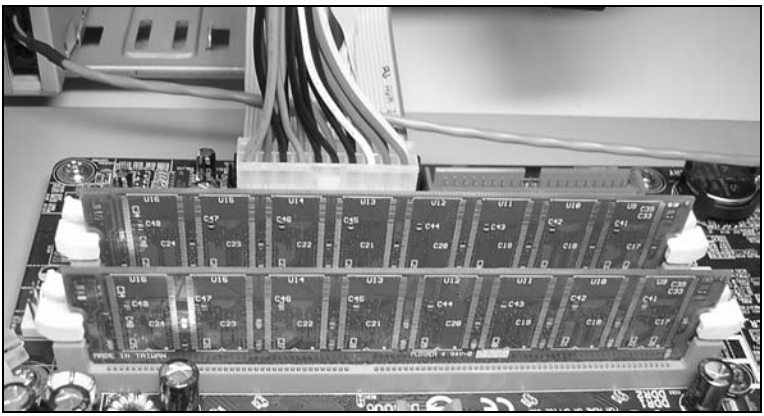


Рис. 27.18. Установлено два модуля памяти для двухканального режима

Установка новой материнской платы

Теперь приступайте к установке новой платы. Показанная в табл. 27.2 структурная схема более сложна. При проведении этой операции пользователи часто совершают ошибки.

Таблица 27.2. *Схема установки материнской платы*

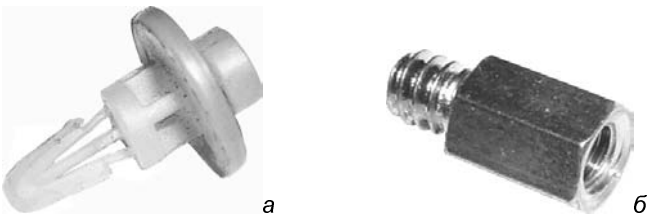
Шаг	Выполняемая операция
1	Установите старые и новые модули памяти
2	При сборке из случайных (ненадежных) комплектующих проведите внешний тест с блоком питания и видеоадаптером
3	Плата функционирует?
Да	Нет
Перейти к шагу 4	Обратите внимание на акустическое сообщение
	Проверьте обеспечение питанием
	Проверьте сопряжение монитора с видеоадптером
	Проверьте корректность установки элементов памяти
4	Отсоедините питание и видеоадаптер
5	Установите стойки
6	Установите и закрепите в корпусе материнскую плату
7	Подключите питание, видеоадаптер и монитор
8	Внутренний тест прошел успешно?
Да	Нет
Перейти к шагу 9	Ищите ошибки на шагах 4—7 (либо повторите внешний тест)
9	Установите карты расширения
10	Подключите кабели, ведущие от/к картам расширения
11	Подключите к корпусу необходимые кабели (Reset, Turbo и др.)
12	Проведите установку основных элементов в CMOS Setup
13	Проведите тест функционирования обслуживающих элементов
14	Тест прошел успешно?
Да	Нет
Перейти на шаг 15	Ищите источник ошибок
	Тестируйте отдельно карты расширения

Таблица 27.2 (*окончание*)

Шаг	Выполняемая операция
15	Закройте корпус
16	Настройте материнскую плату с помощью CMOS Setup, командных файлов и др.

Монтаж системной платы

Системная плата крепится в корпусе компьютера на пластмассовых стойках (рис. 27.19, *а*) и металлических шестигранниках (рис. 27.19, *б*).



а *б*

Рис. 27.19. Элементы крепления системной платы к корпусу системного блока компьютера

Пластмассовые стойки вставляются в фигурные прорези на шасси (рис. 27.20, *а*) и держат плату за счет пружинящих элементов. Рекомендуется вставлять пластмассовые стойки в крепежные отверстия системной платы, предварительно убедившись в наличии на шасси прорезей в нужных местах.

Шестигранники ввинчиваются в тех точках крепления (рис. 27.20, *б*), где есть отверстия с резьбой. Вместо установки шестигранников изготовитель корпусов может предложить использовать фигурные скобки с гайками (рис. 27.20, *в*).

Металлические шестигранники используются не только для крепления системной платы, но и для создания точек заземления. Почти обязательно две такие точки заземления имеются у края системной платы (рис. 27.21, *а*), где находятся разъемы интерфейсов. Для эффективного заземления на системной плате вокруг крепежных отверстий (не всех) выполняется токопроводящая дорожка (рис. 27.21, *б* и *в*).

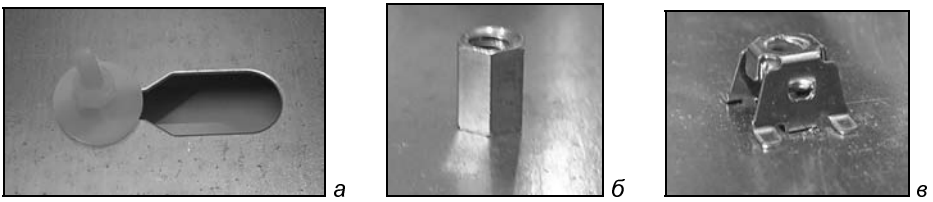


Рис. 27.20. Установленные элементы крепления системной платы

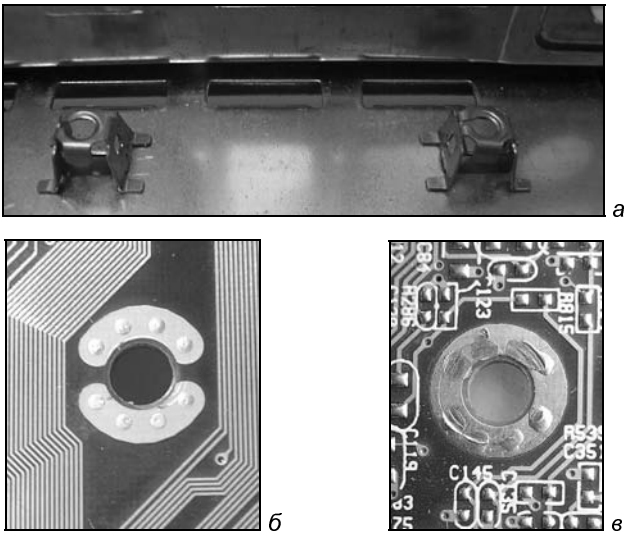


Рис. 27.21. Крепление системной платы: *а* — элементы крепления системной платы; *б*, *в* — точки крепления на системной плате

В тех точках крепления, где на системной плате нет заземляющей токопроводящей дорожки, при использовании металлических шестигранников следует дополнительно использовать пластмассовые шайбы.

Определившись с точками крепления, установите системную плату в корпус (рис. 27.22, *а*). Если блок питания размещен над поверхностью системной платы (как в корпусах Mini Tower), то убедитесь, что радиатор не упирается в блок питания (остается зазор хотя бы в 10 мм). Крепить системную плату винтами (рис. 27.22, *б*) следует только после проверки совпадения всех крепежных стоек с отверстиями на системной плате, возможности свободной установки блока питания и отсутствия заглушек в корпусе напротив интерфейсных разъемов.

а

б

Рис. 27.22. Установка системной платы в корпус

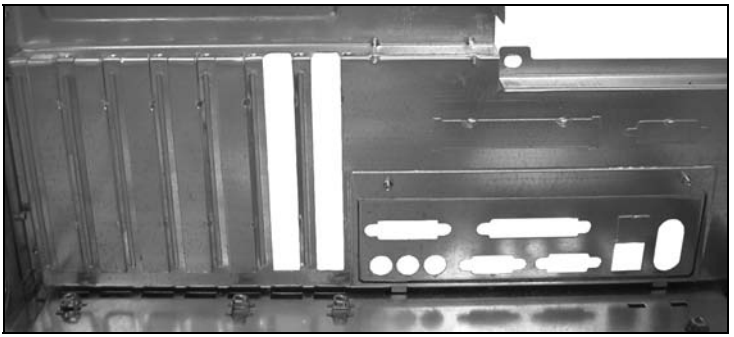


Рис. 27.23. Удаленные металлические заглушки в корпусе системного блока компьютера

Внимание!

До начала установки системной платы надо удалить металлические заглушки, которые закрывают отверстия для интерфейсных разъемов и интерфейсных карт (рис. 27.23). Не следует удалять заглушки со всех отверстий, т. к. через неиспользуемые отверстия будет набираться пыль, да и появляется опасность легкого попадания посторонних предметов внутрь корпуса компьютера.

Подключение дисковода

Дисковод 3,5" сконфигурируем как A:, а дисковод 5,25" — как B:. Последовательность операций при установке дисководов приведена в табл. 27.3.

Таблица 27.3. *Схема установки дисковода*

Шаг	Выполняемая операция
1	Проверьте наличие свободных кабелей данных и питания
2	Идентифицируйте свободные встроенные отсеки
3	Имеется ли свободный отсек 3,5" для установки дисковода?
Да	Нет
Удалите заглушку 3,5" на передней панели	Дисковод 3,5" укрепите на кронштейне
4	Закрепите дисковод
5	Подключите кабель питания
6	Подсоедините кабель данных
7	Произведите изменения в CMOS Setup
8	Установка прошла успешно?
Да	Нет
Перейти к шагу 9	Переполюсовка кабеля данных
	Переполюсовка входа контроллера
	Неверные данные в CMOS Setup
9	Проведите тестирование, выполнив команду `FORMAT`

Шаги 1— 2

Первый шаг является подготовительным. Даже самые хорошие дисководы невозможно использовать, если на блоке питания больше нет свободных кабелей. В этом случае необходимо использовать Y-образный разветвитель (рис. 27.24), который должен быть в ассортименте любой солидной фирмы по торговле компьютерными компонентами.

Также проверьте кабель данных. Нужен обычный кабель, но он должен быть достаточно длинным, чтобы в корпусе Tower вы могли соединить оба дисковода, даже если они располагаются не в соседних отсеках.

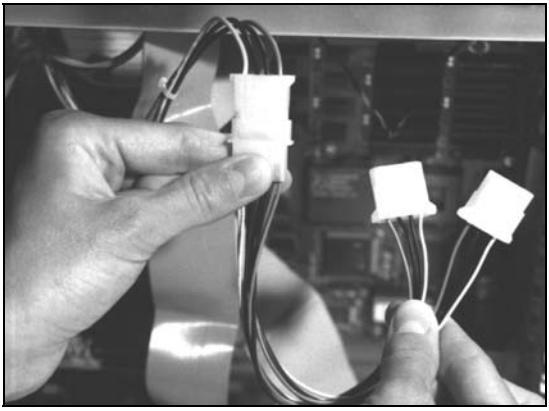


Рис. 27.24. Y-образный разветвитель для подключения питания

Одновременно на втором шаге необходимо определить, в какие отсеки вы будете устанавливать дисководы.

Шаг 3

Большинство корпусов имеют отдельные отсеки для дисководов 3,5". Если вы желаете использовать такой отсек, то удалите соответствующую заглушку. В большинстве случаев это достигается отщелкиванием пластиковой пластины на передней панели (реже ее необходимо отодвинуть). Если отсека 3,5" нет, то не остается ничего другого, как приобрести специальную раму (*Mounting Kit*) и установить в нее дисковод. Затем дисковод 3,5" вместе с этой рамой вставляется в отсек 5,25".

Шаги 4—5

Прежде чем вы установите дисковод в отсек, зафиксируйте его с помощью двух винтов в горизонтальном или вертикальном (возможно только для дисковода 3,5") положении и соедините с блоком питания.

Шаг 6

При подсоединении кабеля данных (рис. 27.25) руководствуйтесь информацией, приведенной в *главе 10*.

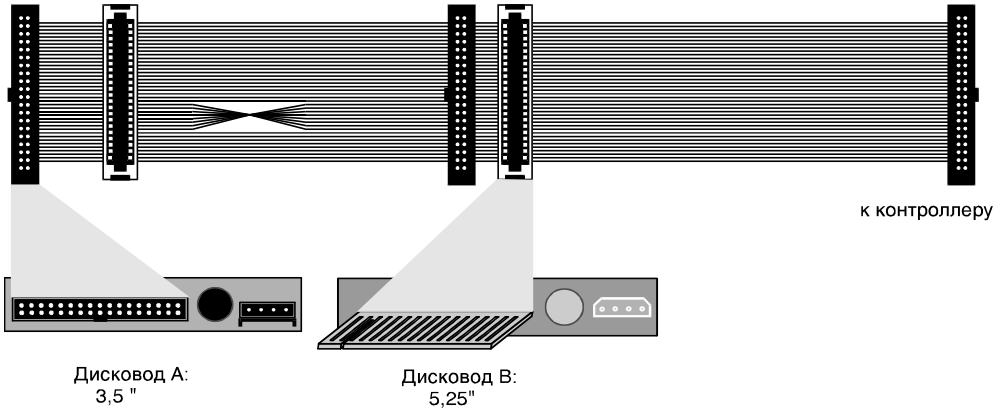


Рис. 27.25. Подключение дисковода: 3,5" как A: и 5,25" как B:

Обратите внимание на то, что цветной маркированный провод должен быть подключен к контакту 1 разъемов как дисковода, так и контроллера. Маркировка жилы в большинстве случаев помогает избежать неправильного подключения кабеля. В этом также может помочь и ключ, имеющийся на большинстве разъемов кабеля данных.

