

Е. И. Гребенюк, Н. А. Гребенюк

# ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Учебник



Е. И. ГРЕБЕНЮК, Н. А. ГРЕБЕНЮК

# ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано*

*Федеральным государственным учреждением  
«Федеральный институт развития образования»  
в качестве учебника для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений, реализующих программы  
среднего профессионального образования по специальностям  
«Информационные системы (по отраслям)»,  
«Программирование в компьютерных системах»*

*Регистрационный номер рецензии 335  
от 4 октября 2010 г. ФГУ «ФИРО»*

9-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2014

УДК 621.391  
ББК 32.965я723  
Г79

Рецензенты:

зав. лабораторией Центра компьютерного обучения Московского  
автомобилестроительного колледжа при Академии народного хозяйства РФ  
А. А. Соломашкин;

руководитель отдела библиотечных и электронных образовательных ресурсов  
Учебно-методического центра по профессиональному образованию Департамента  
образования города Москвы А. Н. Шутилина

**Гребенюк Е. И.**

Г79 Технические средства информатизации : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Е. И. Гребенюк, Н. А. Гребенюк. — 9-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 352 с.  
ISBN 978-5-4468-1409-1

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальностям: «Компьютерные сети», ОП.07, «Программирование в компьютерных системах», ОП.03, «Информационные системы (по отраслям)», ОП.08 дисциплины «Технические средства информатизации».

Рассмотрены физические основы, аппаратные средства, конструктивные особенности, технические характеристики и особенности эксплуатации современных технических средств информатизации: компьютеров, устройств подготовки, ввода и отображения информации, систем обработки и воспроизведения аудио- и видеoinформации, телекоммуникационных средств, устройств для работы с информацией на твердых носителях. Уделено внимание организации рабочих мест при эксплуатации технических средств информатизации.

Приведена информация о технологии производства процессоров, основных характеристиках многоядерных процессоров, современных и перспективных носителях информации, цифровых звуковых системах, технологии 3D-звука, веб-камерах, трехмерных принтерах и сканерах, электронных планшетах, сенсорных устройствах ввода информации, технологиях беспроводной связи Bluetooth и Wi-Fi, смартфонах и коммуникаторах.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.391  
ББК 32.965я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

© Гребенюк Е. И., Гребенюк Н. А., 2011  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

ISBN 978-5-4468-1409-1

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта для специальностей: «Компьютерные сети», ОП.07, «Программирование в компьютерных системах», ОП.03, «Информационные системы (по отраслям)», ОП.08.

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Технические средства информатизации».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Человечество включилось в общеисторический процесс, называемый информатизацией. Усложнение производственных отношений, возникновение глобальных проблем, решение которых прежними, хорошо известными средствами невозможно, поставило человечество перед необходимостью найти способ преодоления ограниченности естественных ресурсов среды своего обитания.

В создавшихся условиях информация становится главным ресурсом научно-технического и социально-экономического развития мирового сообщества и существенно влияет на ускоренное развитие науки, техники и различных отраслей хозяйства, играет значительную роль в процессах образования, общения между людьми, в других социальных областях.

*Информатизация* — это система взаимосвязанных процессов:

- информационного, обеспечивающего представление всей социально значимой информации в форме, доступной для хранения, обработки и передачи электронными средствами;
- познавательного, направленного на формирование и сохранение целостной информационной модели мира, позволяющей обществу осуществлять регулирование своего развития на всех уровнях — от индивидуальной деятельности до функционирования общечеловеческих институтов;
- материального, формирующего глобальную инфраструктуру электронных средств хранения, обработки и передачи информации.

Информатизация современного общества влечет за собой: увеличение числа работников, занятых в информационной сфере, а также появление новых профессий, связанных с переработкой информации;

интеллектуализацию многих видов труда и повышение требований к общеобразовательной и профессиональной подготовке специалистов на основе информационных технологий;

создание новых наукоемких технологий для производства технических средств информатизации;

другие социальные последствия.

В науке, технике и в жизни современного общества *информационные процессы* (сбор, обмен, накопление, хранение, обработка и выдача информации) играют важную роль. Они осуществляются на базе технических средств информатизации.

Диапазон современных технических средств информатизации крайне широк: от компьютера с постоянно развивающимися периферийными устройствами до телекоммуникационных средств, устройств копирования и уничтожения документов. Не менее разнообразны физические принципы, положенные в основу функционирования этих устройств. Специалисты в области автоматизированных систем обработки информации и управления, а также программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, в какой бы области они ни работали, должны не только выступать в качестве пользователей, но и быть знакомы с принципом действия, конструкцией, технологией производства, правилами эксплуатации и основами выбора технических средств информатизации.

Характерной особенностью технических средств информатизации являются постоянное развитие, совершенствование, появление новых устройств, реализующих ранее невиданные возможности. Некоторые образцы техники морально устаревают, не успев попасть на рынок. В связи с этим при написании настоящего учебника авторы ставили перед собой задачу дать лишь общие представления о принципах действия и характеристиках различных технических средств информатизации, не рассматривая подробно особенности конструктивных решений и технические характеристики отдельных моделей.

В главе 1 изложены общие характеристики технических средств информатизации как устройств, обеспечивающих обмен информацией с компьютером. Глава 2 посвящена краткому изложению истории, классификации и технических характеристик современных персональных компьютеров. Главы 3—7 посвящены устройствам ввода-вывода, хранения и обработки текстовой, числовой, аудио- и видеoinформации на различных носителях. В главе 8 рассмотрены современные системы дистанционной передачи информации. Глава 9 посвящена средствам копирования и уничтожения информации на твердых носителях, в главе 10 рассмотрены вопросы организации рабочих мест при эксплуатации технических средств информатизации.

Авторы выражают искреннюю благодарность И. Н. Гребенюку и Н. Н. Гребенюк за всестороннюю помощь и поддержку при подготовке учебника.

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

## 1.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ — АППАРАТНЫЙ БАЗИС ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В процессе своего развития человеческое общество прошло этапы проникновения в тайны материи, научилось управлять различными видами энергии и, наконец, вступило в эпоху информатизации. До середины XIX в., когда доминирующими были процессы сбора и накопления информации, средства информатизации представляли собой перо, чернильницу и бумагу. На смену примитивным средствам информационной техники в конце XIX в. пришли механические: пишущая машинка, телефон, телеграф, что послужило базой для принципиальных изменений в технологии обработки информации. Лишь спустя много лет информационные процессы запоминания и передачи информации были дополнены процессами ее обработки. Это стало возможным с появлением во второй половине XX в. такой информационной техники, как электронные вычислительные машины (ЭВМ), положившие начало *информационным технологиям (ИТ)*.

Информационные технологии базируются на следующих технических достижениях:

новые средства накопления информации на машиночитаемых носителях (магнитные ленты, кинофильмы, магнитные и лазерные диски и т. п.);

системы дистанционной передачи информации (локальные вычислительные сети, сети передачи данных, телефонная сеть, радиосвязь, спутниковая связь и др.);

автоматизированная обработка информации с помощью компьютера по заданным алгоритмам.

Естественно, что информационные технологии строятся на сочетании аппаратных средств, программных средств и творческой

мысли создателей как этих средств, так и компьютерных технологий.

Специалисты называют аппаратные средства компьютерной техники *Hardware* (скобяные товары или жесткая проволока), а программное обеспечение — *Software* (мягкая проволока). Сочетание «Hardware & Software», переводимое как «твердый и мягкий», — профессиональный термин. В России программы на профессиональном сленге иногда называют «софтвар», а компьютер и периферию — «железом». Приоритетность роли программных или аппаратных средств в информационных технологиях не подлежит обсуждению, поскольку без программного обеспечения любой самый совершенный компьютер представляет собой набор электронных плат.

*Технические средства информатизации* представляют собой совокупность компьютерной техники и ее периферийных устройств — Hardware, обеспечивающих сбор, хранение и переработку информации, и коммуникационной техники (телефон, телеграф, радио, телевидение, спутниковая связь, сети ЭВМ), осуществляющей дистанционную передачу информации.

Создание электронно-вычислительных машин в середине XX в. является одним из самых выдающихся достижений в истории человечества.

Постоянное развитие индустрии компьютерной техники и других технических средств информатизации за короткий срок превратилось в один из определяющих факторов научно-технического прогресса.

Многие крупные научно-технические проекты современности в области космических исследований, атомной энергетики, экологии не могли бы претворяться в жизнь без применения технических средств информатизации. На протяжении последних десятилетий информационные технологии, базирующиеся на современных технических средствах информатизации, все активней вторгаются в различные сферы человеческой деятельности.

Несомненна тесная взаимосвязь совершенствования программного обеспечения, технических средств информатизации и наукоемких технологий, на базе которых они производятся. Разработка нового программного обеспечения требует создания все более совершенных технических средств, что, в свою очередь, стимулирует разработку новых высокопроизводительных и экономичных технологических процессов для производства технических средств информатизации.

При обработке информации с помощью технических средств удобно пользоваться распространенным в информатике подходом к понятию «информация» как мере уменьшения неопределенности.

Для количественного определения любой величины необходимо выбрать единицу измерения. Известно, что единицей измерения длины является метр, массы — килограмм. За единицу количества информации *бит* принято такое ее количество, которое имеет место при уменьшении неопределенности в два раза.

В компьютере информация представлена в двоичном коде, т. е. на машинном языке, алфавит которого состоит из двух цифр (0 и 1). Эти цифры представляют собой по сути два равновероятных состояния. При записи одного двоичного разряда реализуется выбор одного из двух возможных состояний (одной из двух цифр), т. е. неопределенность уменьшается в два раза. Отсюда следует, что один двоичный разряд несет количество информации в 1 бит. При этом количество информации в битах равно числу двоичных разрядов.

С другой стороны, число различных цифр  $N$ , которое можно записать с помощью  $I$  двоичных разрядов:

$$N = 2^I.$$

В Международной системе единиц (СИ) в качестве множителя кратных единиц используется коэффициент  $10^n$ , например при  $n = 3, 6, 9$ , соответственно в названиях этих единиц применяются десятичные приставки: кило, мега, гига. В информатике наиболее употребляемой единицей измерения количества информации является *байт*, причем 1 байт = 8 бит.

Производные единицы измерения количества информации следующие:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Кбайт} &= 2^{10} \text{ байт} = 1\,024 \text{ байт}; \\ 1 \text{ Мбайт} &= 2^{10} \text{ Кбайт} = 1\,024 \text{ Кбайт}. \end{aligned}$$

Современные технические средства информатизации выполняют функции обработки и хранения числовой, текстовой, графической, звуковой и видеоинформации с помощью компьютера. Для

работы с информацией, столь разной по физической сущности, необходимо привести ее к единой форме. Все эти виды информации кодируются в последовательности электрических импульсов: есть импульс — 1, нет импульса — 0, т.е. в последовательности нулей и единиц. Такое кодирование информации в компьютере называется двоичным кодированием, а логические последовательности нулей и единиц — машинным языком.

*Двоичное кодирование числовой информации* заключается в том, что числа в компьютере представлены в виде последовательностей 0 и 1, или битов. В начале 1980-х гг. процессоры компьютеров были 8-разрядными, за один такт работы процессора компьютер мог обработать 8 бит, т.е. максимальное обрабатываемое целое десятичное число не могло превышать 11111111 в двоичной системе. При дальнейшем повышении разрядности процессоров до 64-разрядных возросла и величина максимального числа, обрабатываемого за один такт.

*Двоичное кодирование текстовой информации* используют для кодирования каждого символа 1 байт (8 двоичных разрядов), что позволяет закодировать  $N = 2^8 = 256$  различных символов, которых обычно бывает достаточно для представления текстовой информации: прописные и строчные буквы русского и латинского алфавитов, цифры, знаки, графические символы. Присвоение символу конкретного двоичного кода произведено в соответствии с принятым соглашением, зафиксированным в кодовой таблице.

В различных кодировках одному и тому же двоичному коду соответствуют различные символы. Каждая кодировка задается своей собственной кодовой таблицей.

В задачу пользователя не входит решение проблемы перекодировки текстовых документов. При работе в приложениях Windows предусмотрена возможность автоматической перекодировки документов, созданных в приложениях MS-DOS. При работе в Internet с использованием браузеров Internet Explorer, Opera или Google происходит автоматическая перекодировка Web-страниц.

При двоичном кодировании текстовой информации каждому символу соответствуют своя уникальная последовательность из восьми нулей и единиц, свой уникальный двоичный код от 00000000 до 11111111 (десятичный код от 0 до 255).

Первые 33 кода (с 0 по 32) соответствуют не символам, а операциям (перевод строки, ввод пробела и т.д.). Коды с 33 по 127 являются интернациональными и соответствуют символам латинского алфавита, цифрам, знакам арифметических операций и знакам препинания. Коды с 128 по 255 являются национальными, т.е. в нацио-

нальных кодировках одному и тому же коду соответствуют различные символы.

В настоящее время существуют пять различных кодовых таблиц для русских букв, поэтому тексты, созданные в одной кодировке, не будут аналогично отображаться в другой.

Одним из первых стандартов кодирования русских букв на компьютерах был код КОИ-8 (код обмена информацией 8-битный) для компьютеров с операционной системой UNIX.

Наиболее распространенной является стандартная кириллическая кодировка Microsoft Windows, обозначаемая CP1251 (*CP* — *Code Page* — *кодовая страница*), которую поддерживают все Windows-приложения, работающие с русским языком.

В среде операционной системы MS-DOS используется «альтернативная» кодировка, в терминологии фирмы Microsoft — кодировка CP866.

Для компьютеров Macintosh фирма Apple разработала свою собственную кодировку русских букв (Mac).

Международная организация по стандартизации (International Standards Organization — ISO) утвердила в качестве стандарта для русского языка кодировку, называемую ISO 8859-5.

Международный стандарт Unicode отводит на каждый символ не один байт, а два, и потому с его помощью можно закодировать не 256 символов, а  $N = 2^{16} = 65\,536$  различных символов. Эту кодировку поддерживает платформа Microsoft Windows.

*Двоичное кодирование графической информации* представляет собой достаточно сложный процесс, поскольку такая информация весьма разнообразна: от простых чертежей до видеофильмов. Однако любая графическая информация на экране монитора представляется в виде изображения, которое формируется из точек (пикселей). В случае обычного черно-белого изображения (без градаций серого цвета) каждая точка экрана может иметь лишь два состояния — «черная» или «белая», т. е. для хранения ее состояния необходим 1 бит.

Цветные изображения могут иметь различную глубину цвета, определяемую числом битов на точку: 4, 8, 16, 24. Каждый цвет можно рассматривать как возможное состояние точки, и тогда по формуле  $N = 2^I$  может быть вычислено число цветов, отображаемых на экране монитора.

Размер изображения определяется числом точек по горизонтали и по вертикали. В современных персональных компьютерах (ПК) обычно используются четыре основных размера изображения, или разрешающих способностей экрана:  $640 \times 480$ ,  $800 \times 600$ ,  $1\,024 \times 768$  и  $1\,280 \times 1\,024$  точки.

*Графический режим вывода изображения на экран определяется разрешающей способностью экрана и глубиной цвета. Полная информация о всех точках изображения, хранящаяся в видеопамяти, называется битовой картой изображения.*

Для формирования на экране монитора графического изображения любого типа в видеопамяти компьютера должна храниться информация о каждой его точке, глубине ее цвета. Необходимый для этого объем видеопамяти рассчитывается следующим образом:

$$\text{объем видеопамяти} = \text{число точек} \times \text{глубина цвета.}$$

Например, для графического режима  $800 \times 600$  точек и глубине цвета 16 бит на точку требуемый объем видеопамяти будет равен  $800 \times 600 \times 16 \text{ бит} = 7\,680\,000 \text{ бит} = 960\,000 \text{ байт} = 937,5 \text{ Кбайт}$ .

При компьютерной обработке так называемого «живого видео», т.е. видеоизображения естественных объектов, представляющих собой отдельные кадры, сменяющие друг друга с частотой 25 Гц, производится двоичное кодирование и запоминание в видеопамяти графической информации каждого кадра.