Шаг 7

Для того чтобы уведомить систему о наличии дисковода и сообщить ей код его опознавания A: или B:, необходимо лишь указать тип привода в CMOS Setup.

При нашей конфигурации в CMOS Setup должны быть установлены опции, приведенные на рис. 27.26.

Шаг 8

Если при загрузке PC сначала мигнет индикатор первого дисковода, а затем второго, значит вы все сделали правильно. Если при этом один из индикаторов не засветится (или даже оба), то ошибки могут таиться в следующем:

- проверьте еще раз установки в CMOS Setup. Возможно, вы правильно изменили соответствующие установки, но CMOS Setup не был сохранен;
- может быть, вы неверно установили кабель данных. Установите его таким образом, чтобы цветная маркированная жила кабеля данных подходила к контакту 1 разъема;

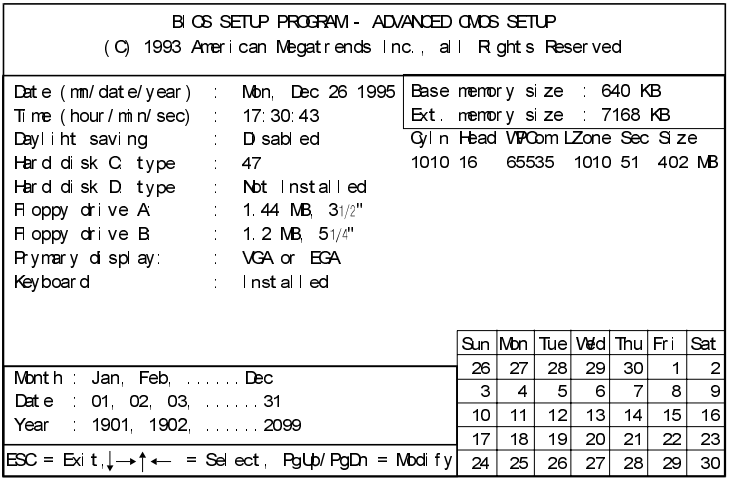


Рис. 27.26. Установка параметров дисководов в CMOS Setup

- не исключено, что кабель данных подсоединен к дисководу правильно, а к контроллеру — неправильно;
- возможно, вы забыли подключить или плохо подключили кабель блока питания;
- если индикаторы не светятся, то это не обязательно является следствием дефекта или ошибок подключения дисководов. Проверьте настройки в Advanced CMOS Setup, установлена ли опция **Floppy Drive Seek at Boot** в положение **Enabled** (в противном случае дисководы при запуске PC не проверяются).

Установка винчестера

В настоящее время в настольных компьютерах, предназначенных для дома и офиса, используются две разновидности винчестеров с различными интерфейсами: параллельным — ATA (или иначе IDE) или последовательным — SATA (Serial ATA). Их подключение к системной плате принципиально различается, хотя одновременно можно использовать на одном компьютере несколько винчестеров с различными интерфейсами.

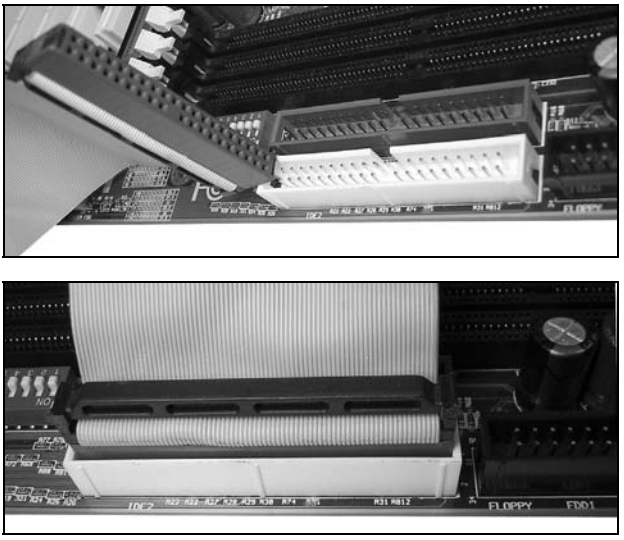
Для мобильных компьютеров выпускаются малогабаритные винчестеры с модифицированным интерфейсом IDE.

В высокопроизводительных серверах и рабочих станциях чаще используют винчестеры с интерфейсом SCSI или SAS.

> ***Примечание***
>
> Если дисковая поверхность винчестера была размечена в операционной системе Windows Vista, то для возможности установки другой системы рекомендуется пользоваться специальными дисковыми утилитами. Например, программой Partition Manager или Drive Backup, разработанной компанией Paragon Software Group (**http://www.paragon.ru**).

Установка винчестера IDE

Для подключения винчестеров на системной плате имеются два 40-контактных разъема для IDE-интерфейса. Процедура подключения показана на рис. 27.27. Обязательно проверьте соответствие первого провода на кабеле и первого контакта в разъеме на системной плате, особенно если кабель куплен на радиорынке.



а

б

Рис. 27.27. Подключение шлейфа IDE к системной плате

При подключении одного винчестера шлейф следует подключать к первому IDE-интерфейсу. Ко второму IDE-интерфейсу, как правило, подключается привод компакт-дисков.

Для всех современных винчестеров требуется использовать 80-жильный шлейф. При использовании 40-жильного шлейфа винчестер не сможет передавать информацию с максимально доступной ему скоростью.

Дополнительно на системной плате могут устанавливаться аналогичные разъемы для подключения RAID-массива, служащего для архивного хранения данных или для быстрой обработки больших объемов информации.

При установке винчестера первое, что надо сделать, — это установить режим его работы: *Master* или *Slave* (режим *Cable* используется крайне редко). Традиционно имеет смысл для единственного системного винчестера устанавливать режим Master (это увеличивает производительность, правда, не всегда). На рис. 27.28 показано, как с помощью пинцета устанавливаются джамперы на винчестере, определяющие режим его работы. Схема комбинаций джамперов всегда приводится на крышке гермоблока винчестера (рис. 27.29), а также в документации. В том случае, когда системная плата не поддерживает полный объем винчестера, следует выбрать альтернативную комбинацию джамперов.

Рис. 27.28. Установка джамперов для выбора режима работы винчестера

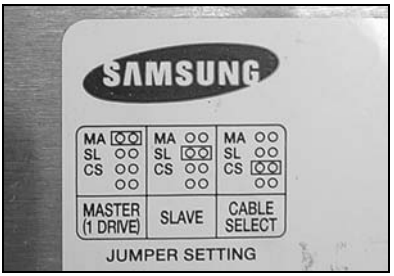


Рис. 27.29. Справочная информация на гермоблоке винчестера

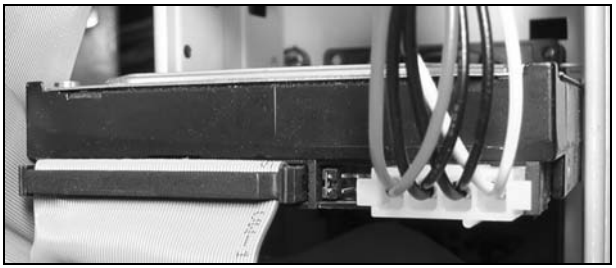


Рис. 27.30. Подключение винчестера

Интерфейсный шлейф и разъем питания подключаются к винчестеру, как это показано на рис. 27.30. Практически всегда первый провод (красный или черный) шлейфа находится ближе к разъему питания. Подключать шлейф, как правило, приходится вслепую, т. к. к этому этапу сборки внутри корпуса компьютера уже настоящие "джунгли" из плат и проводов. Поэтому попробуйте для тренировки установить шлейф и разъем питания до того, как винчестер будет помещен в отсек.

Установка винчестера SATA

Системные платы, поддерживающие интерфейс SATA (Serial ATA), имеют дополнительные разъемы для SATA-интерфейса, как показано на рис. 27.31. К каждому такому разъему подключается только одно устройство.

Информационный кабель SATA-интерфейса показан на рис. 27.32. Обратите внимание, что оба разъема на кабеле одинаковы.

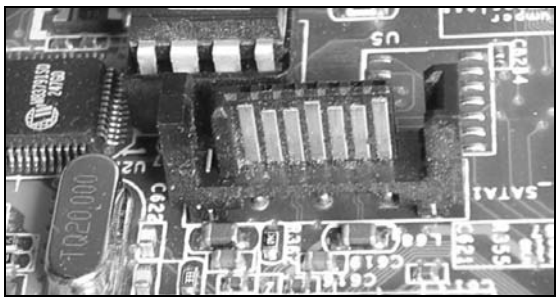


Рис. 27.31. Разъем SATA на системной плате

Рис. 27.32. Информационный кабель SATA

Рис. 27.33. Разъем питания для SATA-устройства

Для подключения питания используются переходники (*см. главу 2*). Для подключения питания к SATA-устройству используется разъем, фотография ко-

торого приведена на рис. 27.33. Если винчестер с SATA-интерфейсом имеет дополнительно разъем питания, как и у винчестера с IDE-интерфейсом, то следует подключить только один разъем питания на вкус пользователя.

Примечание

Винчестеры с интерфейсом SATA джамперов для выбора типа устройства не имеют!

Установка привода компакт-дисков

Привод компакт-дисков (CD-ROM, CD-RW, DVD) подключается точно так же, как и винчестер к интерфейсу IDE или SATA.

Рис. 27.34. Подключение интерфейсного шлейфа к CD-ROM

Правда, для повышения производительности компьютера привод с IDE-интерфейсом желательно подключать на второй канал (разъем) IDE-интерфейса. Для привода CD-RW лучше устанавливать режим Master. На рис. 27.34 показано подключение интерфейсного шлейфа к приводу CD-ROM. При установке двух оптических приводов, например CD-RW и DVD, их разрешается подключить на один шлейф, как это показано на рис. 27.35. Один должен работать в режиме Master, а второй — Slave.

Дополнительные разъемы слева (рис. 27.34) предназначены для подключения аналогового аудиокабеля к звуковой плате. Этот кабель может не устанавливаться, если вы не прослушиваете через компьютер диски типа аудио-CD.

Рис. 27.35. Подключение двух оптических приводов на один шлейф

Установка модемов

В отличие от установки карт расширения или периферийных устройств, подключение модема, как правило, связано с необходимостью проведения подготовительных работ (перенос телефонной розетки поближе к PC). Последовательность подключения модема представлена в табл. 27.4.

Если же у вас модем, подключаемый с USB-порту, то он подключается точно также, как и все остальные USB-устройства, и не требует настройки портов и прерываний в Windows.

Таблица 27.4. *Последовательность подключения модема*

Шаг	Выполняемая операция
1	Подготовка телефонной розетки
2	Аппаратная конфигурация модема
3	Установка карты в PC
4	Подключение кабелей
5	Тестирование модема
6	Конфигурирование модема

Шаг 1

Если вы решили подключить модем к PC, то заранее позаботьтесь, чтобы рядом с ним размещалась телефонная розетка. Как правило, для этого придется удлинить телефонную линию. Удлинение интерфейсного кабеля RS-232 между внешним модемом и PC не рекомендуется в связи с ограничениями на его длину.

Для удобства обычно устанавливают параллельный телефон. Но в общем случае модем должен быть "первым" или единственным потребителем используемой телефонной линии. В случае, если имеются параллельные телефоны, блокираторы и другие устройства, модем необходимо подключать, как показано на рис. 27.36.

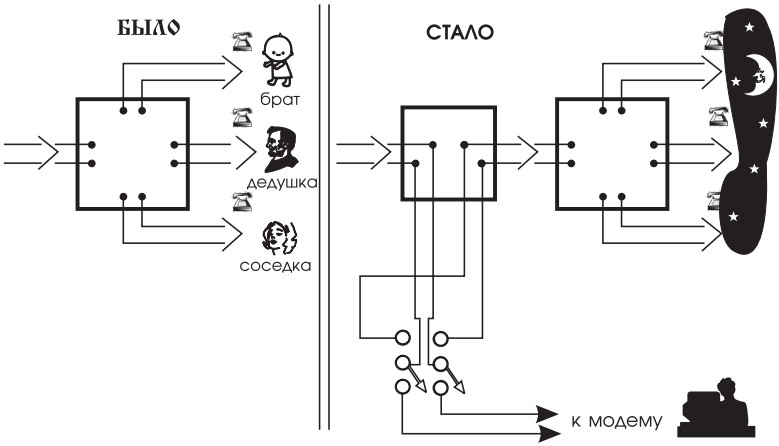


Рис. 27.36. Подключение модема к схеме с параллельным телефоном

При переносе телефонной розетки целесообразно сразу устанавливать розетку типа RJ-11 (евростандарт). Это облегчит подключение модема, в комплект которого входит кабель с вилкой типа RJ-11 (рис. 27.37).

Рис. 27.37. Кабель для подключения модема к телефонной розетке

Если вы использовали отечественную розетку, то вам нужно приобрести еще один такой же телефонный набор "розетка/вилка" и изготовить переходник для подключения модема.