*Двоичное кодирование звуковой информации* по сути представляет собой двоичное кодирование непрерывного звукового сигнала после его дискретизации, т.е. преобразования в последовательность электрических импульсов — выборки. Все этапы преобразования звукового сигнала в цифровой вид подробно рассмотрены в гл. 5. Точность процедуры двоичного кодирования определяется числом дискретных значений, которое может обеспечить звуковая система компьютера (звуковая карта), и числом дискретных выборок, выполненных за одну секунду.

## 1.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

---

Современные технические средства информатизации в общем случае можно представить в виде информационно-вычислительно-го комплекса, содержащего собственно компьютер с его основными устройствами, а также дополнительные, или периферийные, устройства. Классификация технических средств информатизации представлена на рис. 1.1.

К числу основных устройств персонального компьютера, располагающихся в его системном блоке, относят материнскую плату, процессор, видеоадаптер (видеокарту), звуковую карту, средства обработки видеосигнала, оперативную память, TV-тюнер. В си-

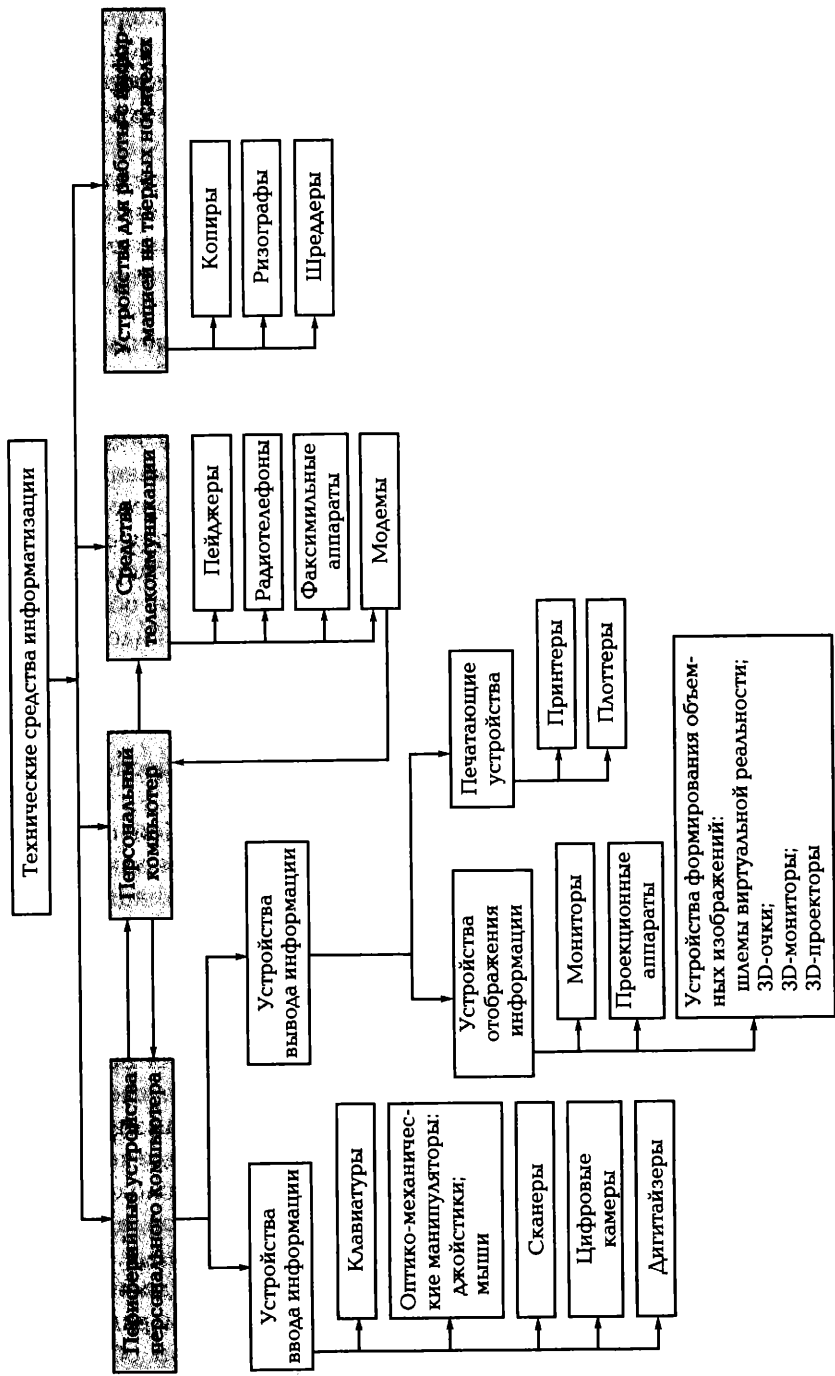


Рис. 1. 1. Классификация технических средств информатизации

стемном блоке располагаются также приводы и дисководы для накопителей информации различных типов.

Все разнообразие функций, выполняемых периферийными устройствами при решении различных задач, можно подразделить на несколько групп, как показано на рис. 1.1.

*Устройства отображения (вывода) информации* служат для обработки видеoinформации и ее представления для визуального восприятия. Это прежде всего мониторы, изготовленные на базе широкого спектра современных технологий, в том числе и 3D-мониторы.

Формирование объемных изображений осуществляется с помощью шлемов виртуальной реальности, 3D-очков и 3D-мониторов различного принципа действия. Для решения задач, связанных с демонстрацией информации на экране для большой аудитории, применяют различные проекторы. Для обеспечения взаимосвязи между компьютером и устройством отображения информации служит видеоадаптер, выполняющий преобразование цифрового сигнала, циркулирующего внутри ПК, в аналоговые электрические сигналы, подаваемые на монитор. Для компьютерной обработки сигналов таких устройств, как телевизионный тюнер, видеомagni-тофон, видеокамера, т. е. преобразования их из аналоговой в цифровую форму, применяют специальные средства обработки видеосигнала, например видеобластер.

*Звуковая и акустическая системы* компьютера обеспечивают обработку и воспроизведение аудиoinформации.

*Устройства ввода информации* представляют собой совокупность устройств управления и ввода данных. Эти функции выполняют клавиатура, мышь, джойстик. Для ввода информации в ПК широко применяются световое перо, сканер, цифровая камера, дигитайзер, электронный планшет.

*Печатающие устройства* (принтеры) служат для вывода информации как на твердые, как правило, бумажные носители в текстовой форме, так и в объемном виде. По принципу действия принтеры весьма разнообразны: ударные, струйные, лазерные, светодиодные, термические и ряд других, реализующих технологии многомерной печати. Для вывода графической информации в виде чертежей используют плоттеры. Функционирование пишущих блоков плоттеров основано на тех же принципах, что и принтеров, а по конструкции они подразделяются на планшетные и рулонные.

*Средства телекоммуникаций* предназначены для дистанционной передачи информации. К ним относятся пейджеры, радиотелефоны, персональные терминалы для спутниковой связи, обеспечи-

вающие передачу звуковой и текстовой информации. Факсимильные аппараты, осуществляющие процесс дистанционной передачи изображения и текста, подразделяются на термографические, электрографические, струйные, лазерные, фотографические, электрохимические и электромеханические. Модемы в основном используются для обмена информацией между компьютерами через телефонную линию и конструктивно выполняются как внешними, функционирующими автономно, так и внутренними, встраиваемыми в аппаратуру.

Широко распространенными *средствами работы с информацией на твердых носителях* являются многочисленные устройства копировальной техники: электрографические, термографические, диазографические, фотографические, электронно-графические. Для уничтожения конфиденциальной информации на твердых носителях используются специальные устройства — шреддеры.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Что входит в состав технических средств информатизации?
2. Что принято за единицу измерения количества информации?
3. Как кодируются символы текста?
4. В чем разница между традиционными 8-битными кодировками и новой кодировкой Unicode?
5. Какие параметры определяют качество двоичного кодирования звука?
6. Каким образом производится двоичное кодирование графической информации?

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

### 2.1. ВАЖНЕЙШИЕ ЭТАПЫ ИСТОРИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

---

Создание электронно-вычислительных машин (ЭВМ) в середине XX в. по праву относят к числу самых выдающихся достижений в истории человечества. Вычислительная техника расширила интеллектуальные возможности человека и превратилась в один из решающих факторов научно-технического прогресса. При этом ее развитие неразрывно связано с развитием техники и технологии в ряде промышленных отраслей.

История использования механических и полуавтоматических средств для арифметических операций насчитывает не одно тысячелетие. Первые вычислительные устройства были созданы еще в Древней Греции. В 1642 г. французский математик Блез Паскаль (1623—1662) создал механический арифмометр, позволивший выполнять четыре арифметических действия. Немецкий философ и математик Готфрид Вильгельм фон Лейбниц (1646—1716) изобрел механическую счетную машину, выполняющую сложение и умножение. Англичанин Чарльз Бэббидж (1792—1871) разработал концепцию вычислительной машины с гибкой схемой программирования и запоминающим устройством. Программы вводились с помощью перфокарт — карточек из плотного материала, на которых информация представлялась в виде комбинации отверстий и хранилась в «складе» (памяти) в виде данных и промежуточных результатов. Машина работала от пара, процесс вычислений был автоматизирован, а результаты расчета в виде таблиц распечатывались.

В 1878 г. русский математик и механик Пафнутий Львович Чебышев (1821—1894) создал суммирующий аппарат с непрерывной передачей десятков, а в 1881 г. — приставку к нему для умножения и деления.

Немецкий эмигрант Герман Холлерит (1860—1929) запатентовал электромеханическую «машину для переписи населения», использующую для ввода данных перфокарты. Машина управлялась электрическими импульсами, возникающими при замыкании электрической цепи через отверстия в перфокарте.

Наиболее стремительным и последовательным развитием и внедрением вычислительных устройств ознаменовалась первая половина XX в. Возможность создания универсальной вычислительной машины обосновал английский математик Алан Матисон Тьюринг (1912—1954).

В 1938 г. немецкий инженер Конрад Зусе изготовил макет механической программируемой цифровой машины Z-1, в составе которой была клавиатура для ввода данных с перфокарт в блок памяти. При создании этой машины впервые в мире использована предложенная автором двоичная система счисления и термин «машинное слово».

В 1943 г. американец Говард Эйкен на основе уже созданных к этому времени электромеханических реле сконструировал и изготовил на одном из предприятий фирмы IBM вычислительную машину, названную «Марк-1».

Применение электронных ламп при создании первых вычислительных машин способствовало прогрессу в этой области. В 1946 г. в США группой специалистов под руководством Джона Мочли и Преспера Экерта была создана первая вычислительная машина на основе электронных ламп, названная ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer* — электронный числовой интегратор и вычислитель), предназначенная для баллистических расчетов. Для выполнения других вычислений требовалось практически заново перестраивать машину.

В 1949 г. был создан компьютер, в котором нашли воплощение принципы построения логической схемы вычислительной машины выдающегося математика Джона фон Неймана (1903—1957). Эта машина имела возможность использовать гибкую запоминаемую программу, которую можно было бы изменять, не перестраивая всей машины.

Компьютеры на электронных лампах были громоздкими и стоили очень дорого, поэтому были доступны только крупным компаниям и учреждениям.

Изобретение в 1948 г. транзисторов, заменивших в компьютерах электронные лампы, развитие технологии их массового производства способствовали в 1950-х гг. существенному усовершенствованию, уменьшению размеров компьютеров и снижению их стоимости.

В 1952 г. фирма IBM выпустила свой первый промышленный электронный компьютер IBM 701, который представлял собой синхронную ЭВМ параллельного действия, содержащую 4 000 электронных ламп и 12 000 германиевых диодов. А в 1956 г. IBM предложила первый компьютер с накопителем информации на магнитных дисках.

Следующий шаг по пути миниатюризации и совершенствования компьютеров был связан с изобретением интегральных схем. В 1959 г. Роберт Нойс, впоследствии основатель фирмы Intel, предложил создавать на одной пластине как сами транзисторы, так и все соединения между ними, так называемые *интегральные схемы*, или *чипы*. Первый компьютер на интегральных схемах выпустила в 1968 г. фирма Burroughs. В 1970 г. конструкторы фирмы Intel создали интегральную схему, аналогичную по своим функциям центральному процессору большой ЭВМ, первый микропроцессор, который был способен одновременно обрабатывать только 4 бит информации. На базе Intel-8080 в 1975 г. был создан первый коммерчески распространяемый компьютер «Альтаир 8800» с оперативной памятью 256 байт, еще не укомплектованный клавиатурой и монитором. Популярность персональный компьютер «Альтаир» получил благодаря тому, что Пол Аллен и Билл Гейтс (будущие основатели фирмы Microsoft) создали для него интерпретатор языка Basic, что позволило пользователям достаточно просто общаться с компьютером. Компьютеры стали продаваться уже в полной комплектации, с клавиатурой и монитором, спрос на них увеличивался ежегодно.

В 1979 г. фирма IBM (*International Business Machine Corporation*) вышла на рынок персональных компьютеров. В качестве основного микропроцессора компьютера был выбран новейший тогда 16-разрядный микропроцессор Intel-8088 с емкостью памяти 1 Мбайт, были использованы комплектующие различных фирм, а программное обеспечение было поручено разработать тогда небольшой фирме Microsoft. В августе 1981 г. состоялась официальная презентация нового компьютера под названием IBM PC, который быстро занял ведущее место на рынке, став стандартом персонального компьютера. Сейчас компьютеры, совместимые с IBM PC, составляют более 90 % всех производимых в мире персональных компьютеров.

Популярность компьютеров IBM PC заключается в том, что фирма IBM при разработке руководствовалась *принципом открытой архитектуры*, т.е. изначально сделала компьютер не единым неразъемным устройством, а обеспечила возможность его сборки из независимо изготовленных частей, причем методы сопряжения устройств с компьютером IBM PC были доступны всем.

Под *архитектурой ЭВМ* понимается совокупность общих принципов организации аппаратно-программных средств и их характеристик, определяющая функциональные возможности ЭВМ при решении соответствующих классов задач. Архитектура ЭВМ охватывает широкий круг проблем, связанных с построением комплекса аппаратных и программных средств и учитывающих такие факторы, как стоимость, сфера применения, функциональные возможности, удобство эксплуатации, причем одним из главных компонентов архитектуры выступают аппаратные средства. Архитектура регламентирует не все связи составных частей вычислительного средства, а наиболее важные, нужные для более эффективного использования. Архитектуру вычислительного средства следует отличать от его структуры.

*Структура* вычислительного средства определяет его конкретный состав на некотором уровне детализации (устройства, блоки, узлы и т. д.) и описывает связи внутри системы.

В соответствии с принципом открытой архитектуры на основной электронной плате компьютера IBM PC — *системной*, или *материнской*, — размещены только те блоки, которые осуществляют обработку информации (вычисления). Схемы, управляющие всеми остальными (периферийными) устройствами компьютера — монитором, дисками, принтером, реализованы на отдельных платах (контроллерах), которые вставляются в стандартные разъемы на системной плате — *слоты*. К этим электронным схемам подводится электропитание из единого блока питания, а для удобства и надежности все это заключается в общий корпус — *системный блок*. Открытость архитектуры заключается в том, что для IBM PC-совместимых компьютеров все спецификации взаимодействия внешних устройств с контроллерами, контроллеров с системной платой (шиной) доступны.

## 2.2. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЭВМ

На разных этапах развития техники и технологии были приняты различные названия для компьютеров: арифметическо-логическое устройство (АЛУ), программируемое электронно-вычислительное устройство (ПЭВМ или ЭВМ), вычислительная машина, компьютер.

Основные принципы построения логической схемы вычислительной машины, изложенные выдающимся математиком Джоном фон Нейманом. Классическая архитектура ЭВМ, построенная по

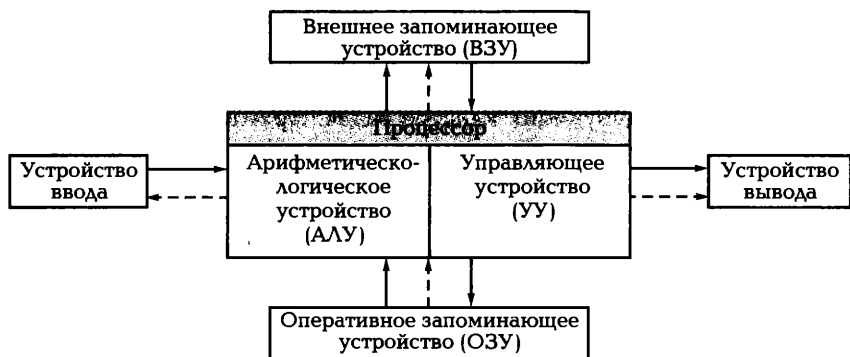


Рис. 2.1. Архитектура ЭВМ, реализующая принципы фон Неймана:

—→ направление потоков информации; - - - → направление управляющих сигналов от процессора к узлам ЭВМ

принципу фон Неймана (фон-неймановская архитектура), реализованная в вычислительных машинах первого и второго поколений, представлена на рис. 2.1 и содержит следующие основные блоки:

- *арифметическо-логическое устройство (АЛУ)*, выполняющее арифметические и логические операции;
- *устройство управления (УУ)*, которое организует процесс выполнения программ;
- *внешнее запоминающее устройство (ВЗУ)*, или *память*, для хранения программ и данных;
- *оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)*;
- *устройства ввода и вывода информации (УВВ)*.