Для этого необходимо:

1. Разрезать кабель, входящий в комплект поставки модема, и очистить концы от оплетки на 3—4 см.
2. Отделить красный и зеленый провода и очистить их от изоляции на 1,5—2 см.
3. Укоротить и изолировать незадействованные провода.
4. Очищенные от изоляции провода подключить к телефонному разъему в соответствии с приводимой ниже схемой (рис. 27.38).

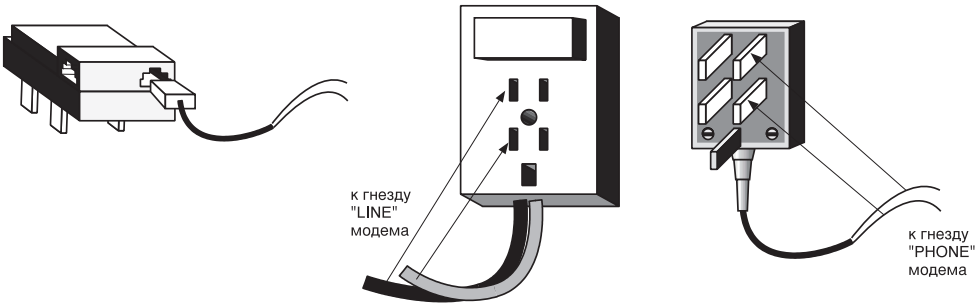


Рис. 27.38. Переходник для подключения модема к линии: RJ-11 (слева) и на основе телефонного разъема (справа)

Примечание

Помните, что разъем RJ-11 имеет четыре контакта, из которых используются только два центральных.

Шаг 2

Перед установкой платы внутреннего модема в PC необходимо выбрать номер порта (COM1—COM4) и номер линии прерывания (IRQ 2—IRQ 7) (табл. 27.5). Для этого нужно установить в соответствующие положения DIP-переключатели или джамперы на карте модема.

Таблица 27.5. *Стандартные значения ресурсов COM-портов*

Наименование порта	Адрес ввода/вывода	Номер линий прерывания
Communications Port 1 (COM1)	3F8	IRQ 4
Communications Port 2 (COM2)	2F8	IRQ 3
Communications Port 3 (COM3)	3E8	IRQ 4
Communications Port 4 (COM4)	2E8	IRQ 3

Шаг 3

Карта внутреннего модема устанавливается так же, как обычная карта расширения (рис. 27.39).

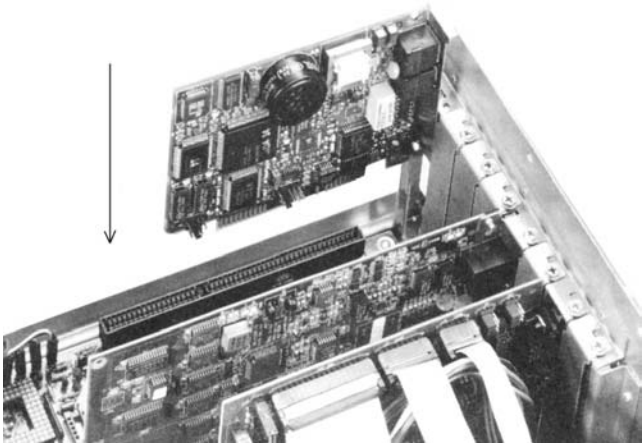


Рис. 27.39. Установка карты модема

Шаг 4

При подсоединении внешнего модема сначала при помощи интерфейсного кабеля (рис. 27.40) соедините выключенный модем с выключенным PC и заверните до упора винты, фиксирующие разъемы.

Рис. 27.40. Интерфейсный кабель для подключения модема

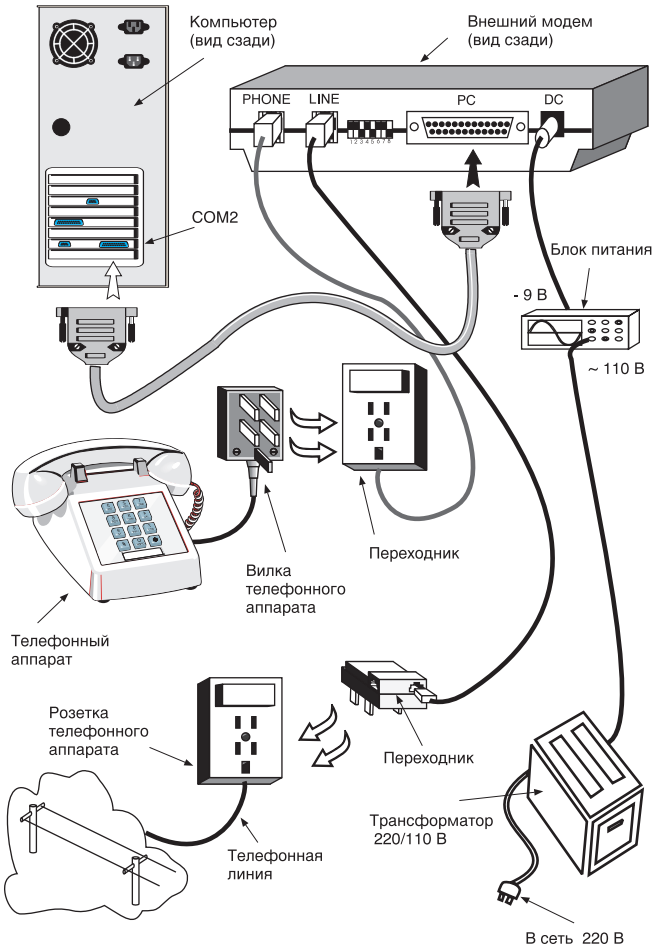


Рис. 27.41. Схема подключения модема к PC и телефонной линии

Затем вставьте вилку блока питания модема в розетку электросети. После этого можно включать питание модема и PC.

Канальный разъем (LINE, WALL, SW, LL) на задней панели внешнего модема предназначен для соединения с телефонным каналом. При этом можно использовать поставляемый с модемом или любой другой кабель, оборудованный разъемами типа RJ-11, RJ-12, RJ-41 или RJ-45. Большинство модемов имеют гнездо (PHONE) для подключения телефонного аппарата. К этому гнезду и нужно подключать "оставшийся без дела" телефон. При отсутствии модемной связи телефоном можно пользоваться. Параллельное подключение модема и телефона нежелательно.

Схема подключения внешнего модема представлена на рис. 27.41.

При подключении внутреннего модема нет необходимости использовать кабели для подключения к PC и блока питания.

Заземление внешнего модема осуществляется с помощью специального проводника кабеля питания. При отсутствии трехконтактных розеток необходим дополнительный заземляющий проводник с сечением провода не менее 1,5 мм^2. С помощью такого проводника соедините клемму GND (земля) на задней панели модема с контуром заземления помещения. В некоторых недорогих моделях заземление не предусмотрено. Поэтому подключать их к PC следует с особой осторожностью.

Шаг 5

Включите питание модема. При включении питания внешнего модема обычно выполняется его автоматическая самопроверка, в течение которой могут мигать некоторые индикаторы на лицевой панели. По окончании самотестирования модем готов к работе.

Для полной проверки работоспособности модема воспользуйтесь какой-либо специализированной программой. Достаточно любой терминальной программы, позволяющей управлять модемом с помощью AT-команд.

Шаг 6

При первом включении модема загружаются заводские настройки по умолчанию. Как правило, модем может сразу начать работу, используя эту конфи-

гурацию. Однако лучше все же изменить значения отдельных параметров для настройки работы модема в конкретных условиях. В первую очередь обратите внимание на такие параметры модема, как скорость передачи, коэффициент паузы импульсного набора, режим исправления ошибок и др. Типовой набор параметров модема, установленных по умолчанию, приведен в табл. 27.6.

Таблица 27.6. *Типовые параметры модема*

Параметр	Установка	AT-команда
Эхо команд	Разрешено	`ATE1`
Ответы модема	Разрешено	`ATQ0`
Форма ответов модема	Текстовая	`ATV1`
Набор контролируемых параметров	Обнаружение ответа станции и сигнала "Занято"	`ATX4`
Защита от ошибок	Запрещена	`AT%E0`
Защитный тон	Включен с частотой 1800 Гц	`AT&G2`
Автоответ	Разрешен после одного звонка	`ATS0=1`
Разъединение по приему сигнала BREAK	Запрещено	`ATY0`
Управление потоком	Разрешен метод RTS/CTS	`AT&K3`
Состояние цепи DCD (109)	Принудительное включение	`AT&C0`
Состояние цепи DTR (108)	Игнорирование сигнала DTR	`AT&D0`
Отношение замыкание/размыкание	61/39	`AT&P1`
Синхронизация передачи	Внутренняя	`AT&X0`

В случае необходимости с помощью AT-команд можно изменить значения отдельных параметров. Для сохранения выбранных значений в энергонезависимой памяти используйте команду `AT&Wn` (`n` — номер профиля (варианта) конфигурации).

Практически все модели модемов имеют несколько профилей заводской конфигурации, ориентированных, например, на работу по коммутируемым или арендованным каналам, в синхронном или асинхронном режимах и т. п. При включении питания по умолчанию в оперативную память модема загружается профиль с минимальным номером. Для вызова другого профиля нужно использовать команду `AT&Fn` или `ATZn` (`n` — номер профиля конфигурации). Если необходимо, чтобы при включении питания профиль с номером, отличным от 0, вызывался по умолчанию, его нужно записать в память командой `AT&Yn`.

Глава 28

Диагностика ошибок

Существует множество причин, вследствие которых нарушается работоспособность персонального компьютера. Однако только в редких случаях речь идет действительно о настоящем отказе. Как правило, даже после многолетней эксплуатации конструктивные элементы, которые не испытывают механической нагрузки (материнские платы, платы расширения), еще долгое время будут служить. Опыт подсказывает, что вряд ли найдется хоть один компьютер, который прекратил свою работу точно в день истечения гарантийного срока. Неисправности и ошибки обычно проявляются уже в первые часы работы.

Если вы приобретаете новый PC, то должны поинтересоваться, прошел ли он так называемый *Burn-In-Test*. С помощью этого теста производитель испытывает PC в течение 24 или 48 часов. Компьютеры, которые прошли этот тест, с полным правом можно считать надежными. В случае сомнений следует повторить этот тест в домашних условиях. Хорошему компьютеру ни в коей мере не повредит непрерывная работа в течение двух суток.

В книге мы описываем наиболее распространенные ошибки и способы их устранения. Естественно, что вы не сможете самостоятельно решить все проблемы. Однако после наших рекомендаций вы, как пользователь, сможете устранить (или избежать), по крайней мере, 80% наиболее распространенных ошибок. Оставшиеся 20% зависят от наличия у вас специальных инструментов, диагностического программного обеспечения, а также вашей компетентности в электрических схемах и опыта работы с паяльником. Дадим несколько советов.

- Выясните, при каких ситуациях происходит сбой, попытайтесь его локализовать. Например, если речь идет о зависании системы, выясните, не происходит ли это при выполнении определенной программы, проявляется ли эта ошибка в приложениях Windows или DOS.

- Запишите, какое последнее сообщение выдал PC. Хотя часто сообщение об ошибке ничего не говорит, однако последнее сообщение компьютера перед зависанием системы иногда позволяет сделать заключение об источнике неисправности.
- Вспомните, когда ошибка проявилась в первый раз: при запуске новой программы, после установки новой карты или подключения периферийного устройства.

Диагностика с помощью программного обеспечения

При обнаружении ошибки, прежде чем вы приметесь за диагностику аппаратных средств PC, необходимо попробовать определить и локализовать ошибку с помощью специальных программных тестов. Естественно, это возможно, если PC находится в состоянии, когда можно запустить тестирующую программу. В противном случае оперировать можно лишь аппаратными средствами.

Подобные ошибки встречаются относительно редко. Чаще всего речь идет о неверной установке или дефектах, идентифицируемых с помощью программного обеспечения, и которые нет необходимости устранять путем замены и конфигурирования аппаратных средств. Типичными примерами таких ситуаций являются конфликты прерываний, которые приводят к зависанию внешнего устройства.

Существует большое количество программ, которые диагностируют компьютер, "лечат" его и оказывают помощь при ремонте. Для более глубокого анализа конфигурации системы можно воспользоваться специальными диагностическими утилитами. Как правило, большинству пользователей для настройки системы достаточно средств Windows, однако специализированные утилиты обладают некоторыми уникальными свойствами, например, выявлением неисправностей SCSI-устройств и др. Кроме того, утилиты содержат более совершенные средства для дефрагментации диска, для оптимизации системного реестра и файла подкачки, сканирования диска и др.

Диагностические утилиты занимаются не только диагностикой установленного оборудования и решением аппаратных проблем. Они также занимаются поиском ошибок программного обеспечения (например, удалением неиспользуемых данных, обнаружением и решением проблем "висячих" записей в системном реестре).

К сожалению, аппаратные средства PC развиваются быстрее, чем программные.

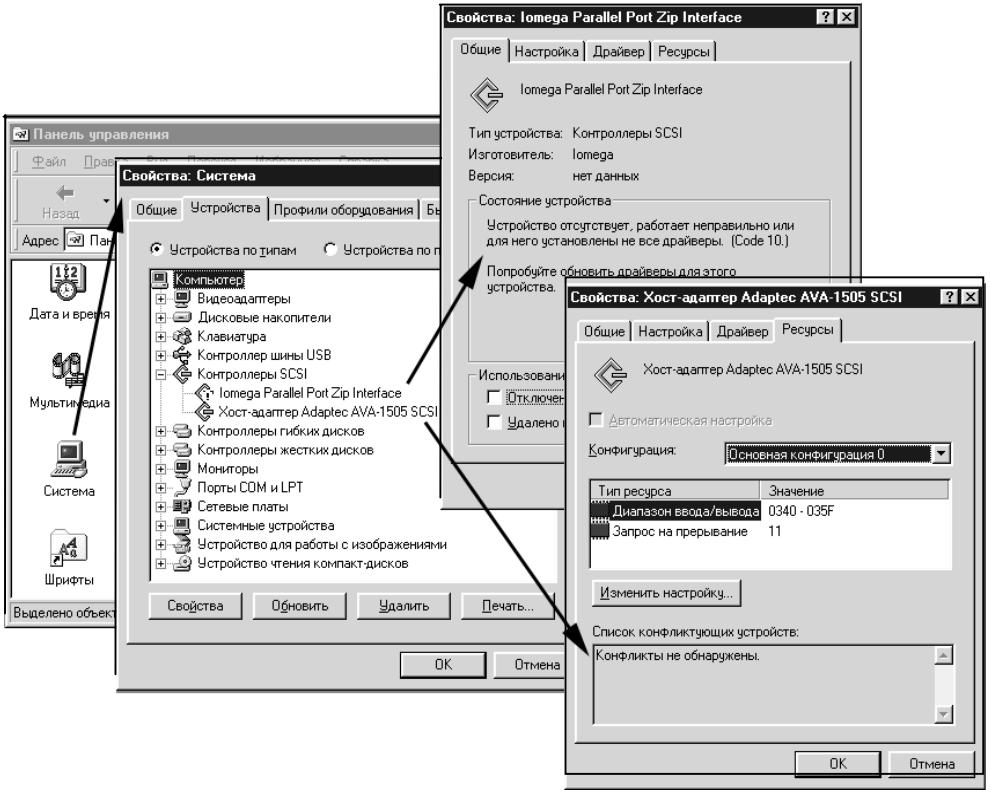


Рис. 28.1. Диалоговое окно **Свойства: Система**

Сообщение об ошибках в ROM BIOS

Основной тест проверки системы уже установлен в PC — это так называемый POST (*Power On Self Test*), который интегрирован в ROM BIOS. С помощью этого теста при включении компьютера проверяются самые важные функции PC, прежде всего, работа CPU и RAM.

Информация об ошибке или дефекте конструктивного элемента выводится на экран монитора в виде сообщения в форме `Error at ...` Самые важные группы выводимых кодов ошибок приведены в табл. 28.1, а сообщения — в табл. 28.2.

Таблица 28.1. *Некоторые коды ошибок, сообщаемых POST*

Код ошибки	Причина
01...	Ошибка не локализована
02...	Ошибка питания
01...	Ошибка на материнской плате
02...	Ошибка RAM
03...	Ошибка клавиатуры
04...	Ошибка монохромной графической карты (MDA, Hercules)
05...	Ошибка карты CGA
06...	Ошибка дисковода
07...	Ошибка сопроцессора
09...	Ошибка LPT1
10...	Ошибка LPT2
11...	Ошибка COM1
12...	Ошибка COM2
13...	Ошибка игрового порта
14...	Ошибка принтера
17...	Ошибка винчестера
18...	Ошибка карты расширения
30...	Ошибка первой карты сети
74...	Ошибка карты VGA
85...	Ошибка дополнительной памяти (EMS)

Таблица 28.2. *Некоторые сообщения AMI BIOS об ошибках*

Сообщение об ошибке	Причина	Рекомендации по устранению
Address Line Short	Короткое замыкание в адресной шине	Последовательно замените все платы, в противном случае — ошибка в материнской плате

Таблица 28.2 (*продолжение*)

Сообщение об ошибке	Причина	Рекомендации по устранению
C: Drive Error	Ошибка первого винчестера	Хотя BIOS находит винчестер, но не может к нему обратиться; проверьте соответствующие разъемы; исправьте параметры CMOS Setup
C: Drive Failure	Неисправность первого винчестера	Никаких "признаков жизни" первого винчестера; проверьте разъемы; возможны проблемы синхронизации со вторым винчестером
CD-2 Timer-Error	Неисправность таймера 2	Замените соответствующую микросхему
CMOS Battery State Low	Разряжен аккумулятор	Установите внешнюю аккумуляторную батарею
CMOS Checksum Failure	Ошибка в CMOS RAM	Внесите изменения конфигурации в CMOS, если это не поможет, установите внешнюю аккумуляторную батарею или замените элемент 80C206
CMOS Display Type	Вход CMOS видеоадаптера не настроен	Внесите изменения в CMOS Setup; переключите джампер на материнской плате
CMOS Memory Size Missmatsch	POST определил емкость памяти PC, отличную от заданной в CMOS Setup	Вставьте элемент памяти или измените установку в CMOS
CMOS System Option not set	Ошибка в CMOS RAM	Не установлены соответствующие значения конфигурации; проверьте и при необходимости внесите изменения
D: Drive Error	Ошибка второго винчестера	Хотя BIOS находит винчестер, но не может к нему обратиться; проверьте соответствующие разъемы; исправьте параметры CMOS Setup
D: Drive Failure	Неисправность второго винчестера	Никаких "признаков жизни" второго винчестера; проверьте разъемы; возможны проблемы синхронизации с первым винчестером

Таблица 28.2 (*окончание*)

Сообщение об ошибке	Причина	Рекомендации по устранению
`FDD Controller Failure`	Неисправность контроллера FDD	Отсутствует или неисправен контроллер FDD
`HDD Controller Failure`	Неисправность контроллера HDD	Отсутствует или неисправен контроллер HDD
`Intr #1 Error`	Ошибка первого контроллера прерываний	Отсоединена плата расширения; возможно, неисправен элемент 80C206, замените его
`Intr #2 Error`	Ошибка второго контроллера прерываний	Отсоединена плата расширения; возможно, неисправен элемент 80C206, замените его
`KB/Interfaces Error`	Ошибка интерфейса клавиатуры	Неисправность в разъеме клавиатуры или ошибка BIOS клавиатуры
`Keyboard Error`	Ошибка клавиатуры	Клавиатура не подсоединена или на ее выход не поступают данные
`Keyboard is Locked Unlock it`	Блокировка клавиш	Не повернут ключ на корпусе PC; кабель ключа отсоединен от материнской платы

Однако возможны ошибки, причины которых лежат гораздо глубже, и PC не в состоянии отобразить какое-либо сообщение на экране монитора. В этом случае он делает то же, что и больной человек: стонет. И не просто так, а некоторое количество раз в зависимости от вида ошибки (табл. 28.3).

Таблица 28.3. *Акустические сообщения AMI BIOS об ошибках*

Число звуковых сигналов	Причина	Рекомендации по устранению
01	Refresh Failure — RAM не может провести регенерацию	Проверьте элементы памяти
02	Parity Error — ошибка четности памяти	Проверьте элементы памяти

Таблица 28.3 (*окончание*)

Число звуковых сигналов	Причина	Рекомендации по устранению
03	Base 64 KB Memory Failure — ошибка в области памяти от 0 до 64 Кбайт	Проверьте элементы памяти
04	Timer not operational — ошибка таймера 1	Замените соответствующую микросхему
05	Processor Error — ошибка CPU	Проверьте наличие и правильность установки CPU
06	8042-Gate A20 Failure — невозможно переключиться в защищенный режим	Замените элемент 8042
07	Processor Exception Interrupt Error — неисправность CPU или его ошибку невозможно локализовать	Замените CPU
08	Display Memory Read/Write Error — видеоадаптер неисправн или отсутствует видеопамять	Установите видеоадаптер или микросхемы памяти на него
09	Rom Checksum Error — некорректный ROM BIOS	Замените ROM BIOS
10	CMOS Shutdown Register Error — ошибка при чтении и записи CMOS RAM	Замените элемент 80C206
11	Cache-Error/External Cache Bad — ошибка внешней кэш-памяти	Проверьте элементы SRAM и при необходимости замените их

При перечислении ошибок предполагается, что в PC установлены монитор и видеоадаптер. Для акустической диагностики ошибок необходимо выполнение еще двух условий: материнская плата должна быть подсоединена к блоку питания, и динамик должен быть подсоединен к разъему с обозначением SPEAKER или SPK. Как уже сказано, должен быть установлен видеоадаптер, а подключение монитора необязательно. Если видеоадаптер отсутствует, динамик будет издавать восемь звуковых сигналов.

Акустические сообщения об ошибках указывают, как правило, на ошибки материнской платы. Такие ошибки устранимы только при замене компонентов материнской платы.

Сообщения об ошибках, определяемых POST Award BIOS, несколько отличаются от сообщений AMI. Так, звуковой сигнал, состоящий из длинного сигнала и двух коротких, указывает, что произошла ошибка в видеосистеме, и BIOS не может инициализировать экран монитора, чтобы отобразить дополнительную информацию. Любые другие звуковые сигналы указывают на проблемы с оперативной памятью.

В табл. 28.4 представлены основные сообщения об ошибках Award EliteBIOS.

Таблица 28.4. *Сообщения об ошибках Award EliteBIOS*

Сообщение об ошибке	**Причина**	**Рекомендации по устранению**
`BIOS ROM checksum error - System halted`	Ошибка контрольной суммы ROM BIOS — система остановлена	Контрольная сумма кода программы BIOS в микросхеме BIOS ошибочна. Замените микросхему BIOS
`CMOS battery failed`	Неисправна батарея CMOS	Замените батарею
`CMOS checksum error – Defaults loaded`	Ошибка контрольной суммы CMOS — загружены параметры по умолчанию. Ошибка может быть вызвана разряженной батареей	Замените батарею
`Display switch is set incorrectly`	В CMOS Setup неправильно установлен режим работы монитора	Измените установки
`Press ESC to skip memory test`	Нажмите клавишу <Esc>, чтобы пропустить испытание памяти	Пользователь может нажимать <Esc>, чтобы пропустить полное испытание памяти
`Floppy disk(s) fail`	Сбой работы FDD. Система не может найти или инициализировать контроллер FDD или дисковод FDD	Проверьте правильность подключения дисководов и их установки в CMOS Setup. Если дисководы не подключены, то убедитесь, что в CMOS Setup установлены опции `NONE` или `ABTO`

Таблица 28.4 (*продолжение*)

Сообщение об ошибке	Причина	Рекомендации по устранению
`HARD DISK INSTALL FAILURE`	Ошибка установки винчестера	Система не может найти или инициализировать контроллер HDD или сам HDD. Удостоверьтесь, что винчестер правильно установлен и прописан в CMOS Setup. Если винчестер не установлен, убедитесь, что в CMOS Setup соответствующая опция установлена в положение `NONE`
`Keyboard error or no keyboard present`	Система не может инициализировать клавиатуру	Убедитесь, что клавиатура подключена и не нажата ни одна клавиша. Если вы хотите конфигурировать систему без клавиатуры, установите в CMOS Setup опцию `HALT ON ALL, BUT KEYBOARD`. В этом случае BIOS игнорирует клавиатуру во время выполнения POST
`Keyboard is locked out - Unlock the key`	Клавиатура заблокирована — отожмите клавишу	Это сообщение обычно указывает, что одна или более клавиш были нажаты при тестировании клавиатуры. Убедитесь, что клавиши не нажаты
`Memory test fail`	Сбой при тестировании памяти	Если POST обнаруживает ошибку в процессе тестирования памяти, то появляется дополнительное сообщение, в котором содержится информация относительно типа и расположения ошибки памяти
`Primary master hard disk fail`	Ошибка Master-винчестера, подключенного к первому каналу контроллера IDE	BIOS находит винчестер, но не может к нему обратиться. Проверьте установки в CMOS Setup и соответствующие разъемы. Возможны конфликты с другими винчестерами. Для идентификации ошибки нажмите клавишу <Tab>

Таблица 28.4 (*окончание*)

Сообщение об ошибке	Причина	Рекомендации по устранению
`Primary slave hard disk fail`	Ошибка Slave-винчестера, подключенного к первому каналу контроллера IDE	То же
`Secondary master hard disk fail`	Ошибка Master-винчестера, подключенного ко второму каналу контроллера IDE	—"—
`Secondary slave hard disk fail`	Ошибка Slave-винчестера, подключенного ко второму каналу контроллера IDE	—"—

Устранение неисправностей важнейших компонентов

Мы исходим из того, что все описанные выше ошибки встречаются довольно редко. При приобретении отдельных конструктивных элементов или новых систем вы получаете у продавца чек и гарантийные обязательства и, если конструктивный элемент не функционирует, можете его заменить. Обычно ошибки внезапно проявляются тогда, когда происходит реконструкция PC.