Внешняя память отличается от устройств ввода и вывода тем, что данные в нее заносятся в виде удобном компьютеру, но недоступном для непосредственного восприятия человеком. Например, накопитель на магнитных дисках относится к внешней памяти; устройством ввода является клавиатура, а монитор и принтер — устройства вывода. Причем, если монитор можно отнести к устройствам отображения информации, то принтер — типичное печатающее устройство.

Взаимодействие основных устройств компьютера реализуется в соответствии со следующей последовательностью. В память компьютера вводится программа с помощью какого-либо внешнего устройства. Память компьютера состоит из некоторого количества пронумерованных ячеек. В каждой ячейке могут находиться или

обрабатываемые данные, или инструкции программ. Номер (адрес) очередной ячейки памяти, из которой будет извлечена следующая команда программы, указывается специальным устройством — счетчиком команд в УУ.

Устройство управления считывает содержимое ячейки памяти, где находится первая инструкция (команда) программы, и организует ее выполнение. Как правило, после выполнения одной команды устройство управления начинает выполнять команду из ячейки памяти, которая находится непосредственно за ячейкой, где содержится только что выполненная команда.

Управляющее устройство выполняет инструкции программы автоматически и может обмениваться информацией с оперативным запоминающим устройством и внешними устройствами компьютера. Поскольку внешние устройства работают значительно медленнее, чем остальные части компьютера, управляющее устройство может приостанавливать выполнение программы до завершения операции ввода-вывода. Все результаты выполненной программы должны быть ею выведены на внешние устройства компьютера, после чего компьютер переходит к ожиданию каких-либо сигналов внешних устройств.

Схема устройства современных компьютеров несколько отличается от приведенной ранее. Например, арифметическо-логическое устройство и устройство управления объединены в единое устройство — *центральный процессор* — CPU (*Central Processing Unit*).

Появление ЭВМ третьего поколения было обусловлено переходом от транзисторов к интегральным микросхемам. В них не только были значительно уменьшены размеры базовых функциональных узлов, но и появилась возможность существенно повысить быстродействие процессора. При этом возникло противоречие между высокой скоростью обмена информацией внутри ЭВМ и медленной работой устройств ввода-вывода. Решение этой проблемы было найдено посредством освобождения центрального процессора от функций обмена и передачи их специальным электронным схемам управления работой внешних устройств. Такие схемы имели различные названия: каналы обмена, процессоры ввода-вывода, периферийные процессоры, но в последнее время все чаще используется термин «контроллер внешнего устройства», или «контроллер».

Контроллер можно представить как специализированный процессор, управляющий работой какого-либо внешнего устройства по специальным встроенным программам обмена. Например, контроллер дисководов (накопителя на гибких магнитных дисках) обеспечивает позиционирование головки, чтение или запись инфор-

мации. Результаты выполнения каждой операции заносятся во внутренние регистры памяти контроллера и могут быть в дальнейшем прочитаны CPU — центральным процессором. CPU в свою очередь выдает задание на выполнение контроллеру. Дальнейший обмен информацией может происходить под руководством контроллера, без участия CPU. Наличие таких интеллектуальных контроллеров внешних устройств стало важной отличительной чертой ЭВМ третьего и четвертого поколений. Шинная архитектура ЭВМ, содержащей интеллектуальные контроллеры (К), представлена на рис. 2.2. Для связи между отдельными функциональными узлами ЭВМ используется общая магистраль — шина, состоящая из трех частей: шины данных, по которой передается информация; шины адреса, определяющей, куда передаются данные, и шины управления, регулирующей процесс обмена информацией.

Следует отметить, что в некоторых моделях компьютеров шины данных и адреса объединены: на шину сначала выставляется адрес, а потом данные. Сигналы по шине управления определяют, для какой цели используется шина в каждый конкретный момент.

Такая открытость архитектуры ЭВМ позволяет пользователю свободно выбирать состав внешних устройств, т. е. конфигурировать компьютер.

Рассмотрим функции основных и периферийных устройств современного компьютера (рис. 2.3).

Процессор, или микропроцессор, является основным устройством ЭВМ и представляет собой функционально законченное устройство обработки информации. Он предназначен для выполнения вычислений по хранящейся в запоминающем устройстве

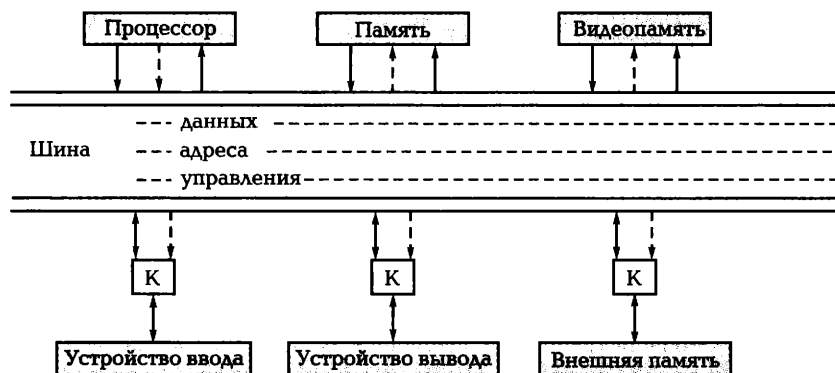


Рис. 2.2. Шинная архитектура ЭВМ

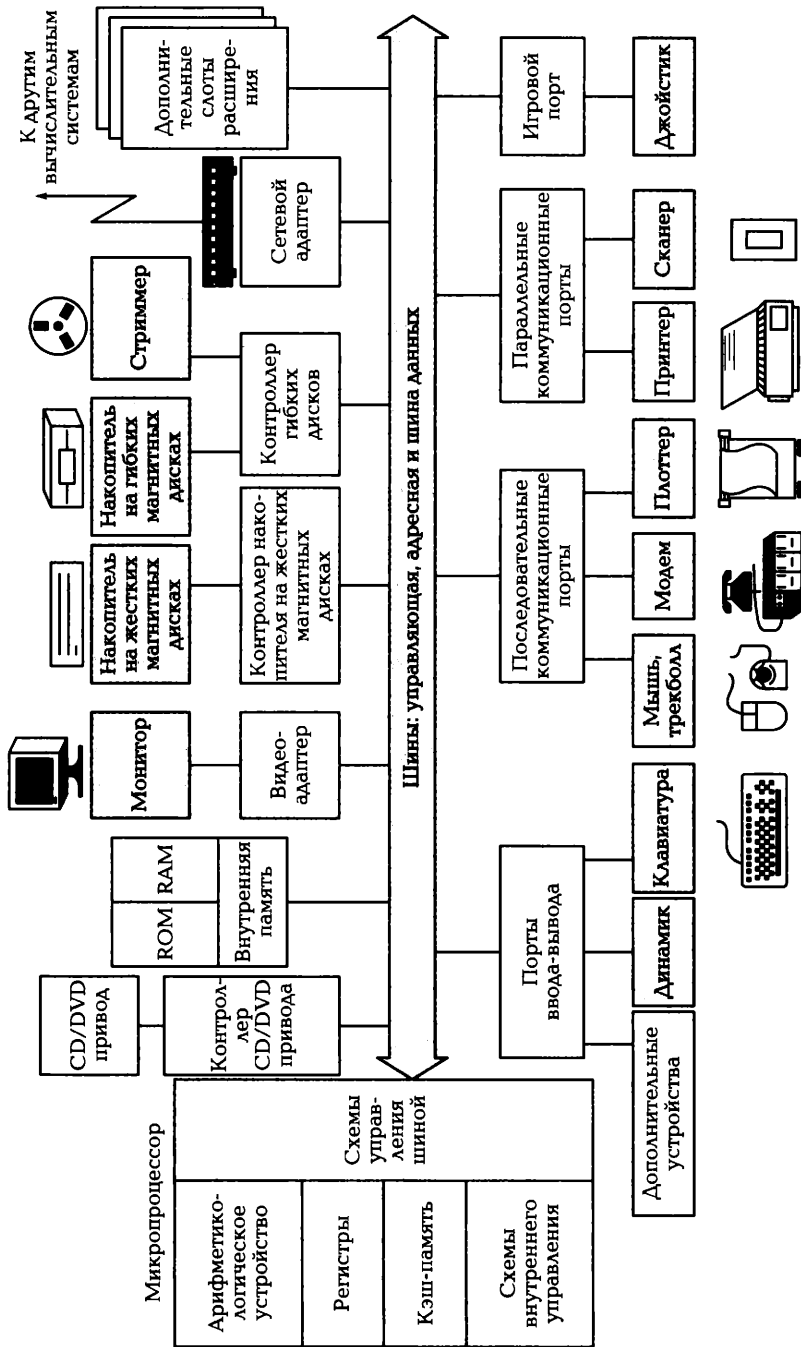


Рис. 2.3. Общая структура ЭВМ и ее связи с периферийными устройствами

программе и обеспечения общего управления ЭВМ. Быстродействие ЭВМ в значительной мере определяется скоростью работы процессора.

*Память ЭВМ* содержит обрабатываемые данные и выполняемые программы, поступающие через устройство ввода-вывода. Память представляет собой сложную структуру, построенную по иерархическому принципу, состоящую из запоминающих устройств различных типов. Функционально она подразделяется на две части — внутреннюю и внешнюю.

*Внутренняя память* — это запоминающее устройство, напрямую связанное с процессором и предназначенное для хранения выполняемых программ и данных, непосредственно участвующих в вычислениях. Обращение к внутренней памяти ЭВМ осуществляется с высоким быстродействием, но она имеет ограниченный объем, определяемый системой адресации машины. Внутренняя память, в свою очередь, подразделяется на постоянную (ПЗУ) и оперативную (ОЗУ) память.

*Постоянная память* обеспечивает хранение и выдачу информации. Содержимое постоянной памяти заполняется при изготовлении ЭВМ и не подлежит изменению в обычных условиях эксплуатации. В постоянной памяти хранятся часто используемые (универсальные) программы и данные: некоторые программы операционной системы, программы тестирования оборудования ЭВМ и др. При выключении питания содержимое постоянной памяти сохраняется. Такой вид памяти называется ROM (*Read Only Memory* — *память только для чтения*), или ПЗУ (*постоянное запоминающее устройство*). Значительная часть программ, хранящихся в ROM, связана с обслуживанием ввода-вывода, поэтому эту память называют ROM BIOS (*Basic Input-Output System* — *базовая система ввода-вывода*).

*Оперативная память*, по объему составляющая большую часть внутренней памяти, служит для приема, хранения и выдачи информации. При выключении питания содержимое оперативной памяти теряется. Эта память называется «оперативная», поскольку работает очень быстро, так что процессору практически не приходится ждать при чтении данных из памяти или записи в нее. Оперативная память обозначается RAM (*Random Access Memory* — *память с произвольным доступом*). Объем установленной в компьютере оперативной памяти определяет, с каким программным обеспечением можно на нем работать. При недостаточном объеме оперативной памяти многие программы либо не будут работать, либо будут работать крайне медленно.

*Кэш-память* — сверхбыстродействующая память, обеспечивающая ускорение доступа к оперативной памяти на быстродействующих компьютерах. Она располагается «между» микропроцессором и оперативной памятью и хранит копии наиболее часто используемых участков оперативной памяти. При обращении микропроцессора к памяти сначала производится поиск данных в кэш-памяти. Поскольку время доступа к кэш-памяти в несколько раз меньше, чем к обычной памяти, а в большинстве случаев необходимые микропроцессору данные уже содержатся в кэш-памяти, среднее время доступа к памяти уменьшается.

*CMOS-RAM* — участок памяти для хранения параметров конфигурации компьютера, называемый так в связи с тем, что эта память обычно выполняется по технологии CMOS, обладающей низким энергопотреблением. Содержимое CMOS-RAM не изменяется при выключении электропитания компьютера. Эта память располагается на контролере периферии, для электропитания которого используются специальные аккумуляторы. Для изменения параметров конфигурации компьютера в BIOS содержится программа настройки конфигурации компьютера Setup.

*Видеопамять* в IBM PC-совместимых компьютерах — память, используемая для хранения изображения, выводимого на экран монитора. Эта память обычно входит в состав видеоконтроллера — электронной схемы, управляющей выводом изображения на экран монитора.

*Внешняя память (ВЗУ)* предназначена для размещения больших объемов информации и обмена ею с оперативной памятью. Для построения внешней памяти используют энергонезависимые носители информации (диски и ленты), которые являются переносными. Емкость этой памяти практически не имеет ограничений, а для обращения к ней требуется больше времени, чем к внутренней. ВЗУ по принципам функционирования подразделяются на устройства прямого доступа (накопители на магнитных и оптических дисках) и устройства последовательного доступа (накопители на магнитных лентах). Устройства прямого доступа обладают большим быстродействием, поэтому они являются основными внешними запоминающими устройствами, постоянно используемыми в процессе функционирования компьютера. Устройства последовательного доступа используются в основном для длительного хранения информации.

*Устройства ввода-вывода (УВВ)* служат для обеспечения общения пользователя с ЭВМ и относятся к периферийным, или внешним, устройствам.

*Монитор* принимает изображение от системного блока. Его экран является рабочим полем.

С помощью *клавиатуры* в компьютер вводятся любой текст, символы, подаются команды и осуществляется управление работой компьютера.

*Мышь* — средство управления курсором на экране монитора.

*Контроллеры*, или *адаптеры*, служат для управления внешними устройствами, в том числе и ВЗУ.

Сам по себе компьютер не обладает знаниями ни в одной области своего применения, все эти знания сосредоточены в выполняемых на компьютере программах. Программы, работающие на компьютере, можно подразделить на следующие категории.

*Системные программы* выполняют функции обеспечения нормальной работы компьютера, его обслуживания и настройки. Среди системных программ особое место занимают *о п е р а ц и о н н ы е с и с т е м ы* (ОС), которые служат для управления компьютером, запуска программ, обеспечения защиты данных, выполнения различных сервисных функций по запросам пользователя и программ. Каждая ОС состоит как минимум из трех обязательных частей. *Ядро*, или *командный интерпретатор*, обеспечивает «перевод» с программного языка на язык машинных кодов. *Драйверы* расширяют возможности ОС, позволяя ей работать с тем или иным внешним устройством. Драйверы для различных ОС часто поставляются вместе с новыми устройствами или контроллерами. *Интерфейс* — удобная графическая оболочка, с которой общается пользователь.

*Утилиты* — комплект полезных программ, предназначенных для улучшения работы компьютера.

*Тесты* — программы для тестирования как программного обеспечения, так и аппаратных ресурсов, которые иногда относят к утилитам.

*Прикладные программы* непосредственно обеспечивают выполнение необходимых пользователям работ.

Наиболее популярными из прикладных являются *о ф и с н ы е п р о г р а м м ы*, посредством которых создаются и редактируются документы в виде текстов, электронных таблиц. В эту группу входят также системы машинного перевода, распознавания текста, графики со сканера; финансовые и бухгалтерские программы, программы для работы с Internet.

К *мультимедийным прикладным программам* относятся программы для обработки и создания изображений, работы со звуком, а также проигрыватели (плееры) и программы про-

смотрa (вьюеры). Последние не обеспечивают редактирование звукового файла или видео, но позволяют проиграть музыкальную композицию или вывести на экран изображение.

К группе профессиональных прикладных программ относятся инструментальные системы программирования, обеспечивающие создание новых программ для компьютера; системы автоматизированного проектирования (САД); редакторы трехмерной графики и анимации, а также специализированные инженерные и научные программы.