Материнская плата

Ошибки в материнской плате, как правило, идентифицируются уже программой POST. Во время эксплуатации материнскую плату заменяют редко; самой частой причиной ошибок является ее перегрев. Следует позаботиться, чтобы корпус PC постоянно охлаждался воздухом. Процессоры должны быть оснащены стандартными радиаторами или микровентиляторами.

Проблемы с материнской платой проявляются обычно сразу же после ее установки. В связи с этим мы хотим обратить ваше внимание на некоторые "мелочи", которые могут привести к крупным неприятностям.

Если вы неверно подключили питание к материнской плате (одна из немногих возможностей ее повредить), то наши рекомендации уже не понадобятся: плату не "оживить". И все-таки вы должны снова повторить операцию под-

ключения материнской платы, но уже без ошибок, чтобы, во-первых, дать себе зарок никогда так больше не делать и, во-вторых, обеспечить правильное снабжение PC питанием.

Если форм-фактор вашей материнской платы не ATX, то два разъема, предназначенные для питания материнской платы, должны быть установлены так, чтобы черные провода, идущие от блока питания к этим разъемам, были бы расположены друг возле друга, как это показано на рис. 28.2.

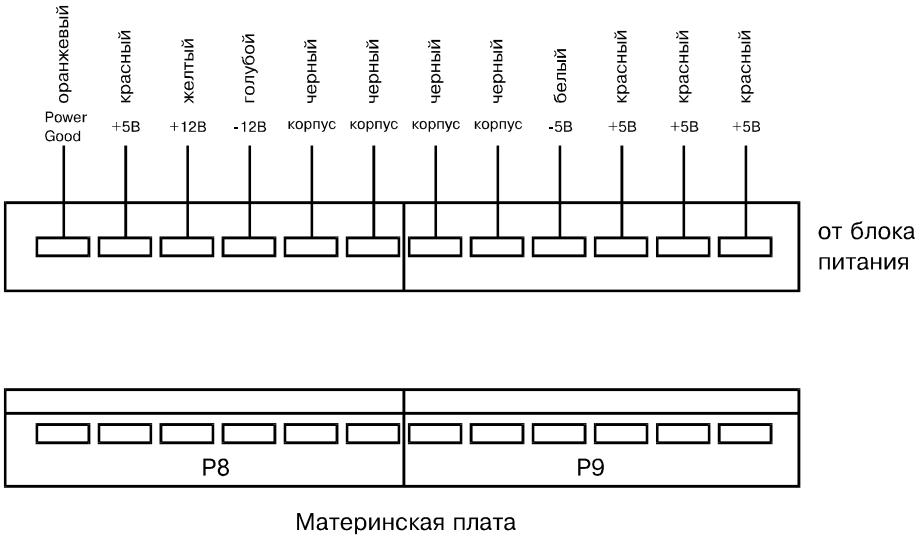


Рис. 28.2. Подключение питания к материнской плате форм-фактора AT

Кроме питающих разъемов к материнской плате следует правильно подключить все разъемы, идущие от корпуса PC. В частности на материнской плате расположен 2-контактный разъем, который должен быть соединен с кнопкой Reset (рис. 28.3), расположенной на передней панели корпуса. При нажатии кнопки Reset система перезапускается. Если же вы по ошибке подключили к этому разъему другой кабель, это может привести к непрерывному перезапуску системы. В данном случае подключите кабель правильно и перезагрузите компьютер.

Предположим, что вы, по собственному разумению, правильно установили материнскую плату, однако PC не только не "капризничает", но даже не подает никаких звуковых сигналов. В этом случае речь может идти не о неисправной материнской плате и не о коротком замыкании. Причина может

крыться в купленном вами дешевом корпусе, в котором установлена материнская плата. Возможно, несмотря на то, что вы прочно закрепили плату, контакт все равно отсутствует из-за имеющихся зазоров. Для того чтобы устранить этот дефект, вы должны попытаться переустановить плату и при необходимости подложить под винты диэлектрические шайбы.

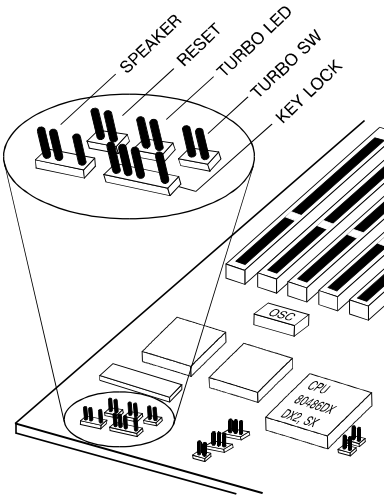


Рис. 28.3. Разъемы для подключения элементов передней панели компьютера

Если при тестировании системы программой POST компьютер не подает звуковых сигналов, но, согласно тесту, RAM отличается от установленной, проверьте установку микросхем памяти. Скорее всего, речь идет не о неисправных элементах памяти, а об отсутствии контакта. Это относится, прежде всего, к SIMM и DIMM-модулям.

На некоторых PC после установки в BIOS Setup опций Shadow RAM может случиться так, что 340 Кбайт RAM "отсутствуют". Это не должно вас беспокоить, поскольку область памяти между 640 Кбайт и 1 Мбайт для вас, как для пользователя, все равно ограничена. Некоторые изготовители BIOS работают под девизом: "Что не используется пользователем, можно не учитывать".

Сравнивайте иногда записи в CMOS Setup с теми, что были сделаны ранее. Если компьютер выдает сообщения следующего содержания:

```
CMOS Battery State Low
CMOS Configuration Error
```

или, что еще хуже, все ваши установки в CMOS Setup отсутствуют, то, скорее всего, неисправна аккумуляторная батарея, обеспечивающая питание CMOS RAM, где регистрируется конфигурация CMOS Setup. Для того чтобы избежать утомительного и ответственного процесса конфигурации системы заново, рекомендуем заранее переписать эту информацию и хранить ее. Первые признаки разряда аккумуляторной батареи проявляются в регулярном отставании системного времени.

В случае выхода аккумуляторной батареи из строя вы должны ее заменить. В настоящее время замена не представляет никаких сложностей, поскольку аккумуляторная батарея представляет собой батарею, похожую на обыкновенную "таблетку" наподобие аккумулятора в калькуляторах и электронных часах, правда, несколько большего размера.

Раньше эту операцию доверяли специалисту, поскольку аккумуляторы были припаяны к материнской плате. При отсутствии опыта работы с паяльником можно было повредить печатные проводники вокруг аккумуляторной батареи.

Кроме того, к материнской плате можно подключить внешнюю аккумуляторную батарею. Такой разъем имеется на большинстве материнских плат. Мы рекомендуем использовать литиевые батареи, которые более долговечны.

Если PC постоянно зависает и при этом "прощается" с вами сообщением об одной и той же ошибке, то, возможно, вы слишком переусердствовали при настройке CMOS Setup и при этом забыли "поинтересоваться" у материнской платы (в описании на материнскую плату), способна ли она работать в столь быстром режиме. В этом случае вы должны привести свой CMOS Setup к стандартным значениям (*Auto Configuratuon with BIOS Defaults*). PC будет работать медленнее, но зато надежно. А если все-таки ошибки такого рода будут продолжать возникать, то лучше обратиться к специалистам, которые диагностировали данную плату. Предварительно запишите сообщение об ошибке, появляющееся на экране монитора, т. к. это может ускорить процесс ремонта.

Винчестер

Ошибки винчестера могут проявляться либо на аппаратном, либо на программном уровне.

В отличие от материнской платы и карт сопряжения, винчестер работает не бесшумно, и вам наверняка известен характерный звук, сопровождающий его работу. Винчестер с неисправным приводом или поврежденной головкой чте-

ния/записи не издает никаких звуков или издает, но очень резкие, отличные от обычных. Кроме того, вы заметите изменение тона характерного звука, возникающее при замедленном или слишком быстром вращении винчестера.

Первоначально мы исходим из того, что винчестер исправен, а вы лишь неправильно подсоединили к нему кабель данных. Это часто возникает при использовании IDE-винчестеров, где для подключения к шине данных используется 40-жильный кабель.

Внимание!

При подключении кабелей вы могли ошибиться дважды: как при его подключении к винчестеру, так и при подключении к контроллеру. Обратите внимание, что цветная маркированная жила должна подходить к контактам 1 разъемов (рис. 28.4).

Ошибка подключения винчестера может привести к нарушению работы блока питания. Таким образом, прежде чем исследовать снабжение питанием вашей системы, проверьте правильность подсоединения винчестера.

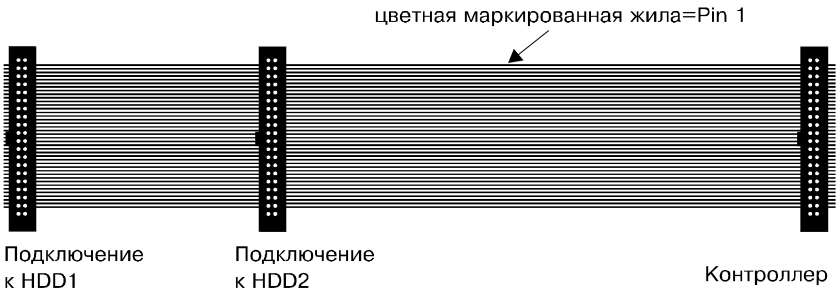


Рис. 28.4. Кабель данных IDE-винчестера

Другая причина может состоять в том, что винчестер не поддерживает более высокую частоту работы шины. Для IDE-винчестеров предел составляет 10 МГц, более высокая частота приводит к его отказу. Измените тактовую частоту шины в Advanced CMOS Setup в пункте **Bus Clock Rate**.

При установке более чем одного винчестера они должны идентифицироваться определенным образом. Для IDE-винчестера имеются два возможных состояния, определяемых положениями джамперов, которые характеризуют, какой из двух возможных жестких дисков является первичным (*Master*), а какой — вторичным (*Slave*). Таким образом, перед установкой проверьте состояние винчестера, определяемое этими джамперами.

При установке второго IDE-винчестера необходимо выставить джамперы не только на втором (новом) диске (как Slave), но и на первом (как Master). Пример расположения джамперов представлен на рис. 28.5.

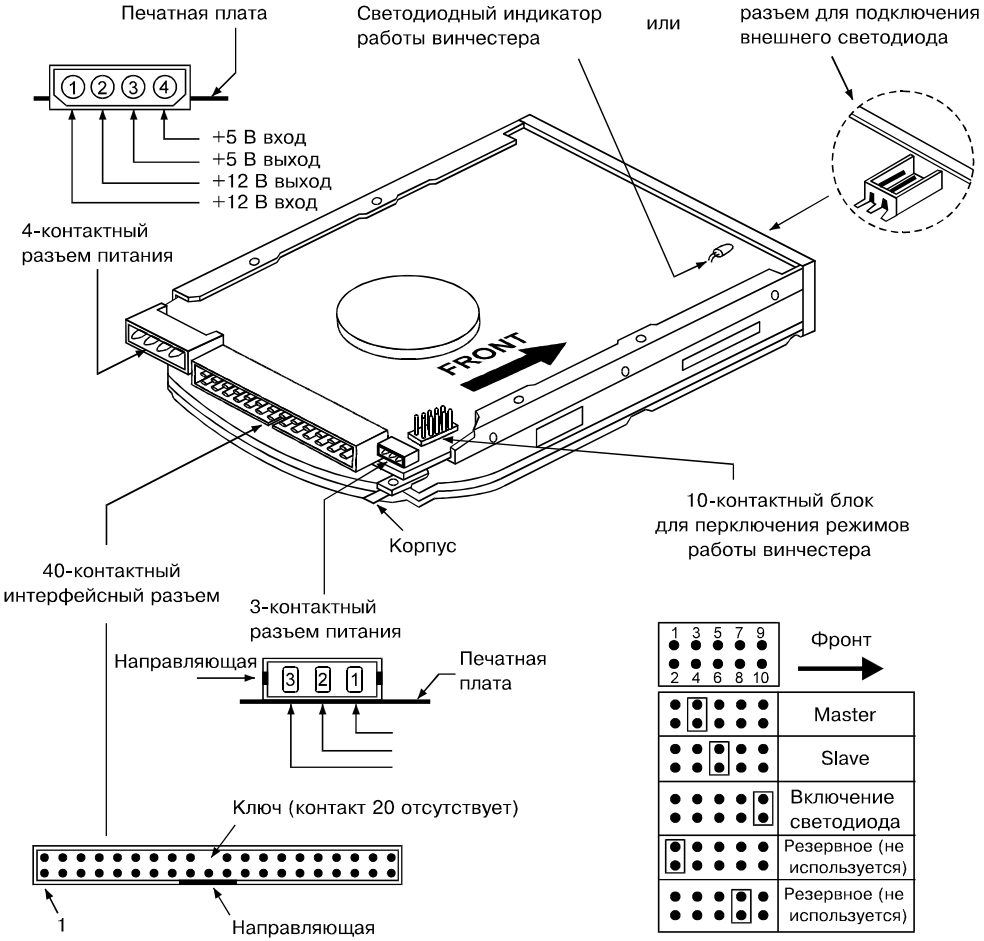


Рис. 28.5. Назначение разъемов и джамперов IDE-винчестеров фирмы Seagate, модели ST309A, ST3120A и ST3144A

Если вы создали на винчестере несколько логических дисков, но забыли, что первый логический диск должен быть отмечен как активный (только для Windows 98 и ранее), то появится сообщение:

```
Error loading operating system
```

Устранение ошибки достигается соответствующей опцией меню программы FDISK. Если вы назначили в FDISK секционирование всего диска как одного раздела, т. е. вы не хотите "нарезать" физический диск на логические диски, FDISK автоматически определит этот раздел как активный (active), т. е. диск, с которого загружается операционная система.

Одной из распространенных причин неработоспособности винчестера является "залипание" головок чтения/записи. В этом случае при включении PC вы не услышите знакомый шум, сопровождающий его работу.

Имейте в виду, что причиной, по которой не вращаются диски винчестера, может быть не только "залипание" дисков или отсутствие контакта в кабеле питания. Возможно, неисправна плата управления винчестера, которая располагается непосредственно в его корпусе. Для проверки этой платы можно взять плату такого же типа из работающего винчестера и вставить ее в свой винчестер.

Если причина неисправности действительно в плате управления, вы сможете хотя бы переписать данные с вышедшего из строя винчестера, а затем либо искать плату самостоятельно, либо отдать винчестер в мастерскую.

CD-ROM

Привод CD-ROM является сложным оптико-мехническим электронным управляемым устройством. Следует отметить следующие основные причины неработоспособности привода:

- ❒ неисправности оптической системы;
- ❒ механические неисправности;
- ❒ неисправности электрических компонентов;
- ❒ ошибочная конфигурация.

Проявление первых трех типов неисправностей и рекомендации по их устранению представлены в табл. 28.5.

Таблица 28.5. *Типичные ошибки приводов CD-ROM и способы их устранения*

Неисправность	Причина	Рекомендации по устранению
Каретка с трудом выходит из отсека	Отсутствие смазки	Разберите привод и смажьте узлы, ответственные за ход каретки

Таблица 28.5 (*окончание*)

Неисправность	Причина	Рекомендации по устранению
Каретка не выдвигается	Отсутствие смазки.	Если компакт-диск остался в приводе, вставьте в аварийное отверстие, расположенное на передней панели привода, тонкий жесткий провод и извлеките диск. Разберите привод и смажьте узлы, ответственные за ход каретки.
	Механические повреждения узлов	При обнаружении механических повреждений обратитесь в сервис-центр
Привод постоянно выбрасывает компакт-диск	Скопление пыли и грязи на салазках каретки	Разберите привод и удалите грязь
При открытии каретки компакт-диск продолжает вращаться	Засорилась оптическая система.	Разберите привод и очистите головки
	Смещение головок чтения	Регулировку головок следует проводить в сервис-центре
Беспорядочное перемещение головки или полное отсутствие движения	Неисправен двигатель или сервосистема двигателя перемещения головки	Обратитесь в сервис-центр
Привод не читает компакт-диск	Засорилась оптическая система	Вставьте в привод чистящий компакт-диск и выполните процедуру очистки. Если это не помогло, то разберите привод и удалите грязь
Привод не читает только неновые "запиленные" компакт-диски	Возможен выход из строя системы восстановления ошибок чтения, хотя причиной может быть засорение оптической системы	Обратитесь в сервис-центр

Разборка привода не представляет особых сложностей, если вы действуете аккуратно и не торопитесь. Каждая модель имеет свои особенности, но, как правило, вначале необходимо снять лицевую панель, а затем снять металлический кожух, который держится на двух-трех винтах.

Внимание!

Для протирания линзы (рис. 28.6) ни в коем случае не используйте агрессивные растворители, достаточно протереть линзу мягкой фланелью. Будьте осторожны, чтобы не сместить линзу.

Шпиндель хорошо протереть спиртом, чтобы убрать жир и грязь. Затем можно нанести на его поверхность тонкий слой резинового клея.

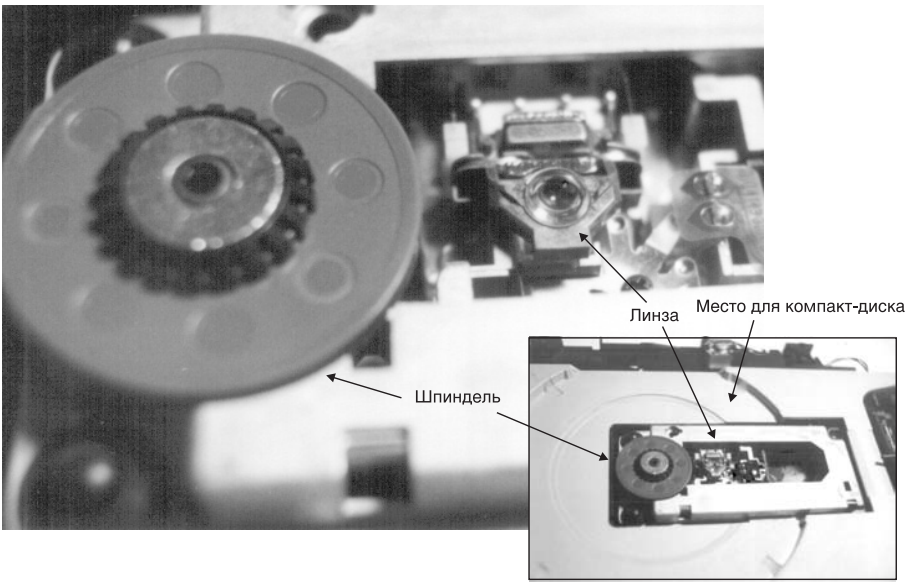


Рис. 28.6. Шпиндель и линза привода CD-ROM

Отметим причины нарушения работы привода CD-ROM.

- Привод CD-ROM должен находиться только в горизонтальном положении. Другое расположение привода может стать причиной его неисправности.
- Если CD-ROM упорно отказывается загружать компакт-диск, это может означать, что вы установили компакт-диск "наизнанку". Некоторые вы-

движные контейнеры (Caddy) не загружают компакт-диск, если обнаруживается небольшой перекос или неправильное его вложение в контейнер.

- Иногда фирменные CD-ROM отказываются читать нелицензионные диски CD-ROM (как правило, китайского производства). Это вполне нормально и не говорит о том, что привод CD-ROM неисправен. Если же вы предпочитаете использовать китайские полуфабрикаты, то уточните у продавца при покупке привода его возможности работы с подобными дисками.

Мышь

Любая, даже самая дорогая, мышь со временем выходит из строя. Средняя продолжительность "жизни" мыши составляет 2—3 года.

Основными причинами, приводящими к неработоспособности мыши, являются:

- износ кнопок;
- обрыв кабеля;
- загрязнение шарика, направляющих валиков и оптической системы;
- неисправности электронных компонентов.

Вопросы, связанные с очисткой мыши, рассмотрены в *главе 18*. Неисправности электронных компонентов встречаются не часто, и обычно проще приобрести новую мышь, чем искать и перепаивать микросхему и другие компоненты, расположенные на плате мыши.

Первыми симптомами износа кнопки мыши является ее самопроизвольное отпускание или генерация двойного щелчка. Причина неустойчивой работы мыши заключается в ненадежном замыкании цепи контактной пластиной, расположенной внутри кнопки.

Вы можете заменить кнопку. Ее можно приобрести в магазине радиотоваров. Если вы имеете трехкнопочную мышь, то можно смело выпаять среднюю кнопку (она все равно практически не используется и выполняет функцию "запасного колеса"). Если у вас двухкнопочная мышь, то можно поменять кнопки местами, т. к. правая кнопка используется реже и следовательно изнашивается меньше.

Можно также попробовать отремонтировать кнопку. Для этого откройте мышь и, поддев пинцетом ушки защелки (рис. 28.7), снимите верхнюю часть кнопки. Вы увидите контактную пластину и пружину. Запомните как они

расположены. Теперь снимите контактную пластину и выгните ее в противоположную сторону. Далее соберите кнопку в обратном порядке. Перед тем как собирать корпус мыши, проверьте, слышен ли характерный щелчок при нажатии на кнопку. Если щелчка нет, то вы неправильно вставили пружину.

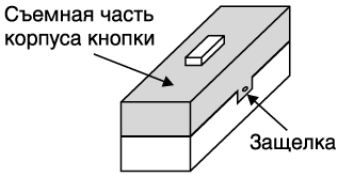


Рис. 28.7. Кнопка мыши

Если мышь не управляет курсором, то, как правило, причина заключается в том, что внутри кабеля переломился один из проводов в результате его регулярной деформации. Определить эту неисправность можно с помощью тестера.

Если курсор периодически все-таки реагирует на мышь, то можно просто попробовать утопить провод на 2—3 см внутрь корпуса мыши, чтобы восстановить контакт. Это часто помогает.

Если неисправность проявляется вновь, то следует удалить неисправный кусок кабеля. Для этого нужно отрезать кабель на 3—4 см от места его сочленения с мышью. Затем разобрать мышь, отсоединить отрезок, подключенный к плате, и перепаять мини-разъемы к "новому" кабелю.

Обслуживание PC

PC является сложным устройством, состоящим из множества микросхем, которые имеют очень высокую степень интеграции. Однако чем больше степень интеграции, тем выше и вероятность выхода микросхем из строя.

Примечание

Для сроков эксплуатации элементов обычно имеется один или более специальных терминов, которые возможно найти в документации PC. Понятие MTBF (*Mean Time Between Failure*) обозначает среднее время работы элемента между двумя поломками. Чаще всего оно измеряется в часах. Второе понятие MTTR (*Mean Time to Repair*) обозначает среднее время ремонта.

Любой технический прибор работает гораздо дольше, если он своевременно обслуживается. Это значит, что регулярный и заботливый уход за компьютером, прежде всего, обеспечит бессбойную и безаварийную работу.

В некоторых узлах PC вы ничего не можете сделать или можете сделать очень мало, а в других, — наоборот, много. Далее дается ряд советов, как без больших затрат обслужить отдельные компоненты PC. При любом обслуживании действует правило: прежде чем лезть в компьютер со щеткой или мокрой тряпкой, должно быть отключено силовое питание.

Корпус

PC выделяет тепло, для отвода которого в системный блок обычно встроен вентилятор, подающий в корпус большое количество воздуха. Однако этот воздух проходит не только через специальные щели в корпусе, но и через все другие пазы и отверстия. Туда же попадает не только воздух, но и содержащиеся в нем частицы. Осаждение пыли является самой распространенной причиной сбоев PC. Она или воздействует на работоспособность механических устройств, например, при попадании на головки чтения/записи в приводах дискет, или из-за перегрева вызывает выход компонентов из строя.

Для очистки "внутренностей" PC откройте его корпус. Вооружившись мягкой кисточкой, можно удалить самые большие скопления пыли, которые находятся на материнской плате, в области установки элементов RAM и на блоке питания. В хорошо доступных местах можно убрать пыль при помощи пылесоса, однако при этом следует быть внимательными, чтобы пылесос не засосал из компьютера важнейшие детали. Можно справиться с пылью и при помощи воздуходува, длинным и тонким шлангом которого можно достать до удаленных мест и очистить их.

Самый толстый слой пыли обычно лежит на блоке питания, т. к. здесь расположен вентилятор, который выдувает воздух с обратной стороны корпуса. Обратную сторону блока питания можно очистить и не открывая корпус PC. В большинстве других случаев нужно открывать корпус не единожды.

Также при помощи пылесоса нужно очистить и внутреннюю часть блока питания, обычно пыль скапливается напротив отверстий и вырезов, через которые проходит воздух.

Внимание!

Каждое нецелесообразное проникновение внутрь блока питания не только нарушает гарантию, но и может быть опасно для вашего здоровья (что значительно хуже). Если вы считаете, что дефект блока вызван пылью, то несите его в мастерскую.

Простая возможность предотвращения попадания пыли имеется уже при выборе корпуса компьютера. Дверцы и заслонки препятствуют проникновению пыли через шлицы приводов или щели, возникающие при их установке.

Несколько дороже установка второго вентилятора, который можно приобрести в магазине. Однако для его установки нужно сделать соответствующее отверстие в корпусе, ну и, конечно, обратить внимание на то, чтобы вентилятор можно было подключить к цепи питания PC (напряжение питания вентилятора +12 В).

Кроме того, выгодно закрывать воздушные отверстия фильтрами, в качестве которых в настоящее время используются микрофильтры, а не громоздкие проволочные фильтры. Благодаря им задерживаются наиболее крупные частицы.

Рис. 28.8. Хорошо выполненная жгутовка кабелей

При вскрытии корпуса PC следует проверить не только правильность и надежность подключения соответствующих кабелей к приводам и материнской плате, но и обратить внимание на свободные кабели, которые могут вызвать

короткое замыкание. Поэтому их следует изолировать, например, при помощи изоленты.