## 2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭВМ

---

Чтобы судить о возможностях ЭВМ, их принято подразделять на группы по определенным признакам, т. е. классифицировать.

По назначению ЭВМ подразделяются на универсальные; проблемно-ориентированные; специализированные.

*Универсальные ЭВМ* предназначены для решения самых различных задач: экономических, математических, технических, информационных и других, отличающихся сложностью алгоритмов и большим объемом обрабатываемых данных. Они широко используются в вычислительных центрах коллективного пользования и в мощных вычислительных комплексах.

*Проблемно-ориентированные ЭВМ* служат для решения более узкого круга задач, связанных, как правило, с управлением технологическими объектами; регистрацией, накоплением и обработкой относительно небольших объемов данных; выполнением расчетов по относительно несложным алгоритмам. Они обладают ограниченными по сравнению с универсальными ЭВМ аппаратными и программными ресурсами. К проблемно-ориентированным ЭВМ можно отнести, в частности, всевозможные управляющие вычислительные комплексы

*Специализированные ЭВМ* используются для решения узкого круга задач или реализации строго определенной группы функций. Такая узкая ориентация ЭВМ позволяет четко специализировать их структуру, существенно снизить их сложность и стоимость при сохранении высокой производительности и надежности их работы. К специализированным ЭВМ можно отнести, например, программируемые микропроцессоры специального назначения; адаптеры и контроллеры, выполняющие логические функции управления отдельными несложными техническими устройствами, агрегатами и процессами.

По габаритным размерам и производительности ЭВМ классифицируются следующим образом:

- сверхпроизводительные ЭВМ и системы (суперЭВМ);
- большие ЭВМ (универсальные ЭВМ общего назначения);
- малые, или мини-ЭВМ;
- микроЭВМ.

*СуперЭВМ* — это самые мощные вычислительные системы, существующие в соответствующий исторический период.

К суперЭВМ относятся мощные многопроцессорные вычислительные машины с быстродействием более 10 млрд операций в секунду. Суперкомпьютеры используются для решения сложных и больших научных задач (метеорология, гидродинамика и т. п.), в управлении, разведке, в качестве централизованных хранилищ информации и т. д.

Лидерство в разработке суперЭВМ принадлежит фирме Cray Research. В настоящее время в мире насчитывается несколько тысяч суперЭВМ, производительностью несколько десятков тысяч флопсов (*MFIOPS* — mega-floating point operations per second) — миллион операций с плавающей точкой, которые компьютер теоретически может выполнить за одну секунду.

К суперкомпьютерам часто относят и серверы.

*Сервер* — мощный компьютер в вычислительных сетях, который обеспечивает обслуживание подключенных к нему компьютеров и выход в другие сети.

В зависимости от назначения определяют следующие типы серверов.

*Сервер приложений* обрабатывает запросы от всех станций вычислительной сети и предоставляет им доступ к общим системным ресурсам (базам данных, библиотекам программ, принтерам, факсам и др.).

*Файл-сервер* применяется для работы с базами данных и использования файлов с информацией.

*Архивационный сервер* служит для резервного копирования информации в крупных многосервисных сетях. Он использует накопители на магнитной ленте (стримеры) со сменными картриджами.

*Факс-сервер* предназначен для организации эффективной многоадресной связи с несколькими факсмодемными платами, со специальной защитой информации от несанкционированного доступа в процессе передачи.

Почтовый сервер выполняет те же функции, что и факс-сервер, но служит для организации электронной почты, а также для работы с электронными почтовыми ящиками.

Сервер печати предназначен для эффективного использования системных принтеров.

Сервер телеконференций — компьютер, имеющий программу обслуживания пользователей телеконференциями и новостями.

Компьютер, если установить на нем соответствующее сетевое программное обеспечение, способен стать сервером и одновременно может выполнять несколько функций, например быть почтовым сервером, сервером новостей, сервером приложений и т. д.

*Большие ЭВМ* (универсальные ЭВМ общего назначения), за рубежом чаще всего называемые мэйнфреймами (Mainframe), исторически появились первыми.

Мейнфреймы и до сегодняшнего дня остаются наиболее мощными (не считая суперкомпьютеров) вычислительными системами общего назначения, обеспечивающими непрерывный круглосуточный режим эксплуатации. Основными поставщиками мейнфреймов являются известные компьютерные компании IBM, Amdahl, ICL, Siemens, Nixdorf и некоторые другие, но ведущая роль принадлежит компании IBM.

Основные направления эффективного применения мэйнфреймов — это решение научно-технических задач, работа с большими базами данных, управление вычислительными сетями и их ресурсами. Наиболее актуально использование мэйнфреймов в качестве больших серверов вычислительных сетей.

*Мини-ЭВМ* составляли самый многочисленный и быстро развивающийся класс ЭВМ и отличались малыми габаритными размерами, низкой стоимостью (по сравнению с большими и суперЭВМ) и универсальными возможностями. Они появились в 1960-е гг. и широко применялись для управления технологическими процессами, создания систем автоматизированного проектирования и гибких производственных систем, для вычислений в многопользовательских вычислительных системах, в системах автоматизированного проектирования, для моделирования несложных объектов, в системах искусственного интеллекта.

*МикроЭВМ* обязаны своим появлением созданию микропроцессора, что не только изменило конструктивно центральную часть ЭВМ, но и привело к необходимости разработки малогабаритных устройств для ее периферийной части. Современные модели микроЭВМ имеют несколько микропроцессоров.

МикроЭВМ получили широкое распространение во всех сферах экономики, промышленности и оборонного комплекса благодаря малым размерам, высокой производительности, повышенной надежности и небольшой стоимости.

Разновидность микроЭВМ — микроконтроллер. Это основанное на микропроцессоре специализированное устройство, встраиваемое в систему управления или технологическую линию.

*Персональные ЭВМ (ПК)* предназначены для индивидуального обслуживания пользователя и ориентированы на решение различных задач неспециалистами в области вычислительной техники, т. е. для поддержки различных видов профессиональной деятельности (инженерной, административной, производственной, литературной, финансовой), а также в быту, например, для обучения и досуга. На основе персональных компьютеров создаются *автоматизированные рабочие места (АРМ)* для представителей разных профессий: конструкторов, дизайнеров, технологов, менеджеров.

По конструктивным особенностям ПК подразделяются следующим образом: стационарные (настольные, Desktop); портативные; блокнотные (Notebook); карманные (Palmtop).

Портативные компьютеры обычно нужны руководителям предприятий, менеджерам, ученым, журналистам, которым приходится работать вне офиса. Системный блок, монитор и клавиатура портативных ПК размещены в одном корпусе.

Notebook (блокнот, записная книжка), или laptop (наколенник), по основным характеристикам (быстродействие, память) примерно соответствует настольным ПК.

Palmtop (наладонник), или КПК (карманный персональный компьютер), — самые миниатюрные современные персональные компьютеры, которые умецаются на ладони. Карманные модели называют «интеллектуальными» записными книжками, которые позволяют хранить оперативные данные, получать к ним быстрый доступ, решать определенный круг задач: набирать текст с помощью специального пера прямо на экране, составлять несложные электронные таблицы, отправлять электронную почту.

По аппаратной совместимости, т. е. по совместимости набора электронных устройств, обеспечивающих функционирование, ПК подразделяются на IBM PC совместимые и Appl Macintosh.

С целью регулирования процесса развития и совершенствования аппаратных средств ПК, обеспечения совместимости с операционными системами корпорации Microsoft, Intel, Compaq начиная с 1997 г. разработали спецификации PC97, PC98, PC99, PC2001. Данные спецификации описывают архитектуру, набор устройств и требования к

ним, функции BIOS, конструкцию и тип корпуса ПК и, по сути, являются руководством для разработчиков аппаратных средств.

Согласно спецификациям на рынке компьютеров системы PC классифицируются следующим образом.

**Consumer PC** — ПК для домашнего использования, предназначенный для развлечений и игр, а также ПК, используемый в малом или домашнем офисе, — **Small Office/Home Office (SOHO)**.

**Office PC** — ПК для корпоративного применения, отличающийся от Consumer PC меньшей стоимостью и возможностью работать в локальной сети.

**Workstation** — рабочая станция, используемая для работы с ресурсоемкими приложениями: системами автоматического проектирования, моделирования, банковскими программами, сложными издательскими системами.

**Mobile PC** — мобильный ПК.

**Entertainment PC** — мультимедийный ПК, ориентированный на игры с 2D/3D-графикой и звуковым сопровождением; работу в Internet; обеспечение персональной связи (электронная почта, видеотелефонная связь); интерактивное телевидение с большим разрешением. Кроме того, мультимедийный ПК может быть использован в звуковой системе домашнего кинотеатра; для игр и просмотра DVD-фильмов; в качестве источника видеосигнала для оцифровки изображения видеомагнитофона, для редактирования и последующего воспроизведения видеосюжета на ПК.

Каждая из категорий ПК должна соответствовать базовому набору характеристик персонального компьютера, установленному в соответствующей спецификации.

## 2.4. МАТЕРИНСКИЕ ПЛАТЫ

*Материнская плата (Motherboard)* — основной компонент каждого ПК. Называется *главной (Mainboard)*, или *системной*, платой. Это самостоятельный элемент, который управляет внутренними связями и взаимодействует с внешними устройствами. Материнская плата является основным элементом внутри ПК, влияющим на производительность компьютера в целом.

Конструктивно материнская плата является главной платой ПК, на которой размещены все его основные элементы, линии соединения и разъемы для подключения внешних устройств.

Тип установленной материнской платы определяет общую производительность системы, а также возможности модернизации ПК и подключения дополнительных устройств.

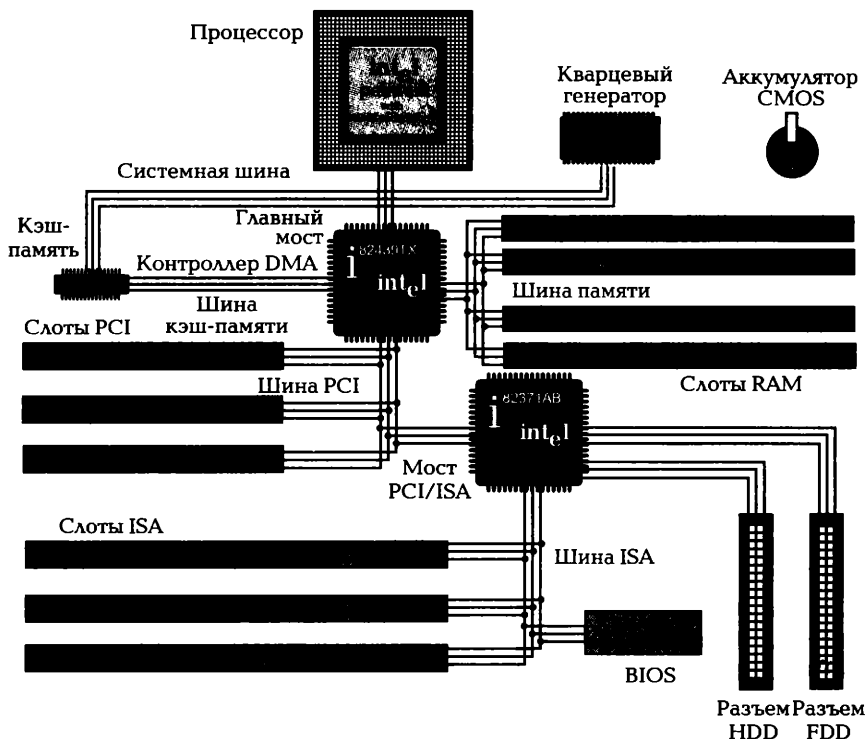


Рис. 2.4. Структура типовой материнской платы

Наиболее известными среди фирм-производителей материнских плат являются American Megatrends Inc. (AMI), Asus, Aсomp, Abit, GigaByte, Intel, Chaintech, Epoch, A-Open, Microstar, Soltek.

На рис. 2.4 представлена структура типовой материнской платы:

- процессор, на котором размещается радиатор с вентилятором, устанавливаемым в специальный разъем;
- микросхемы кэш-памяти второго уровня (внешней), которые устанавливаются на плату картриджа центрального процессора CPU;
- слоты для установки модулей оперативной памяти;
- разъемы (слоты) для установки карт расширения. В соответствии со спецификацией PC 2001 материнские платы оборудованы слотом AGP. Наличие слотов и возможность установки в них любых карт расширения (видеоадаптера, звуковой карты, модема, карты АЦП и др.) определяет открытую архитектуру ПК;

- микросхема перепрограммируемой памяти (EEPROM), в которой хранятся программы, POST, программа загрузки операционной системы, драйверы устройств, начальные установки (CMOS Setup). На рис. 2.4 микросхема обозначена как BIOS;
- набор микросхем (Chipset) высокой степени интеграции для управления обменом данными между всеми компонентами ПК;
- разъемы для подключения накопителей HDD, FDD, CD-ROM, последовательные порты для подключения периферийных устройств (мышь, модем и др.), параллельные порты для подключения принтера, сканеров некоторых типов;
- аккумуляторная батарея для питания микросхемы памяти CMOS, в которой хранятся текущие настройки BIOS (CMOS Setup) и электронного таймера (системных часов).

**Таблица 2.1. Основные типоразмеры материнских плат различных стандартов**

Обозначение	Размер, см	Примечание
Baby-AT	33,0 × 22,5	Устаревший
Half Size	24,4 × 21,8	Мини-плата для ПК 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

Все компоненты материнской платы связаны между собой системой проводников (линий), по которым происходит обмен информацией. Эту совокупность линий называют и н ф о р м а ц и о н н о й ш и н о й, или просто шиной (Bus).

Взаимодействие между компонентами и устройствами ПК, подключенными к разным шинам, осуществляется с помощью так называемых м о с т о в, реализованных на одной из микросхем Chipset. Например, на рис. 2.4 мост для соединения шины ISA и PCI реализован в микросхеме 82371AB.

Размеры материнской платы, а также отверстия внутри платы, которые соединяют ее с дном корпуса, стандартизованы. Основные типоразмеры материнских плат различных стандартов даны в табл. 2.1.

При выборе материнской платы необходимо согласовать ее размеры с типом корпуса ПК, а при ее установке следует исключить контакт с дном и боковыми металлическими панелями корпуса во избежание короткого замыкания.

Ф о р м ф а к т о р материнской платы — общая стратегия расположения на ней основных микросхем, слотов, ее форма и размер.

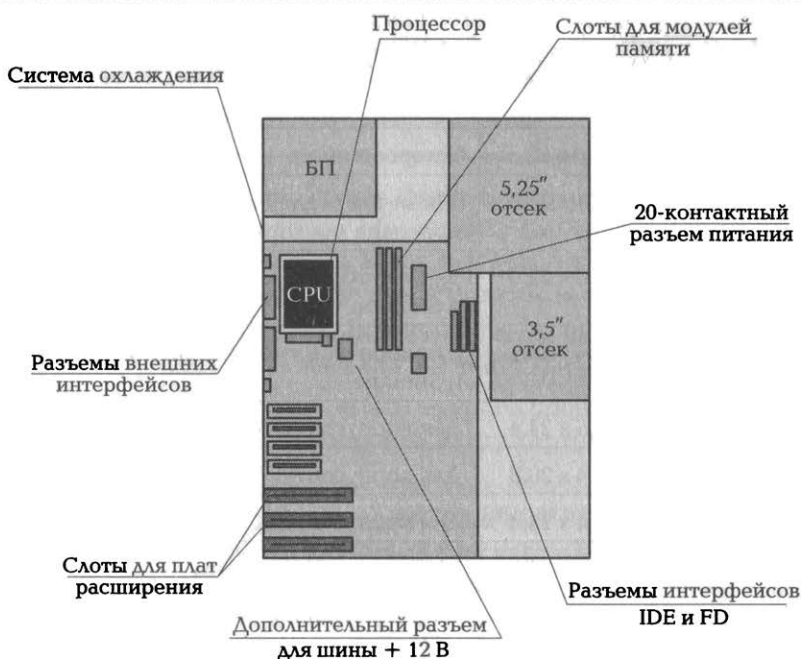


Рис. 2.5. Расположение основных элементов на системной плате и в корпусе ПК формфактора ATX

В 1995 г. корпорация Intel предложила спецификацию ATX для материнской платы и корпуса ПК.

На рис. 2.5 показано расположение основных элементов ПК согласно спецификации ATX 2.1. Особенностью данной версии спецификации ATX является то, что блок питания вынесен за корпус системной платы, что связано со значительными размерами системы охлаждения процессора.

Все преимущества материнской платы ATX проявляются в том случае, если она устанавливается в соответствующий корпус. Разработаны следующие модификации материнских плат ATX: Mini-ATX, Micro ATX, Flex ATX.

В 1997 г. корпорацией Intel был предложен новый стандарт NLX, который стал дальнейшим развитием стандарта ATX. Согласно стандарту NLX в ПК устанавливается так называемая резервная плата, имеющая стандартные слоты PCI и ISA, в которые устанавливаются

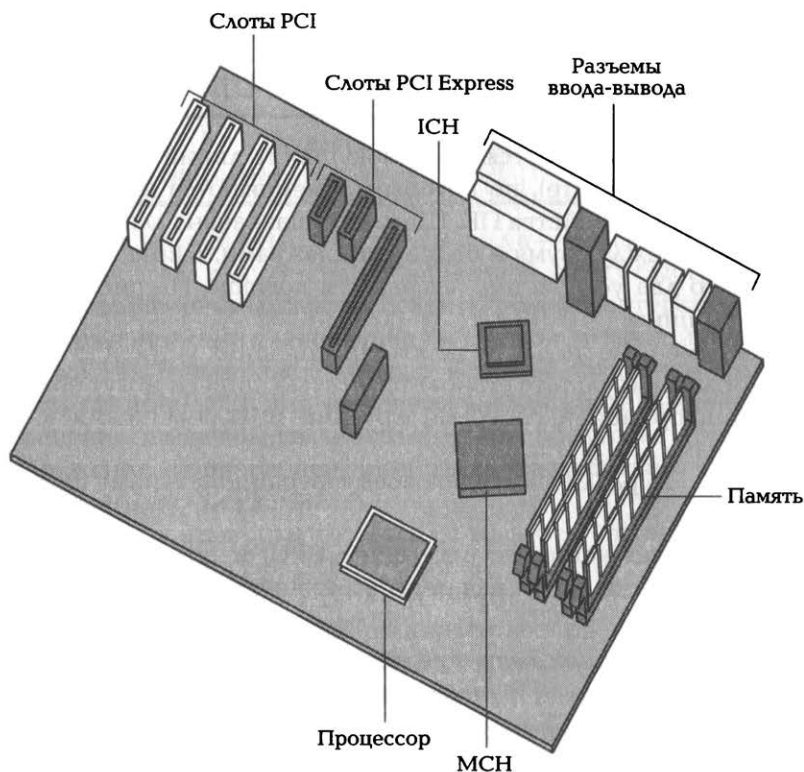


Рис. 2.6. Расположение элементов на системной плате в соответствии со спецификацией ВТХ

ливаются все необходимые карты расширения. Основное отличие ризер-карты состоит в том, что материнская плата 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. На ризер-карте располагаются различные разъемы, которые раньше располагались на материнской плате, — IDE, FDD, USB, блока питания и др.

В 2004 г. корпорация Intel опубликовала спецификацию ВТХ, которая является развитием стандарта АТХ для новых высокопроизводительных процессоров. При разработке спецификации ставились задачи совершенствования системы охлаждения, повышения механической прочности системной платы, стандартизации способов подключения к системной плате интерфейсов ввода-вывода.

На рис. 2.6 показано расположение элементов на системной плате в соответствии со спецификацией ВТХ. В конце 2005 г. начался выпуск ПК под данный формфактор.

## 2.5. СТРУКТУРА И СТАНДАРТЫ ШИН ПК

*Шиной (Bus)* называется вся совокупность линий (проводников на материнской плате), по которым обмениваются информацией компоненты и устройства ПК. Шина предназначена для обмена информацией между двумя и более устройствами. Шина, связывающая только два устройства, называется *портом*. На рис. 2.7 дана структура шины.

Шина имеет места для подключения внешних устройств — слоты, которые в результате становятся частью шины и могут обмениваться информацией со всеми другими подключенными к ней устройствами.

Шины в ПК различаются по своему функциональному назначению:

- *системная шина* (или шина CPU) используется микросхемами *Cipset* для пересылки информации к CPU и обратно;
- *шина кэш-памяти* предназначена для обмена информацией между CPU и кэш-памятью;
- *шина памяти* используется для обмена информацией между оперативной памятью RAM и CPU;
- *шины ввода-вывода* информации подразделяются на стандартные и локальные.

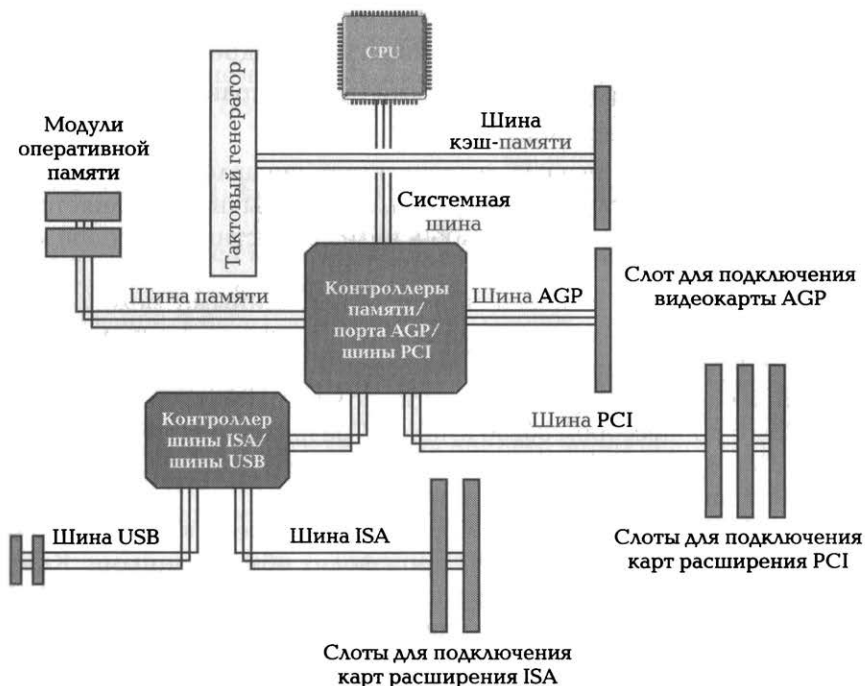


Рис. 2.7. Структура шины

Локальная шина ввода-вывода — это скоростная шина, предназначенная для обмена информацией между быстродействующими периферийными устройствами (видеоадаптерами, сетевыми картами, картами сканера и др.) и системной шиной под управлением CPU. В настоящее время в качестве локальной шины используется шина PCI. Для ускорения ввода-вывода видеоданных и повышения производительности ПК при обработке трехмерных изображений корпорацией Intel была разработана шина AGP (*Accelerated Graphics Port*).

Стандартная шина ввода-вывода используется для подключения к перечисленным ранее шинам более медленных устройств (например, мыши, клавиатуры, модемов, старых звуковых карт). До недавнего времени в качестве этой шины использовалась шина стандарта ISA. В настоящее время — шина USB.

Шина имеет собственную архитектуру, позволяющую реализовать важнейшие ее свойства — возможность параллельного подключения практически неограниченного числа внешних устройств и обеспечение обмена информацией между ними. Архитектура любой шины имеет следующие компоненты:

- линии для обмена данными (шина данных);
- линии для адресации данных (шина адреса);
- линии управления данными (шина управления);
- контроллер шины.

Контроллер шины осуществляет управление процессом обмена данными и служебными сигналами и обычно выполняется в виде отдельной микросхемы либо в виде совместимого набора микросхем — Chipset.

Шина данных обеспечивает обмен данными между CPU, картами расширения, установленными в слоты, и памятью RAM. Чем выше разрядность шины, тем больше данных может быть передано за один такт и тем выше производительность ПК. Если компьютеры с процессором 80286 имели 16-разрядную шину данных, с CPU 80386 и 80486 — 32-разрядную, то компьютеры с CPU семейства Pentium — 64-разрядную шину данных.

Шина адреса служит для указания адреса к какому-либо устройству ПК, с которым CPU производит обмен данными. Каждый компонент ПК, каждый регистр ввода-вывода и ячейка RAM имеют свой адрес и входят в общее адресное пространство ПК. По шине адреса передается идентификационный код (адрес) отправителя и (или) получателя данных.

Для ускорения обмена данными используется устройство промежуточного хранения данных — оперативная память — RAM. При этом решающую роль играет объем данных, которые могут временно храниться в ней.

Объем зависит от *разрядности адресной шины* (числа линий) и тем самым от максимально возможного числа адресов, генерируемых процессором на адресной шине, т. е. от числа ячеек RAM, которым может быть присвоен адрес. Число ячеек RAM не должно превышать  $2^n$ , где  $n$  — разрядность адресной шины. В противном случае часть ячеек не будет использоваться, поскольку процессор не сможет адресоваться к ним.

В двоичной системе счисления максимально адресуемый объем памяти равен  $2^n$ , где  $n$  — число линий шины адреса.

Если процессор 8088, например, имел 20 адресных линий и мог, таким образом, адресовать память объемом 1 Мбайт ( $2^{20} = = 1\,048\,576$  байт = 1 024 Кбайт), то в ПК с процессором 80286 разрядность адресной шины была увеличена до 24 бит, а процессоры 80486, Pentium, Pentium MMX и Pentium II имеют уже 32-разрядную шину адреса, с помощью которой можно адресовать 4 Гбайт памяти.

Шина управления передает ряд служебных сигналов: записи-считывания, готовности к приему-передаче данных, подтверждения приема данных, аппаратного прерывания, управления и других, чтобы обеспечить передачу данных.

## 2.5.1. Основные характеристики шины

Разрядность шины определяется числом параллельных проводников, входящих в нее. Первая шина ISA для IBM PC была 8-разрядной, т. е. по ней можно было одновременно передавать 8 бит. Системные шины ПК, например, Pentium IV — 64-разрядные.

Пропускная способность шины определяется количеством байтов 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:

$$(16 \text{ бит} \cdot 8,33 \text{ МГц}) : 8 = 16,66 \text{ Мбайт/с.}$$

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

Внешние устройства к шинам подключаются посредством *интерфейса* (*Interface* — сопряжение), представляющего собой совокупность различных характеристик какого-либо периферийного устройства ПК, определяющих организацию обмена информацией между ним и центральным процессором.

К числу таких характеристик относятся электрические и временные параметры, набор управляющих сигналов, протокол обмена данными и конструктивные особенности подключения. Обмен данными между компонентами ПК возможен только если интерфейсы этих компонентов совместимы.

## 2.5.2. Стандарты шин ПК

Принцип IBM-совместимости подразумевает стандартизацию интерфейсов отдельных компонентов ПК, что, в свою очередь, определяет гибкость системы в целом, т. е. возможность по мере не-

обходимости изменять конфигурацию системы и подключать различные периферийные устройства. В случае несовместимости интерфейсов используются контроллеры. Кроме того, гибкость и унификация системы достигаются за счет введения промежуточных стандартных интерфейсов, таких как интерфейсы последовательной и параллельной передачи данных. Эти интерфейсы необходимы для работы наиболее важных периферийных устройств ввода-вывода.

**Системная шина** предназначена для обмена информацией между CPU, памятью и другими устройствами, входящими в систему. К системным шинам относятся:

- GTL, имеющая разрядность 64 бит, тактовую частоту 66, 100 и 133 МГц;
- EV6, спецификация которой позволяет повысить ее тактовую частоту до 377 МГц.

**Шины ввода-вывода** совершенствуются в соответствии с развитием периферийных устройств ПК. В табл. 2.2 представлены характеристики некоторых шин ввода-вывода.

**Шина ISA** в течение многих лет считалась стандартом ПК. Однако практически она была вытеснена с рынка только в 2001 г.

**Шина EISA** не получила широкого распространения в связи с ее высокой стоимостью и пропускной способностью, уступающей пропускной способности появившейся на рынке шины VESA.

**Шина VESA**, или **VLB**, предназначена для связи CPU с быстрыми периферийными устройствами. В настоящее время ее вытеснила более производительная шина PCI.

Таблица 2.2. Характеристики шин ввода-вывода

Шина	Разрядность, бит	Тактовая частота, МГц	Пропускная способность, Мбайт/с
ISA 16-разрядная	16	8,33	0016,6
EISA	32	8,33	0033,3
VLB	32	33	0132,3
PCI	32	33	0132,3
PCI 2.1 64-разрядная	64	66	0528,3
AGP (1×)	32	66	0262,6
AGP (2×)	32	66 × 2	0528,3
AGP (4×)	32	66 × 2	1056,6

*Шина PCI* была разработана фирмой Intel для процессора Pentium. Основопологающим принципом, положенным в основу шины PCI, является применение так называемых мостов (*Bridges*), которые осуществляют связь между шиной PCI и другими типами шин. В шине PCI 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. В этом случае центральный процессор освобождается для решения других задач, пока происходит передача данных. В 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. Шина PCI стала фактическим стандартом среди шин ввода-вывода. На рис. 2.8 дана архитектура шины PCI.

*Шина AGP* — высокоскоростная локальная шина ввода-вывода, предназначенная исключительно для нужд видеосистемы. Она связывает видеоадаптер (3D-акселератор) с системной памятью ПК. Шина AGP была разработана на основе архитектуры шины PCI, поэтому она также является 32-разрядной. Однако при этом у нее есть дополнительные возможности увеличения пропускной способности, в частности, за счет использования более высоких тактовых частот. Если в стандартном варианте 32-разрядная шина PCI имеет тактовую частоту 33 МГц, что обеспечивает теоретическую пропускную способность  $PCI\ 33 \times 32 = 1\ 056$  Мбит/с = 132 Мбайт/с, то шина AGP тактуется сигналом с частотой 66 МГц, поэтому ее пропускная способность в режиме 1× составляет  $66 \times 32 = 264$  Мбайт/с; в режиме 2× эквивалентная тактовая частота составляет 132 МГц, а пропускная способность — 528 Мбайт/с; в режиме 4× — пропускная способность около 1 Гбайт/с.

*Шина USB* была разработана лидерами компьютерной и телекоммуникационной промышленности Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft для подключения периферийных устройств вне корпуса ПК.

Технические характеристики USB предполагают возможность подключения устройств с различными скоростями обмена. Высокая скорость обмена (*full-speed signaling bit rate*) — 12 Мбит/с, а низкая скорость обмена (*low-speed signaling bit rate*) — 1,5 Мбит/с. В режиме низкой скорости шину USB используют такие периферийные устройства: клавиатуры, мыши, джойстики, матричные принтеры, дигитайзеры, цифровые фотокамеры, модемы для обычных телефонных линий, цепи управления монитором. В режиме

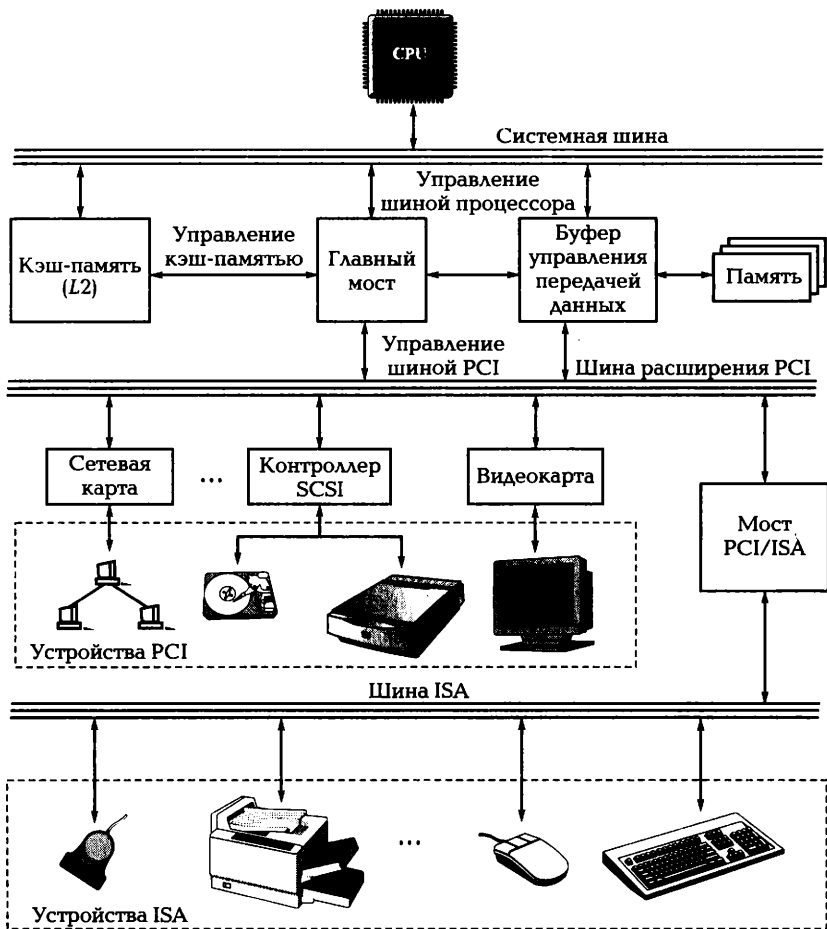


Рис. 2.8. Архитектура шины PCI

высокой скорости: колонки, ISDN-модемы, внешние накопители класса Юмега Zip, офисные АТС, лазерные и струйные принтеры.