Кабели, которые беспорядочно проложены внутри корпуса, часто являются причиной, приводящей к серьезным последствиям. Кабельная неразбериха также нервирует при установке и извлечении карт из слотов. Для предотвращения этого есть хорошее и дешевое средство: *жгутовка* кабелей (рис. 28.8).

Большинство PC имеют пластмассовую переднюю панель и корпус из жести, покрытой слоем краски (чаще всего серого цвета). Для очистки внешней поверхности можно использовать обычный домашний очиститель, но перед этим можно попробовать воспользоваться просто мягким сукном. Не применяйте для очистки поверхности шампунь и средства, которые содержат ацетон, т. к. эти вещества влияют на внешний вид пластмассы передней панели корпуса и приводов, а в худшем случае разрушают пластмассу.

Дисководы

Приводы жестких дисков обычно в обслуживании не нуждаются. У вас никогда не должно появляться мыслей об очистке винчестера от пыли — даже если внутри винчестера находятся частицы пыли, все равно срок его службы достаточно велик.

Первичную очистку накопителей на гибких дисках можно выполнять при помощи пылесоса. Следует быть очень внимательным и не вставлять насадку пылесоса в прорезь, т. к. в результате добычей пылесоса могут оказаться головки чтения/записи или другие небольшие механические части, находящиеся внутри дисковода, что приведет к необходимости приобретения нового привода.

Значительные проблемы вызывает осаждение пыли на головке чтения/записи. В результате на экране появляются сообщения типа:

```
Can't read disk in drive A:
```

Однако прежде чем вы решите, что виноват дефектный или грязный привод, проверьте используемые дискеты. Дискеты, которые без проблем читаются на других дисководах, должны читаться и на вашем. Таким образом, можно сразу определить, действительно ли виноват дисковод. Очистку головок чтения/записи необходимо поручать специалистам, а если еще не истек гарантийный срок дисководов, то изготовителям или поставщикам.

Привод CD-ROM

Как уже неоднократно отмечалось, пыль является злейшим врагом компьютера, особенно если она находится там, где ее не должно быть, например, на оптике привода CD-ROM.

Но можно очистить только тот привод, оптика которого доступна. Если CD-ROM помещен в закрытый корпус, то и не должно появляться мыслей о его вскрытии, потому что закрытый корпус уже сам по себе является хорошей защитой против пыли и грязи.

Никогда не применяйте для очистки материю, смоченную спиртом, а пользуйтесь только аэрозольным очистителем для удаления пыли. Не следует сдувать пыль с оптической системы CD-ROM, поскольку человек выдувает не сухой, а влажный воздух. Обычно оптика привода CD-ROM покрыта специальным слоем, который повреждается при влажной очистке. Поэтому такой дисковод всегда очищают только потоком воздуха.

Клавиатура

Клавиатура является одной из немногих составных частей, не помещенных в закрытый корпус. В качестве принципиальной профилактической меры нужно удалять от клавиатуры все жидкости. Если на вашем рабочем месте действует подобное правило, то в этом случае речь идет не о придирках администрации, а о заботе о клавиатуре.

Профилактической и действенной мерой для предотвращения загрязнения клавиатуры является пластиковая крышка, которой клавиатура закрывается сверху в нерабочее время. Такая крышка идет в комплекте со многими клавиатурами. Если же ее нет, то вам ее охотно предоставит продавец аппаратуры. При этом лучше приносить клавиатуру с собой, чтобы крышка после прессовки или штамповки подходила к ней.

Клавиатура притягивает пыль магическим образом. Однако укорачивает жизнь клавиатуре или выводит ее из строя не только пыль, но и другие вещи, такие как сигаретный пепел, капающий из чашки кофе, а также канцелярские скрепки. Грубая очистка может быть выполнена при помощи все того же пылесоса.

Также можно удалить крупные частицы мокрой тряпкой или кисточкой. Не бойтесь, у хороших клавиатур контакты отделены резиновой мембраной от внутренней части клавиатуры, но избытка влаги все же необходимо избегать.

В клавиатуре почти все сделано из пластика. Для ее очистки можно применять обычные магазинные чистящие средства, но ни в коем случае нельзя использовать очистители, которые содержат ацетон и другие вещества, растворяющие пластмассу.

Если нажатие клавиши никоим образом не отражается на изображении монитора или отдельные клавиши западают, а внешнего загрязнения не видно, то нужно вскрыть клавиатуру, вывернув винты с обратной стороны ее корпуса. Часто последний винт расположен под наклейкой или находится под резиновой опорой корпуса, обычно помеченной стрелкой.

После снятия корпуса клавиатуры посмотрите на плату. Возможно, вы сразу выясните причину отказа. Например, такие металлические предметы, как канцелярские скрепки или заколки для волос, обычно приводят к короткому замыканию. Если подобного вы не увидите, то, возможно, причиной является плохой контакт. Чтобы устранить его, сначала очистите плату сухой тряпочкой, а затем опрыскайте ее специальным аэрозолем.

Рекомендуются аэрозоли типа "Контакт-60", "Контакт-WL" или подобные им, которые продаются в магазинах электротоваров или в компьютерных магазинах. Ни в коем случае не используйте растворители.

Все описанные выше действия по обслуживанию клавиатуры, скорее всего, не приведут к желаемому результату, если клавиатура была залита "Колой" или "Балтикой".
В этом случае помогают только кардинальные меры. Вскройте корпус и извлеките плату клавиатуры. Корпус и плату вымойте теплой водой без мыла. Затем положите клавиатуру в теплое сухое место — по возможности не под прямые солнечные лучи и не вблизи обогревательных приборов. Микроволновая печь также не подойдет, т. к. клавиатура может покоробиться. После сушки в течение 1—2 дней снова соедините все детали.

Возможно, вам этот метод покажется грубым, однако не смейтесь: за время нашей многолетней работы мы его применяли довольно часто и успешно. Однако водяной душ следует использовать только в тех случаях, когда уже действительно больше ничего сделать нельзя. Ваши шансы на успех в этом случае примерно равны 50×50.

Мышь

Загрязнение мыши происходит по принципу, аналогичному принципу работы пылесоса. Из-за плотного соприкосновения мыши с поверхностью письмен-

ного стола или коврика она действует как пылесос. Это относится также и к ручному сканеру, который работает по подобному принципу.

Если указатель мыши дергается на экране или легко двигается, например, в горизонтальном направлении, но его нельзя сдвинуть в вертикальном — это проявление загрязнения мыши.

Мышь можно легко разобрать. Взгляните на мышь с обратной стороны, и вы увидите держатель шарика (чаще всего диск), который снабжен стрелкой, или прозрачную линзу оптической системы.

В механической мыши после удаления держателя можно извлечь из выемки находящийся там шарик. Если вы теперь посмотрите в эту выемку, то увидите два подвижных валика и один подпружиненный ролик.

Загрязнена ли мышь, вы легко определите, если повнимательнее посмотрите на шарик, валики или на ролик. Обычно грязь скапливается на ролике и валиках. Необходимо слегка заостренным предметом, например кончиками пинцета или отверткой, очистить места их сильного загрязнения. Не работайте в таких случаях острым ножом. Валики и ролик обычно сделаны из мягкой резины или пластмассы, которые повредятся, если нож соскользнет. При их повреждении шарик начинает тормозить.

После того как ролик и валики очищены от основной грязи, можно использовать палочку с ватой или тканью, смоченной спиртом, для тщательной очистки этих роликов.

Очистку обычной мыши следует выполнять не только тогда, когда она перестает работать, а регулярно. Оптические мыши в подобном уходе не нуждаются. Благодаря координатам на специальном коврике эта мышь всегда знает свое местоположение. Обслуживание оптических мышей заключается в очистке коврика и линзы на нижней стороне мыши.

Монитор

Обслуживание монитора заключается в очистке экрана и корпуса. Отверстия в корпусе монитора, служащие для его охлаждения, очищаются при помощи пылесоса. Если вы чистите монитор влажной тряпочкой, то следует быть внимательным, чтобы жидкость не попала через отверстия внутрь монитора, т. к. в этом случае короткое замыкание является только вопросом времени.

ВНИМАНИЕ!

Полную очистку монитора следует выполнять только после его выключения.

Если снаружи много пыли, то ее много и внутри монитора. Эта пыль препятствует отводу выделяющегося тепла и приводит к перегреву монитора, сокращая срок его службы.

LCD-мониторы, как правило, не имеют защитного стекла матрицы, поэтому требуется очень аккуратная и нежная очистка поверхности от загрязнений. Ни в коем случае нельзя использовать какие-либо твердые предметы для снятия загрязнений, т. к. появляются царапины, которые нельзя устранить. В крайнем случае возможно повреждение самой матрицы.

Монитор с электровакуумной трубкой работает с очень высоким напряжением. Для дилетанта вскрытие монитора опасно. Если вы предполагаете, что в мониторе скопилось много пыли и опасаетесь последствий, то обратитесь к специалисту, который выполнит необходимую очистку.

Есть мониторы со специальным защитным слоем, обладающим антибликовым покрытием. Обычные стеклянные поверхности могут быть очищены обычными чистящими средствами, а с этими мониторами так поступать нельзя. Эти средства могут повредить специальное покрытие. Для очистки поверхностей мониторов такого типа моющие средства разбавляют. Одной-двух капель очистителя и влажной тряпочки вполне достаточно. В любом случае ознакомьтесь с документацией изготовителя монитора и узнайте, какие даются рекомендации по очистке поверхности. Устойчивые пятна следует потереть 20—30 раз с легким нажимом.

Предметный указатель

3

3DNow! 99, 135
3D-акселераторы 405
3D-конвейер 458

A

ADSL 676
Alpha-blending 461
Alternate Frame 410
Alternate Page 410
AMD K5 123
AMD K6-2 135
AMD K6-3 136
AMR 675
Anti-dazzle screen 383
Athlon (AMD K-7) 139
Athlon XP 142
Average Latency Time 285
Average Seek Time 285

B

Baby-AT 40
Basic Input Output System 244
Beating 382
BIOS 244
    настройка 685
    Features Setup 695
    Setup 252
Bootstrap 244
Bps (bit per second) 75

C

Caddy 315
Casetek 10
CD 311
CD-ROM XA 322
CD-RW 323
Celeron 134
Central Processing Unit, CPU 89
Centronics 70
CGA 433
CMOS RAM 244
CMOS Setup 244, 250, 685
CMYK 621
COMMAND.COM 212
Cooler 24
Coppermine 133
Creative 527, 533
Cyrix 6x86 124

D

DDC 387
Deschutes 132
DIB 131
DIMM-модули 202
DIP-Корпусом 194
Direct RDRAM 193
Direct3D 477
DirectDraw 477
DirectInput 477
DirectPlay 477
DirectSound 477

DirectX 477
Dot Pitch 358
DRAM 180
DSP 513
Duron 143
DVD+RW Video Format 341
DVD-Audio 337
DVD-ER 340
DVD-R/W 340
DVD-RAM 339
DVD-ROM 336
DVD-RW 340
DVD-Video 337
DVI 393

E

EDO DRAM 183
ED-дискеты 261
EEPROM 224
EGA 434
EL-мониторы 377
EMM386.EXE 215
EMS (Expanded Memory Specification) 210, 214
Enhanced 3DNow! 140
EPROM 223

F

FDISK 292
Flash memory 224
FlexATX 42
Flicker Filter 492
Floating Point Processing Unit (FPU) 95
FM 496
FM-синтез 508
FPM DRAM 181
FullSize 40

G

Geometry Processor 478

H

Hand Held Display 408
Hard disk 278
Head Mounted Display 408
HHD 408
HIMEM.SYS 217
HMA (High Memory Area) 210, 217
HMD 408
Hot Plug Detection 398
HPD 398
HP-GL/2 639, 647
HSR 460

I

ICH 48, 237
Intel 440BX AGPset 229
IntelliEye 566
Interleave-фактор 288
InterPupil Distance 417
ISO 379

K

Katmai 133
Klamath 132

L

Landing Zone 282
Laptop 546
LEP-монитор 377
Letter Quality 612
Light surround 383
L-Zone 282, 296

M

MCH 48, 237
MDA 432
Midi-Tower 15
MIDI-адаптер 518
MIDI-сообщения 517
Mini-ATX 41
Mini-Tower 14
MIP-mapping 461
MIP-каскад 467
MIP-текстурирование 467
MNP 680
MousePad 560
MPR 379
Multi session CD 321

N

NLQ 612
NLX 43
North Bridge 229
Notebook 546
NTSC 488
Numeric Processing Unit (NPU) 95

O

OpenGL 477

P

P&D (Plug-and-Display) 392
PAL 488
PanelLink 393
PC100 186
PCL 6 639
Pentium 121
Pentium II 130
Pentium III 133
Pentium Pro 128
Pentium MMX 125
Photo-CD 322
Playstation 3 342
POST 245
POST (Power On Self Test) 244
Post-processing 462
PostScript 639
PROM 223

Q

QWERTY 551

R

RAM 111, 169
RAMDAC 436, 446
Rendering 478
RET-технология 635
ROM 244
ROM BIOS 214, 243