Версия 2.0 USB отличается тем, что полоса пропускания шины увеличена в 20 раз, что делает возможным передачу видеоданных по USB, которая становится прямым конкурентом IEEE 1394 (FireWire).

Шина USB поддерживает технологию Plug & Play. При подсоединении периферийного устройства его конфигурирование осуществляется автоматически. Все периферийные устройства должны быть оборудованы разъемами USB и подключаться к ПК через отдельный

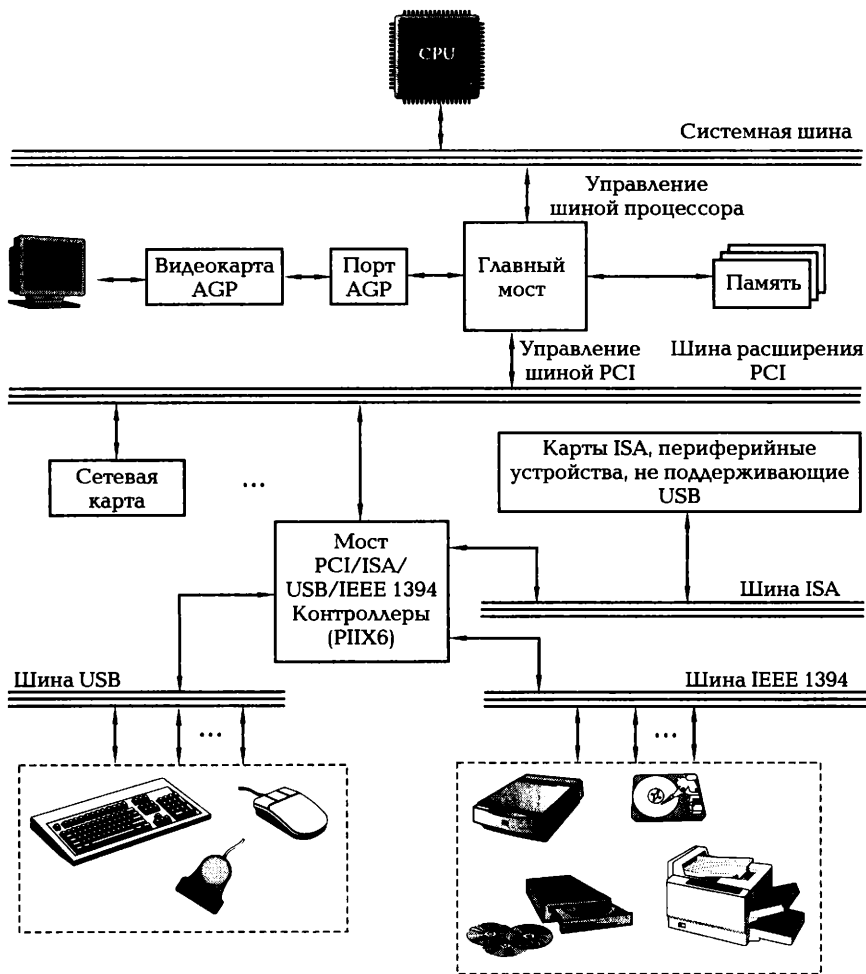


Рис. 2.9. Архитектура шины USB

выносной блок, называемый USB-хабом, или концентратором, с помощью которого к ПК можно подключить до 127 периферийных устройств. Архитектура шины USB представлена на рис. 2.9.

Шина SCSI (Small Computer System Interface) обеспечивает скорость передачи данных до 320 Мбайт/с и предусматривает подключение к одному адаптеру до восьми устройств: винчестеры, приводы CD-ROM, сканеры, фото- и видеокамеры. Отличительной особенностью шины SCSI является то, что она представляет собой кабельный шлейф. С шинами ПК (ISA или PCI) шина SCSI связана

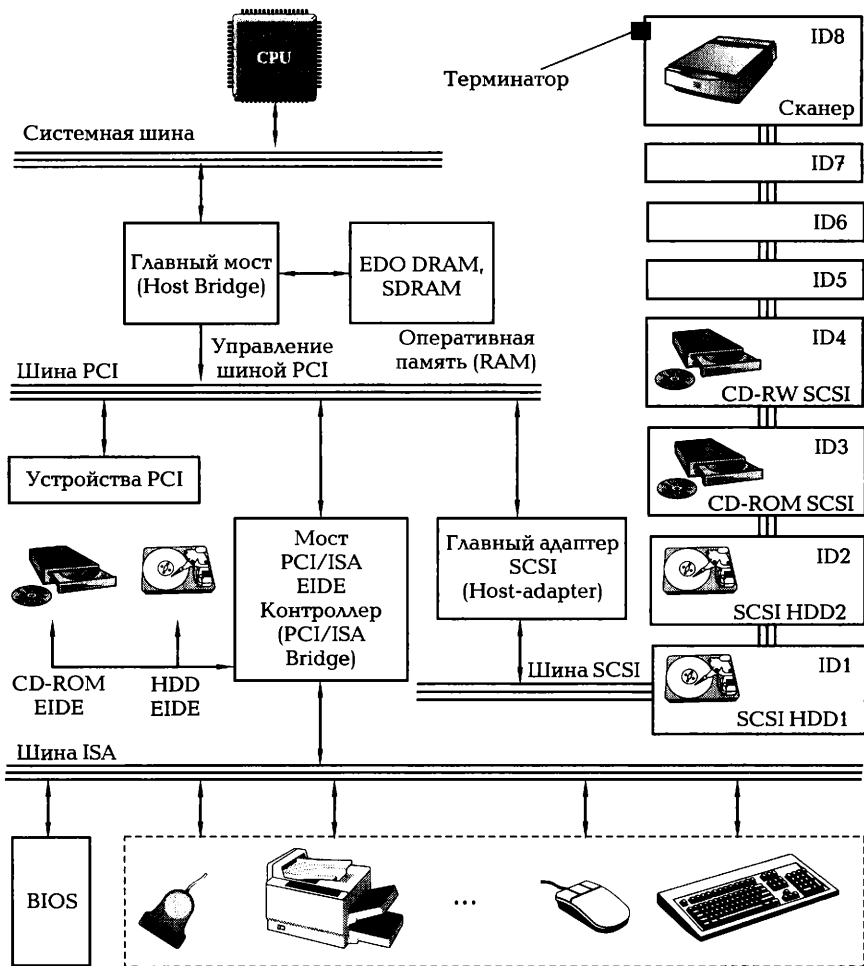


Рис. 2.10. Шина SCSI с подключенными устройствами

через *хост-адаптер* (*Host Adapter*). Каждое устройство, подключенное к шине, имеет свой идентификационный номер (ID). Любое устройство, подключенное к шине SCSI, может инициировать обмен с другим устройством.

На рис. 2.10 показано подключение периферийных устройств к ПК с помощью шины SCSI. Существует широкий диапазон версий SCSI, начиная от первой версии SCSI I, обеспечивающей максимальную пропускную способность 5 Мбайт/с, и до версии Ultra 320 с максимальной пропускной способностью 320 Мбайт/с.

*Шина IEEE 1394* — это стандарт высокоскоростной локальной последовательной шины, разработанный фирмами Apple и Texas Instruments. Шина IEEE 1394 предназначена для обмена цифровой информацией между ПК и другими электронными устройствами, особенно для подключения жестких дисков и устройств обработки аудио- и видеoinформации, а также работы мультимедийных приложений. Она способна передавать данные со скоростью до 1 600 Мбит/с, работать одновременно с несколькими устройствами, передающими данные с разными скоростями, как и SCSI. Как и USB, шина IEEE 1394 полностью поддерживает технологию Plug & Play, включая возможность установки компонентов без отключения питания ПК.

Подключать к компьютеру через интерфейс IEEE 1394 можно практически любые устройства, способные работать с SCSI. К ним относятся все виды накопителей на дисках, включая жесткие, оптические, CD-ROM, DVD, цифровые видеокамеры, устройства записи на магнитную ленту и многие другие периферийные устройства. Благодаря таким широким возможностям эта шина стала наиболее перспективной для объединения компьютера с бытовой электроникой.

### **2.5.3. Последовательный и параллельный порты**

Такие устройства ввода-вывода, как клавиатура, мышь, монитор и принтер, входят в стандартную комплектацию ПК. Все периферийные устройства ввода должны коммутироваться с ПК таким образом, чтобы данные, вводимые пользователем, могли не только корректно поступать в компьютер, но и в дальнейшем эффективно обрабатываться. Для обмена данными и связи между периферией (устройствами ввода-вывода) и модулем обработки данных (материнской платой) может быть организована параллельная или последовательная передача данных.

*Параллельная связь* означает, что все 8 бит (или 1 байт) пересылаются и передаются не один за другим, а одновременно (параллельно) или, точнее, каждый по своему проводу. Принцип параллельной передачи данных становится очевидным, если рассмотреть кабель, подсоединенный к разъему параллельного интерфейса, например кабель принтера. Он значительно толще, чем последовательный кабель мыши, поскольку кабель для параллельной передачи данных должен как минимум содержать восемь проводов, каждый из которых предназначен для передачи одного бита.

Параллельные интерфейсы разрабатывает фирма Centronics, поэтому параллельный интерфейс часто называют интерфейсом Centronics.

Параллельный интерфейс для принтера обычно обозначают LPT (*Line Printer*). Первый подключенный принтер обозначается как от LPT1, а второй — как от LPT2.

Существуют несколько типов параллельных портов: стандартный, EPP и ECP.

Стандартный параллельный порт предназначен только для односторонней передачи информации от ПК к принтеру, что заложено в электрической схеме порта. Он обеспечивает максимальную скорость передачи данных от 120 до 200 Кбайт/с.

Порт EPP является двунаправленным, т. е. обеспечивает параллельную передачу 8 бит данных в обоих направлениях и полностью совместим со стандартным портом. Порт EPP передает и принимает данные почти в шесть раз быстрее стандартного параллельного порта, чему способствует то, что порт EPP имеет буфер, сохраняющий передаваемые и принимаемые символы до 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. При использовании надлежащего программного обеспечения порт EPP может передавать и принимать данные со скоростью до 2 Мбит/с.

Порт ECP, обладая всеми возможностями порта EPP, обеспечивает повышенную скорость передачи данных за счет функции сжатия данных. Для сжатия данных используется метод RLE (*Run Length Encoding*), согласно которому длинная последовательность одинаковых символов передается всего лишь двумя байтами: один байт определяет повторяющийся символ, а второй — число повторений. При этом стандарт ECP допускает сжатие и распаковку данных как программно (путем применения драйвера), так и аппаратно (схемой порта). Данная функция не является обязательной, поэтому порты, периферийные устройства и программы могут ее и не поддерживать. Она может быть реализована, когда режим сжатия данных поддерживается как портом ECP, так и принтером. Увеличение скорости передачи данных с помощью порта ECP существенно уменьшает время распечатки данных на принтере.

Использование преимуществ функциональных возможностей портов ECP и EPP возможно при наличии компьютера, оборудованного одним из этих стандартов.

Последовательная связь осуществляется побитно: отдельные биты пересылаются (или принимаются) последовательно один за

другим по одному проводу, при этом возможен обмен данными в двух направлениях, прием и передача данных осуществляются с одинаковой тактовой частотой. Для последовательных интерфейсов выбор подключаемых устройств значительно шире, поэтому большинство ПК обычно оборудовано двумя интерфейсными разъемами для последовательной передачи данных. В качестве стандартного обозначения для последовательного интерфейса чаще всего используют RS-232, RS-422, RS-465. Разъемы последовательного интерфейса на ПК представляют собой 9-контактный (вилка) Sub-D или 25-контактный (вилка) Sub-D.

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. д. Аппаратное конфигурирование интерфейса путем соответствующей установки джамперов или переключателей неудобно, поскольку приходится вскрывать корпус ПК. Конфигурирование последовательного интерфейса осуществляется программным способом, тем более что среда Windows предоставляет такую возможность.

## 2.6. ПРОЦЕССОРЫ

*Процессор*, или центральный процессор (*Central Processing Unit* — CPU) — основной рабочий компонент компьютера, который выполняет арифметические и логические операции, заданные программой, управляет вычислительным процессом и координирует работу всех устройств компьютера. CPU представляет собой «сердце» материнской платы, поскольку находится в постоянном взаимодействии с другими элементами материнской платы.

С развитием технологии микроэлектроники и увеличением степени интеграции элементов, размещенных в одной электронной схеме, процессор стал называться *микропроцессором* (МП).

Физически процессор или микропроцессор представляет собой *интегральную схему* — тонкую пластинку кристаллического кремния прямоугольной формы площадью всего несколько квадратных миллиметров, на которой размещены главные функциональные компоненты:

- 1) ядро — главный компонент процессора, осуществляющий выполнение команд;
- 2) сопроцессор — специальный модуль для выполнения операций с «плавающей точкой» (или запятой);

3) модуль предсказания перехода (*Branch Predictor*), который определяют изменение последовательности команд после перехода, для того чтобы переслать эти команды заранее в декодер команд;

4) кэш-память первого уровня — сверхбыстрая память, предназначенная для хранения промежуточных результатов вычислений;

5) кэш-память второго уровня;

6) интерфейсный модуль системной шины, по которой в CPU поступают команды и данные, а также передаются данные из CPU.

Микропроцессор содержит миллионы транзисторов, соединенных между собой тончайшими проводниками из алюминия или меди и используемых для обработки данных. Так формируются внутренние шины. В результате микропроцессор выполняет множество функций — от математических и логических операций до управления работой других микросхем и всего компьютера.

Кристалл-пластинка помещается в пластмассовый или керамический плоский корпус и соединяется проводниками с металлическими штырьками, чтобы его можно было установить на системную плату компьютера.

## 2.6.1. Технология производства и основные характеристики

Принципиальным отличием микропроцессоров от транзисторов или интегральных схем является то, что он располагается на одном кристалле (чипе). Технология производства такого чипа содержит множество этапов, к числу основных относят следующие.

На первом этапе выращивают монокристалл чистого кремния, в котором концентрация примесей составляет не более 0,1 миллионной доли процента. Полученные кристаллические стержни достигают диаметра 150...300 мм. Далее стержни разрезаются на пластины-подложки толщиной от 200 до 600 нм, которые подвергают полированию и окислению с целью получения на поверхности диэлектрической защитной пленки диоксида кремния —  $\text{SiO}_2$  (рис. 2.11, а). На подложки наносят светочувствительный слой — фоторезист.

На следующем этапе выполняют фотолитографический процесс, в ходе которого на кристалле формируется рисунок — схема соединений нескольких десятков схем одновременно. Пластины, покрытые фотослоем, облучают ультрафиолетом через фотошаблон с рисунком необходимых соединений (рис. 2.11, б). При облучении ультрафиолетовыми лучами меняется химический состав

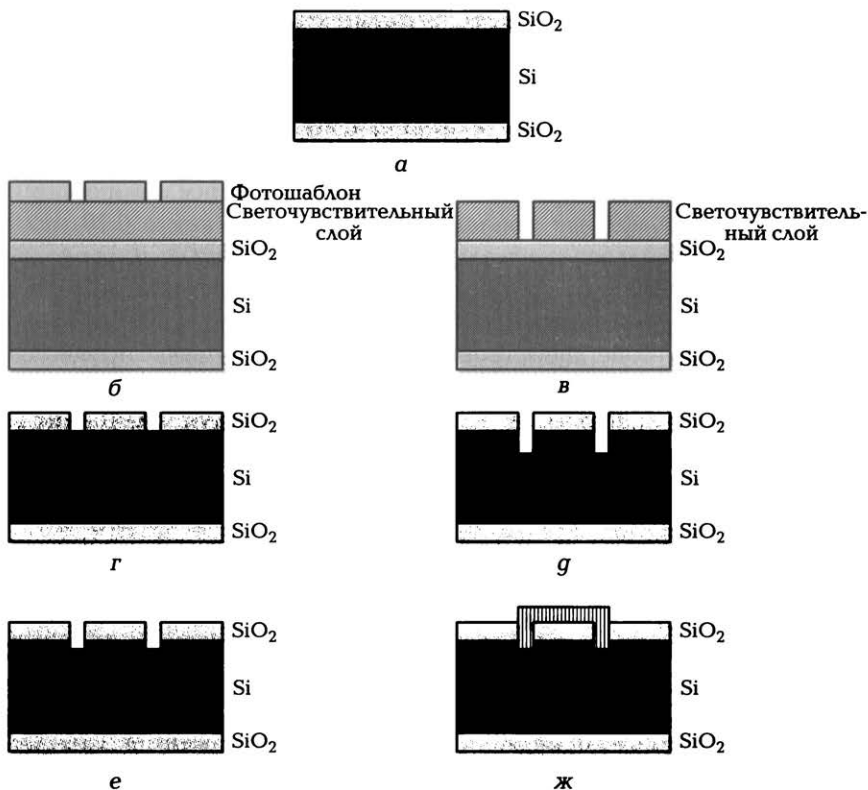


Рис. 2.11. Основные этапы технологического процесса изготовления ядра CPU

тех участков фоторезиста, которые находились под прозрачными областями фотошаблона, что позволяет их удалить (рис. 2.11, в), например, растворением (химическим травлением). Далее в ходе травления засвеченные участки очищают от диоксида кремния (рис. 2.11, г, г). Затем применяют новый фотошаблон, чтобы сформировать следующий уровень. Процесс повторяется более чем 20 раз до тех пор, пока не будет воспроизведена вся структура ядра.

Далее производят изменение структуры кремния (формирование  $p-n$ -областей) путем добавления различных примесей, чтобы на поверхности пластины получить участки с нужными свойствами. При температурах порядка  $700 \dots 14\,000 \text{ }^\circ\text{C}$  происходит процесс диффузии, т.е. проникновения требуемых примесей в кремний на открытых в процессе фотолитографии участках (рис. 2.11, е).

Завершает этот этап нанесение защитной пленки  $\text{SiO}_2$  толщиной порядка 1 мкм.

Следующий этап связан с прокладкой металлических соединений (рис. 2.11, ж). В 0,13 мкм-технологии, когда минимальный топологический размер — ширина токоведущей дорожки, расстояние между соседними дорожками — составляет 0,13 мкм, корпорация Intel применяет медные проводники, в то время как в 0,18 мкм-техпроцессе использовались алюминиевые. Далее пластины разрезаются на отдельные микросхемы, тестируются и устанавливаются в корпуса.

Дальнейшее совершенствование параметров микропроцессоров связано с поиском новых технологических решений.

Производительность CPU характеризуется следующими основными параметрами: степень интеграции; разрядность обрабатываемых данных; тактовая частота; память, к которой может адресоваться CPU; объем установленной кэш-памяти.

Кроме того, CPU различаются по технологии производства, напряжению питания, формфактору и др.

Степень интеграции микросхемы CPU (чипа) показывает, какое число транзисторов в ней умещается. Один из основателей корпорации Intel Гордон Мур, занимавшийся разработкой микропроцессоров, в 1965 г. установил определенную закономерность в увеличении числа транзисторов на кристалле от времени: каждые 18 мес количество транзисторов на одном кристалле удваивается при сохранении его стоимости. Эта эмпирическая формула носит название «Закон Мура», подтверждается практикой совершенствования микропроцессоров и отражает тот невероятный прорыв, который наблюдается в области высоких технологий.

Если в чипе процессоров первого поколения (8086/8088) помещалось 0,029 млн транзисторов, то в процессорах начала XXI в. — свыше 28 млн. Специалисты предсказывали, что в будущем в каждом процессоре будет располагаться до 1 млрд транзисторов, которые будут изготавливаться по 0,010 мкм-технологии.

Эксперты полагают, что технология производства микросхем позволит уменьшить размеры их элементов до 5 нанометров, что равно размеру пятидесяти атомов водорода. В лабораториях уже созданы прототипы транзистора с размерами элементов 32 и даже 22 нм.

Разрядность обрабатываемых данных определяется количеством бит информации, которое процессор может обрабатывать одновременно: 16, 32 или 64. Первый 64-разрядный процессор появился в 2001 г. — Intel Itanium.

Тактовая частота ПК определяется частотой работы тактового генератора (System Clock), который синхронизирует работу различных компонентов. Частота работы тактового генератора измеряется в мегагерцах. Если первые ПК имели один тактовый генератор, который с частотой 8 МГц синхронизировал работу процессора, памяти, шины ввода-вывода, то в современных ПК имеется несколько тактовых генераторов, работающих синхронно на разных частотах. Частота системы ПК определяется частотой системной шины, причем тактовые частоты всех остальных компонентов ПК являются кратными частоте системной шины. Например, тактовые частоты различных компонентов системы ПК с CPU Pentium II, работающего с тактовой частотой 266 МГц, составляют (в МГц) 66 — для системной шины; 133 — для кэш-памяти второго уровня; 33 — для шины PCI и 8,3 — для шины ISA. Таким образом, производительность всей системы в целом зависит от тактовой частоты системной шины.

Объем памяти, к которой может адресоваться CPU, определяется объемом оперативной памяти ПК, поскольку данные, которые обрабатывает CPU, должны располагаться в RAM. Если процессоры ПК первого поколения имели максимальный объем адресуемой памяти 1 Мбайт, то у процессоров шестого и седьмого поколений эта величина составляет 64 Гбайт, а у процессора Intel Itanium — 4 Тбайт (Тбайт [terabyte] — единица измерения объема памяти, равная 1 024 Гбайт).

## 2.6.2. Особенности процессоров различных поколений

*Процессоры первого и второго поколений* представлены CPU 8086/8088 и 80286. Процессор 8086/8088 имел тактовую частоту 4,77 МГц и оперативную память 256 Кбайт. Процессор второго поколения имел защищенный режим работы, позволявший обращаться к 16 Мбайт физической и 1 Гбайт виртуальной памяти. Лучшие из процессоров 80286 достигли тактовой частоты в 20 МГц.

*Процессоры третьего поколения* 80386 отличались от своих предшественников возможностью работы в виртуальном режиме, наличием внешней кэш-памяти CPU, расположенной на материнской плате, и 32-разрядным ядром CPU. 32-разрядный процессор 386 DX имел тактовую частоту уже 33 МГц, обеспечивал адресацию физической памяти до 4 Гбайт и виртуальной — до 64 Гбайт.

*Процессоры четвертого поколения* 80486 отличаются от процессоров третьего поколения тем, что в само ядро CPU интегрированы

кэш-память и сопроцессор, а также реализована конвейеризация вычислений.

*Сопроцессор, или математический процессор (Numeric Processing Unit — NPU)*, предназначен для выполнения арифметических действий с плавающей точкой. Он не управляет системой, а ждет команду от CPU на выполнение арифметических действий и формирование результатов. Фирма Intel полагает, что сопроцессор может на 80 % сократить время выполнения таких операций, как умножение и возведение в степень.

Типичными представителями CPU четвертого поколения являются 80486DX и 80486SX с соответствующими диапазонами тактовых частот 33... 50 МГц и 2... МГц.

*Процессоры пятого поколения типа Pentium* поддерживают 64-разрядную системную шину с тактовой частотой 66 МГц, имеют технологию предсказания переходов и параллельной конвейерной обработки данных с помощью двух пятиступенчатых конвейеров. Предсказание переходов реализуется благодаря хранению данных о последних 256 переходах в специальном буфере адреса перехода. Кэш-память объемом 16 Кбайт разделена на память данных и память команд по 8 Кбайт, что исключает пересечение команд и данных.

Процессоры Pentium принято подразделять по поколениям в соответствии с хронологией выхода на компьютерный рынок и техническими характеристиками. CPU Pentium первого поколения представляет собой 32-разрядный процессор, работающий на тактовой частоте 60 и 66 МГц. В начале тактовая частота CPU Pentium второго поколения составляла 90 и 100 МГц, но в настоящее время она достигает 200 МГц. Основное отличие Pentium второго и третьего поколений в том, что ядро процессоров третьего поколения производится по технологии, обеспечивающей размер элемента ядра процессора 0,25 мкм, в то время как у Pentium первого и второго поколений эта величина составляла 0,8 и 0,35 мкм соответственно. Конкуренцию CPU Pentium производства компании Intel на компьютерном рынке составляют процессоры AMD K5 производства компании Advanced Micro Devices и Cyrix 6x86 (Cyrix Corporation), которые по ряду характеристик превосходят CPU Pentium.

Процессоры Pentium MMX ориентированы на решение задач мультимедиа и содержат схемотехнические и архитектурные решения, существенно повышающие производительность: вдвое увеличен размер кэш-памяти (16 Кбайт для данных и 16 Кбайт для команд); увеличена до шести шагов длина конвейера. Скорость выполнения программ увеличена на 10... 15 %, что привлекательно для

любителей компьютерных игр, видеофильмов на CD-ROM и профессионалов-дизайнеров.

*Процессоры шестого поколения* поддерживают 64-разрядную системную шину и работу многопроцессорных систем. Первый CPU шестого поколения фирмы Intel носит имя Pentium Pro. По сравнению с Pentium процессоры Pentium Pro имеют не два, а четыре конвейера с увеличением ступеней при конвейерной обработке данных с пяти до 14, усовершенствованную технологию предсказания переходов. Особенностью CPU Pentium Pro является интегрированная кэш-память второго уровня, которая за счет перемещения с материнской платы в CPU может работать на максимальной частоте CPU. CPU Pentium Pro предназначен для пользователей, работающих с мощными вычислительными средствами.

Процессор Pentium II сочетает архитектуру Pentium Pro с технологией MMX. Тактовая частота CPU Pentium II находится в диапазоне от 233 до 450 МГц, а системной шины его материнской платы — от 66 до 100 МГц.

Pentium III, пришедший на смену Pentium II, расширяет возможности обработки изображений, потоков аудио- и видеоданных, распознавания речи, имеет тактовую частоту процессора свыше 600 МГц и системной шины до 1,33 ГГц.

CPU семейства Celeron представляют собой версию Pentium II, предназначенную ускорить процесс перехода пользователей на новое поколение процессоров.

Процессоры семейства AMD K6-2 фирмы AMD имеют в ядре CPU модуль с конвейерной структурой для ускоренной обработки инструкций трехмерной графики, аудио- и видеоданных, что увеличивает производительность процессора, который работает на тактовой частоте от 266 до 450 МГц при частоте системной шины 66, 95 и 100 МГц. В ядро процессора AMD K6-3 интегрировано 256 Кбайт кэш-памяти второго уровня, работающей на частоте процессора, а на материнской плате располагается кэш-память третьего уровня объемом от 512 до 2 048 Кбайт.

*Процессоры седьмого поколения* имеют собственную частоту свыше 1 ГГц и поддерживают новую системную шину с тактовой частотой до 400 МГц. CPU K-7 корпорации AMD получили название Athlon. CPU Athlon первого поколения основаны на 0,22 мкм-технологии и имели тактовую частоту до 700 МГц, а второго поколения при переходе на 0,18 мкм-технологии достигают частоты 1 000 МГц.

CPU Pentium IV (Willamate) корпорации Intel является, по сути дела, модернизацией Pentium Pro, имеет тактовую частоту до 2,6 ГГц и использует системную шину Quard Pumped, передающую по 4 па-

кета данных за один такт с тактовой частотой ( $100 \text{ МГц} \times 4 = 400 \text{ МГц}$ ). Объем кэш-памяти второго уровня составляет 256 Кбайт. Ядро процессора выполнено по 0,18 мкм-технологии.

CPU Pentium IV (Northwood) отличается тем, что его ядро изготовлено по 0,13 мкм-технологии, что позволило повысить тактовую частоту до 3,06 ГГц, увеличить объем кэш-памяти второго уровня до 512 Кбайт и тактовую частоту системной шины до 533 МГц. Процессор Intel Pentium M ориентирован для применения в мобильных ПК.

Процессор Intel Celeron представляет собой упрощенную версию Pentium IV. Первые процессоры Celeron — аналоги Pentium II, отличавшиеся отсутствием дорогостоящих микросхем кэш-памяти второго уровня. Выпуск CPU Celeron продолжался после появления Pentium III и Pentium IV. Их тактовая частота — до 2,88 ГГц; частота системной шины — до 400 МГц; объем кэш-памяти второго уровня — 256 Кбайт; технология — 0,13 и 0,18 мкм. В 2004 г. для маркировки процессоров Celeron на базе ядра Prescott стала использоваться торговая марка Intel Celeron D. CPU Intel Celeron D имеют в основном домашнее мультимедийное применение, изготовлены по технологии 0,065 и 0,09 мкм, обладают тактовой частотой до 3,2 ГГц, частотой системной шины 533 МГц и кэш-памятью второго уровня до 512 Кбайт. Процессоры Celeron M являются упрощенной версией Pentium M для мобильных ПК.

К процессорам восьмого поколения относится процессор AMD Opteron и разные модификации Athlon 64 (Turion 64), а также Intel Itanium. CPU Athlon 64 изначально предназначен для использования в настольных ПК и ноутбуках. Семейство процессоров Athlon 64 (2 800+, 3 000+, 3 200+, 3 400+, 3 500+, 3 700+, 3 800+ и 4 000+) изготовлены по технологии 0,09 и 0,13 мкм и позиционируются как промежуточное звено между 32- и 64-разрядными процессорами. Они обладают тактовой частотой до 2,4 ГГц и кэш-памятью второго уровня до 1 024 Кбайт.

Intel Itanium — первый 64-разрядный процессор, предназначенный для серверов и компьютеров, работающих с большими базами данных, приложениями для сбора данных и бизнес-анализа, систем автоматизированного проектирования (САПР), выполняющих сложные технические расчеты. Основным его преимуществом является значительный объем адресуемой памяти, к которой процессор может обратиться. Для сравнения: CPU Pentium Pro/II/III/IV могут обращаться к 64 Гбайт оперативной памяти, Itanium — к 16 Тбайт, что почти в 270 млн раз больше. Архитектура Itanium построена на основе технологии EPIC (*Explicitly Parallel Instruction Computing*) —

технологии явного параллелизма на уровне команд, которая позволяет повысить эффективность параллельной обработки команд и обеспечивает значительное повышение производительности при работе с указанными приложениями. Например, CPU Intel Itanium 9110N, представленный корпорацией в конце 2007 г., обладает тактовой частотой 1,6 ГГц при тактовой частоте системной шины 533 МГц. На кристалле помимо кэш-памяти первого уровня (L1) и кэш-памяти второго уровня (L2) располагается кэш-память третьего уровня (L3) объемом 12 Мбайт. Серия Intel Itanium 2 предназначена для работы в высокопроизводительных серверах и рабочих станциях. Максимальной тактовой частотой обладает модификация Itanium 2 (MP), ей же принадлежит максимум частоты системной 128-разрядной шины 667 МГц и максимальный объем кэш-памяти третьего уровня (L3) 9 Мбайт при объемах кэш-памяти первого уровня (L1) и кэш-памяти второго уровня (L2) соответственно 32 и 256 Кбайт для модификаций: Itanium 2 (MP), Itanium 2 (DP).

Признанный лидер в производстве процессоров для IBM PC-совместимых компьютеров — компания Intel, основанная в июне 1968 г. Основным конкурентом Intel является корпорация AMD (*Advanced Micro Devices*), которая в последнее время заметно потеснила Intel на рынке CPU, предназначенных для недорогих ПК. Выпускают CPU и другие фирмы: Suth, Centaur, IDT, Rise.