S

S.E.C.C. 130
S.M.A.R.T. 700
SCL 389
SDA 389
SDRAM 185
SECAM 488
SIMM-модули 199
SIP-модуль 199
SLI 485
Slot A 141
South Bridge 229
Standard CMOS Setup 693
Super VGA 439
S-VHS 491
Swimming 382

T

TagRAM 118
TCO 379
TFT-экран 368
TLB 163
TMDS (Transition Minimized Differential Signaling) 393
Tower 14
Tray 315
Tualatin 134
TV-тюнер 488
Twisted Nematic 364

U

UMA (Upper Memory Area) 210, 213
UMB (Upper Memory Block) 213, 215
UPS 26
UPS off-line 26
UPS on-line 27

V

V.xx 680
VESA Super VGA 439
VGA 435
VHS 491
VIA Cyrix III 137
Video BIOS 444
Virtual Orientation System 417
VR-контроллер 418
VR-шлем 417

W

WPCom 296
WT-синтез 231, 509

X

XMS (eXtended Memory Specification) 210, 218

Z

Zmodem 684
Zone Bit Recording 290
Z-алиасинг 468
Z-буфер 460, 465
Z-сортировка 465

A

Агентство EPA 385
Адаптер интерфейса Wi-Fi 670
Адресация памяти 111
Аккумуляторная батарея 244
Активные поляризационные очки 409
Акустическая система 529
Алиасинг 468
Алфавитно-цифровая область 550
Альфа-смешение 461, 472
Амплитудная огибающая 506
Аналого-цифровое преобразование 502
Анизотропная фильтрация 469
Антиалиасинг 461, 473
Антибликовое покрытие 362
Антибликовый:
  слой 362
  экран 383
Апертурная решетка 357
Аппаратный:
  знакогенератор 428
  курсор 451
ATX 41

Б

Биение 382
Билинейная фильтрация 468
Бит идентификации 387
Бит/сек 75
Блок:
  EDID 388
  питания 19
Бод 75
Буфер клавиатуры 212
Быстродействие памяти 175
Бэндинг MIP-текстурирования 468

В

Вибросимулятор 577
Видеоадаптер 425
  3D-конвейер 458
  математический сопроцессор 483
  расчет 3D-изображения 458
  технология SLI 485
  установка 711
Видеопамять 213, 443
Видеопроекторы 401
Видеорежим 427
Видеосигнал композитный 488
Видеостраница 429
Винчестер 253
  интерфейс ATA 297
  интерфейс ATAPI 299
  интерфейс IDE 297
  интерфейс SCSI 306
  конструкция 276
  режим работы Cable 733
  режим работы Master 733
  режим работы Slave 733
  установка 731
  установка IDE-винчестера 732
Виртуальная память 113, 219
Виртуальный режим 113, 116
Витая пара 662
Внутренняя разрядность данных 108
Временная избыточность 331
Время послесвечения 359
Выделение глубины 464
Выделенный режим 658

Г

Геометрическая стадия 3D-конвейера 462
Гиперконвейер 150
Горячий старт 35
Горячие клавиши 552
Графический:
  акселератор 453
  контроллер 445
  режим 427
  сопроцессор 455

Д

Двойная буферизация 462
Двойное сканирование ЖК-экрана 367
Джойстик 573
Дигитайзер 575
Дизеринг 461
Дискета 261
Дисководы 255
Дискретизация 501
Дорожка 266, 287
Дрожание растра 369

Ж

Жидкокристаллические мониторы 362

З

Затворный метод 409
Затенение 463
  Фонга 464

Затуманивание 461, 472
Защищенный режим 113, 115
Звуковая карта:
интерфейс S/PDIF 526
технология Intel High Definition Audio 525
Зерно монитора 358

И

Индикатор:
включения PC 33
работы винчестера 32
Интерполяция недостающих цветов 475
Интерфейс 54
AES/EBU 519
I2C 388
MIDI 513
SATA 297
S/PDIF 519
Искажения изображения 361
Источник бесперебойного питания 26

К

Кабель:
нуль-модема 651
типа LoopBack 494
Кадровый буфер 426
Канал:
VESA DDC 388
DMA 84
Каркасная модель объекта 458
Карта:
Hercules 434
адаптера 16
затенения 464
расширения 710
Качество:
линии 623
точки 622
Квантование 501
Кибер-перчатки 577
Кибер-шлем 417
Клавиатура 539
Butterfly 556
MFII 541
QWERTY 551
Windows 555
буфер 540
для слепых 557
эргономическая 556
Клавиши:
<Alt> 552
<AltGr> 553
<Backspace> 552
<Caps Lock> 551
<Ctrl> 552
<Del> 552
<Delete> 554
<End> 554
<Enter> 553
<Esc> 549
<Home> 554
<Insert> 554
<Num Lock> 555
<Page Down> 554
<Page Up> 554
<Pause> 550
<Power Off> 555
<Scroll Lock> 550
<Shift> 551
<Sleep> 556
<Tab> 551
<Wake Up> 556
<WWW> 555
Клиент-сервер 654
Коаксиальный кабель 661
Кольцевая топология 655
Комбинированный метод 409
Компакт-диск 311
голографическая запись 343
стандарт Blu-Ray 342, 343
стандарт HD-DVD 342
Компрессия звуковых данных 504
Компьютерный зрительный синдром 381
Контакт типа PAD 200

Контроллер:
атрибутов 446
периферии 244
ЭЛТ 444
Корпус:
форм-фактора BTX 16
типа Slimline 15
Коэффициент контрастности 374
Краевой антиалиасинг 473
Кресло оператора 384
Кэш-контроллер 118
Кэш-память 117, 119, 286

Л

Лестничный эффект 373
Линейная фильтрация 468
Линейное затуманивание 472
Линии запросов на прерывание 80
Локальная сеть 649
Люминофор 358

М

Магнитные СВО 420
Материнская плата 37
Межкадровое кодирование 331
Метод:
Line Blanking 414, 415
Line Doubling 414
RLL 273
Гуро 459, 463
затенения 459
зонно-секционной записи 290
коррекции ошибок 679
поляризационной селекции 409
Фонга 459
частотной модуляции (FM) 273
Моделирование рельефа 471
Модем 671, 672
ADSL 676
внешний 674
внутренний 673
установка 736
Модуль:
MPU-401 518
микшера 520
синтезатора 506
Монитор:
монохромный 349
растровый 348
Мультимедийный проектор 402
Мультитекстурирование 469
Мышь:
PS/2 565
Serial 565
инфракрасная 568
оптико-механическая 563
радиомышь 568

Н

Набор команд Hayes 677
Накопители DVD 330
Наложение текстур 466
Невыделенный режим 658

О

Оверхед-проектор 401
Оперативная память 112
Оптическая мышь 566
Оптоволоконный кабель 664
Органические светодиодные мониторы 377
Отображаемая память 214
Отражательные проекторы 401
Очистка:
дисководы 767
клавиатура 768
корпус PC 765
монитор 770
привод CD-ROM 768
Ошибки:
в материнской плате 754
винчестера 757

П

Память:
SPD-информация 180, 204
латентность 178
модули DIMM 204
модули Registered DIMM 205
тайминг 177
установка модулей 721
Панорамирование 452
Параметр Interleave 288
Патч 509
Переключатель KeyLock 35
ПЗС 581
Пит 312
Плазменные дисплеи 377
Плоттер 646
барабанный 647
планшетный 646
Полный антиалиасинг 474
Полоса частот видеосигнала 354
Поляризационные очки 409
Порт 49
AGP 59
ввода/вывода 86
Пост-обработка 462
Привод:
компакт-дисков 735
головок 282
Принтер:
игольчатый 608
лазерный 629
литерный 607
матричный 611
светодиодный 631
струйный 617
термический 643
типовый 607
фотопринтер 626
Программный модем 675
Проектор 399
Проецирование 460
Пропускная способность шины 108
Простое затенение 463
Протокол:
DDC 387
DDC1 390
DDC2 390
Процедура Sync Doubling 412
Процессор 89
80286 115
80386 116
80486 118
8086/8088 113, 115
AMD Athlon 64 X2 Dual-Core 161
AMD Opteron 167
AMD Phenon Quad-Core 162
AMD Sempron 165
Celeron 135
Intel Celeron D 135
Intel Core 2 Extreme 154
Intel Core i7 156
Intel Pentium 4 149
Intel Pentium 4 mPGA Socket 478
Intel Pentium D 149, 150
Intel Xeon 165, 166
Itanium 2 166
Pentium 4E 148
Pentium Extreme Edition 149
гиперконвейер 150
двухъядерный 161
семейство Intel Core 2 150
ядро Banias 150
ядро Conroe 150
ядро Dothan 150
ядро Kentsfield 151
ядро Merom 151
ядро Penryn 151
ядро Yonah 150
Псевдосеть 651

Р

Радиатор 718
Разрешение 361
лазерного принтера 632
мыши 562
принтера 614

Разрядность:
АЦП 505
шины 52
Реальный режим 113
Реверберация 507
Регенерация данных 171
Режим:
DMA 308
Full Duplex 505
PIO 307
Рельефное текстурирование 471
Ризер-карта 43

C

Сабвуфер 530
Световое окружение 383
Свипирование 282
Сегмент адаптера 212
Секвенсер 445
Сектор 266, 287
Сервер 651
Сервокод 282
Сетевые карты 659
Сеть:
клиент-сервер 654
одноранговая 653
Сигнал Power_Good 34, 35
Синхронизатор 447
Система:
мультимониторная 484
виртуальной ориентации 417
видеостенки 484
подсветки отражательная 365
подсветки отражательно-просветная 365
подсветки просветная 365
Системная плата:
установка 725
форм-фактор ATX 2.2 41
форм-фактор BTX 47
Скорость печати 621, 632
Скэн-код 539, 541
Сопроцессор 95
Спецификация:
Audio Codec 97 522
Energy Star 385
Среднее время:
доступа 284
ожидания 285
Стадия рендеринга 462
Стандарт:
BTX 16
HGC 434
Plug&Play 249
Стандартная оперативная память 210
Степень интеграции 107
Стереокадр 410
Стикер 207
Субпиксельный антиалиасинг 474
Суперскалярными 96
Сэмпл 509
Сэмплер 510

T

Тактовая частота 110
Тексел 460
Текстовый режим 427
Текстурирование 460
с коррекцией перспективы 470
Температурная калибровка 282
Теневая маска 357, 360
Тесселяция 459
Технология:
EM64T 148
Enhanced Intel SpeedStep 148
Execute Disable Bit 148
FireWire 68
Intel Advanced Digital Media Boost 152
Intel Advanced Smart Cache 151
Intel HD Boost 157
Intel Hyper-Threading 157

Intel Intelligent Power Capability 151
Intel QuickPath Interconnect 157
Intel Smart Cache 157
Intel Smart Memory Access 151
Intel Turbo Boost 157
Intel Wide Dynamic Execution 151
Plug&Play 386
SLI 485
TFT 368
активных ЖК-ячеек 368
Топология:
звезда 654
сети 651
Трансформация 459
Трехкомпонентность цветового восприятия 354
Трехмерная графика 405, 457
Триангуляция 459
Трилинейная фильтрация 468
Трэкбол 571

У

Угол Эйлера 419
Удаление скрытых поверхностей 464
Ультразвуковой СВО 420
Ускоритель трехмерной графики 405
Утилита CPU-Z 707

Ф

Файловый сервер 658
Фильтр мерцаний 492
Фильтрация 468
Флэш-карта:
CompactFlash 604
Memory Stick 604
Memory Stick Duo 605
SD 604
Формат:
AVI 496
WAV 496
Формат стереокадра 410
Above-below Split-Screen 411
Alternate Line 413
Field Sequential 410
Page-Flipping 410
Side-by-Side Split-Screen 416
Форматирование низкоуровневое 288
Форм-фактор 279
ATX 17, 44
Функциональные клавиши 548
Функция Bus Mastering 309

Х

Холодный старт PC 34
Хорус 507

Ц

ЦАП 436
Цветоделительная маска 359
Цилиндр 280
Цифроаналоговое преобразование 503
Цифровой:
RGB-монитор 349
блок 554
сигнальный процессор 512

Ч

Частота:
дискретизации 504
кадров 353
полей 353
строк 353
строчной развертки 353
Чересстрочная развертка 352
Четкость линии 622
Чипсет:
Intel 975X Express 236, 237
северный мост 229
южный мост 229

Ш

Шаг полосы 360
Шина:
ACCESS.Bus 388
IEEE 1394 68
ISA 56
HyperTransport 167
MuTIOL 229
PCI 57
QPI 157
USB 64
V-Link 229
Шинная топология 656
Шлем виртуальной реальности 417

Э

Экспоненциальный туман 473
Электролюминесцентные мониторы 377
Электронная пушка 356
Электронно-лучевая трубка 347
с апертурной решеткой 357
с теневой маской 356
с улучшенной теневой маской 356
со щелевой маской 357
Элемент NVRAM 223
Эффект-процессор 512

Я

Ядро:
Deschutes 132
Klamath 132