Процессоры подразделяются по типам. Обозначение CPU для ПК 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 обозначает процессор типа 80486, изготовленный фирмой Intel, работающий на тактовой частоте 50 МГц. Микросхемы фирмы AMD маркируются префиксом AMD, а процессоры Suth — SX. При запуске ПК эти буквы появляются на экране монитора перед номером типа процессора.

Выбор типа процессора определяется прежде всего теми задачами, для решения которых будет использован ПК.

### 2.6.3. Многоядерные процессоры

Идея перехода на многоядерные процессоры CMP (*Core Multi Processor*) возникла у специалистов в области информационных технологий еще в далекие 1960-е гг., когда Сеймур Крей, создатель первого в мире суперкомпьютера, не только обосновал преимуще-

ства нескольких процессорных ядер перед одним, но и реализовал свой замысел в суперкомпьютере CDC 6600. Однако в силу несовершенства технологии микроэлектроники того времени этот подход к архитектуре CPU не получил развития.

Возрождением идеи многоядерности в микропроцессорах на современном технологическом уровне начали заниматься инженеры корпорации Digital Equipment во второй половине 1990-х гг. Предпосылками такого направления деятельности стали проверенные практикой Digital Equipment закономерности, распространяющиеся на процессоры. Во-первых, оказалось, что для линейного роста производительности монолитных (однойядерных) процессоров требуется обеспечить квадратичный рост числа транзисторов. Во-вторых, как следствие, также нелинейно и не менее значительно возрастает сложность проектирования. Отсюда следует, что суммирование производительности нескольких ядер даст ту же совокупную производительность, что и одно ядро при меньшем числе транзисторов. Необходимо было разработать проект объединения мощности отдельных ядер. Низкая эффективность использования транзисторов, когда большая их часть отдается схемам управления и существенно меньшая — выполнению собственно арифметических и логических операций, и, как следствие, высокое энергопотребление стали главным тормозом на пути создания многоядерных процессоров.

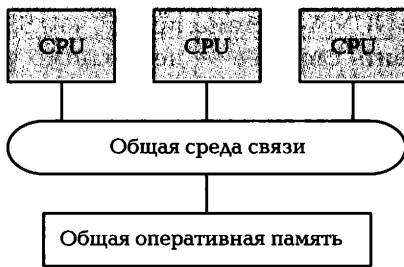
Идея многоядерных процессоров возникла на базе многопроцессорных систем. Вариантов создания архитектуры многопроцессорных систем множество. При этом существует их общепринятая классификация:

1. SMP-системы (*Symmetrical Multi Processor systems*) (рис. 2.12, а).

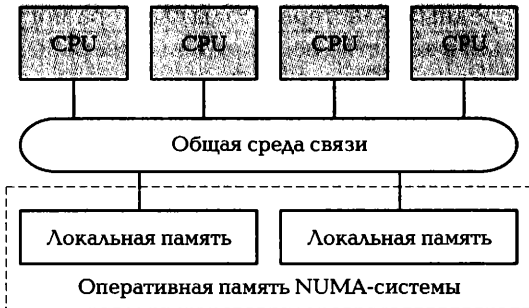
Система состоит из нескольких однородных процессоров и массива общей памяти (обычно из нескольких независимых блоков). Все процессоры имеют доступ к любой точке памяти с одинаковой скоростью. Процессоры подключены к памяти либо с помощью общей шины, либо с помощью коммутатора. Разработка программного обеспечения для таких систем не связана с особыми сложностями, поскольку не возникает никаких специфических особенностей, связанных с архитектурой компьютера. Однако создавать подобные системы экономически нецелесообразно.

2. NUMA-системы (*Non-Uniform Memory Access systems*) (рис. 2.12, б).

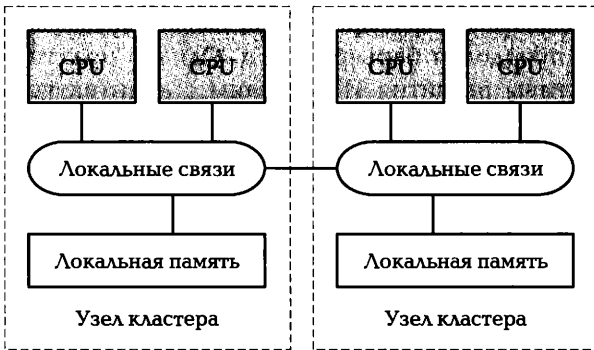
Система состоит из однородных базовых модулей (плат), состоящих из небольшого числа процессоров и блока памяти. Модули объединены с помощью высокоскоростного коммутатора. Поддер-



а



б



в

Рис. 2.12. Варианты архитектур многоядерных систем:

а – SMP-системы (Symmetrical Multi Processor systems); б – NUMA-системы (Non-Uniform Memory Access systems); в – кластеры

живается единое адресное пространство, аппаратно поддерживается доступ к удаленной памяти, т. е. к памяти других модулей. При этом доступ к локальной памяти в несколько раз быстрее, чем к удаленной. Создавать NUMA-системы проще, чем SMP, а программное обеспечение готовить сложнее — необходимо учитывать неоднородность памяти.

3. Многопроцессорные системы — кластеры (рис. 2.12, в).

Набор рабочих станций (или даже ПК) общего назначения используется в качестве дешевого варианта массивно-параллельного компьютера. Для связи узлов используется одна из стандартных сетевых технологий (Fast/Gigabit Ethernet, Myrinet) на базе шинной архитектуры или коммутатора. При объединении в кластер компьютеров разной мощности или разной архитектуры, говорят о гетерогенных (неоднородных) кластерах. Узлы кластера могут одновременно использоваться в качестве пользовательских рабочих станций.

В частности, кластер Twin 1 на базе процессоров AMD Opteron 285 (2,6 ГГц), установленный в НИВЦ МГУ в 2007 г., содержит 24 узла, в каждом из которых по 2 процессора. Объем общего файлового хранилища — 1,5 Тбайт, а объем оперативной памяти на каждый узел 16 Гбайт. При этом суммарная потребляемая мощность кластера 15 кВт.

На протяжении многих лет разработка суперкомпьютеров была авангардом информационных технологий (ИТ), а прогресс в области микропроцессоров фактически отождествлялся с увеличением значения тактовой частоты. В 2001 г. в корпоративных планах производителей микропроцессоров значилось, что уже к концу десятилетия будет преодолен барьер 10 ГГц. Однако практика показала, что перспективы развития ИТ связаны с архитектурами на базе многоядерных процессоров SMP.

Первыми представителями архитектуры SMP стали процессоры, предназначенные для использования в серверах. В таких SMP на одной подложке, в отличие от традиционных процессоров (рис. 2.13, а), размещаются два, по сути, независимых ядра (рис. 2.13, б). Помимо экономии места подобное решение дает значительную экономию энергии, поскольку часть системотехнических компонентов является общей для обоих ядер.

Развитием этой схемы стали решения SMP, показанные на рис. 2.13, в и 2.13, г. Сначала в исходной структуре появилась общая кэш-память, а затем каждое из ядер стало многопоточковым.

Принципы работы двухъядерных процессоров поясняются схемами на рис. 2.14, где шарики являются либо отдельными командами, либо порциями данных.

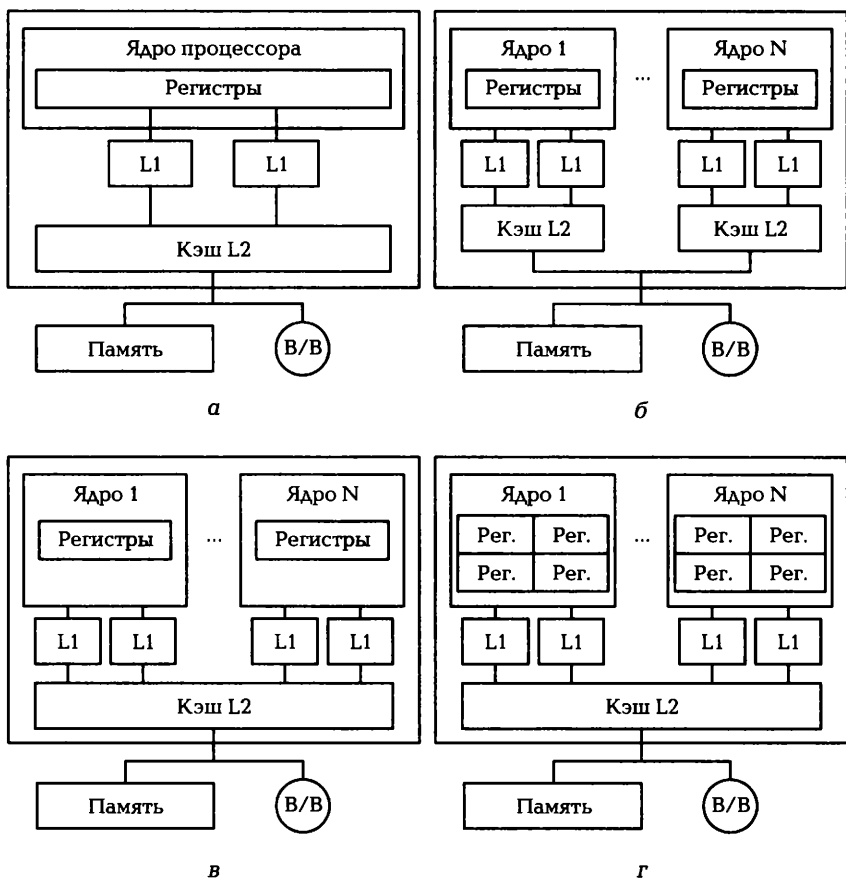


Рис. 2.13. Варианты архитектур SMP:

а — традиционный процессор; б — простая многоядерная архитектура; в — многоядерная архитектура с общей кэш-памятью; г — многопоточная многоядерная архитектура с общей кэш-памятью

В традиционном, одноядерном, процессоре (рис. 2.14, а) команды, поступившие на вход процессора, последовательно проходят через нужные для их выполнения блоки по очереди. В классическом понимании, пока отдельная команда выполняется процессором, остальные ждут своей очереди. Различные технологии по ускорению работы процессора, изменяющие порядок выполнения, не нарушают этот принцип, так как поступившие на вход данные должны выйти из процессора в том же порядке.

При использовании технологии HT (*Hyper-Threading*) (рис. 2.14, б) в компьютере появляются два логических процессора, хотя реально

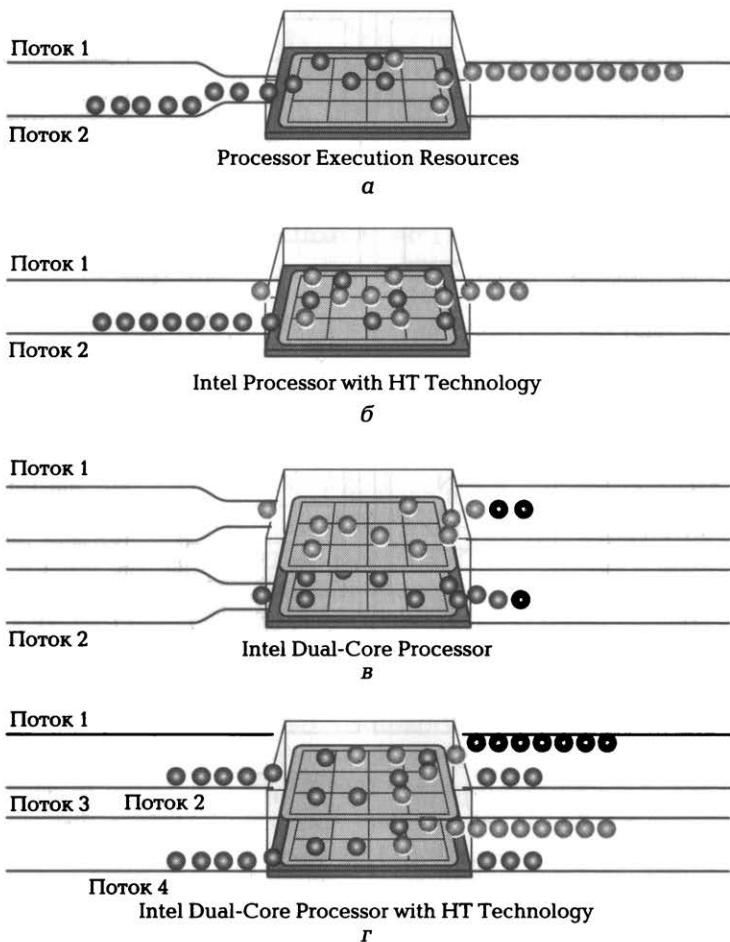


Рис. 2.14. Схемы, поясняющие принципы работы двухъядерного процессора:

*а* — работа обычного процессора; *б* — работа процессора с технологией Hyper-Threading; *в* — работа двухъядерного процессора; *г* — работа двухъядерного процессора с технологией Hyper-Threading

имеется только один. Теперь процессор теоретически может выполнять одновременно сразу две команды или обрабатывать две порции данных, но, правда, с определенными ограничениями. Технология Hyper-Threading использует тот факт, что в современном процессоре существуют 7...9 отдельных блоков, которые обрабатывают определенный тип данных или команд. Если один блок занят

работой, то остальные ничего не делают, пока не закончится текущая работа. Соответственно, если программа написана с учетом возможности использования технологии Hyper-Threading, то процессор может одновременно выполнять сразу два дела. Но так происходит не всегда, поэтому серьезный выигрыш от использования технологии Hyper-Threading получается в отдельных задачах, а вот проигрыш от лишних операций бывает чаще, так как процессору приходится постоянно решать: можно ли выполнить команды параллельно или они должны идти последовательно.

*Двухъядерные процессоры* (рис. 2.14, в) — это два отдельных процессора, которые расположены на одном кристалле или в одном корпусе. Соответственно, на вход двухъядерного процессора приходят два отдельных потока команд и данных, и также отдельно выходят. Взаимного влияния друг на друга оба потока внутри двухъядерного процессора не производят. Исключения составляют схемы интерфейса — обмена информации с внешним миром, а также кэша, но тут два процессора лишь конкурируют за право и порядок использования ресурсов.

Если в двухъядерном процессоре присутствует еще и технология Hyper-Threading (рис. 2.14, г), то пользователь увидит четыре логических процессора, которые могут обрабатывать сразу четыре команды (два потока, разделенные внутри процессора на четыре).

Совмещение нескольких ядер в одном кристалле имеет ряд преимуществ. Прежде всего, они связаны с уменьшением проблем проектирования и организации производства процессоров. Это позволяет разработать одно эффективное ядро, а затем тиражировать его в необходимом количестве, дополняя архитектуру нужными системными компонентами. Такой подход обладает модульностью, масштабируемостью, а главное, уменьшает трудозатраты, что сможет в будущем изменить баланс сил на процессорном рынке. Это связано с тем, что увеличение числа транзисторов в одном ядре ведет к резкому росту затрат при проектировании и изготовлении новых кристаллов. В связи с этим этот вид деятельности становится прерогативой самых крупных компаний. При модульном проектировании трудозатраты оказываются существенно меньше, чем затраты на проектирование единого, существенно более сложного процессорного ядра.

Кроме того, переход на многоядерные процессоры позволит решить постоянно возрастающие проблемы энергопотребления. В настоящее время центры обработки информации, фактически работающие с нематериальной сферой, сравнились по уровню энергопотребления с промышленными предприятиями. При размещении

на кристалле, например, двух ядер и обеспечении их функционирования на тактовой частоте, вдвое меньшей, чем аналогичный одноядерный процессор, и сравнении энергопотребления этого кристалла с монолитным аналогом, имеющим производительность, равную их суммарной характеристике, обнаружится, что энергопотребление уменьшается в несколько раз, поскольку оно растет почти пропорционально квадрату частоты.

Первый двухъядерный процессор Power 4 выпустила корпорация IBM в 2001 г. Многоядерные процессоры предлагает компания Sun Microsystems (восьмиядерный UltraSPARC T1), а также Intel и AMD.

Конструктивно «двухъядерность» означает наличие на кристалле (площадью ~200 мм<sup>2</sup>) двух независимых процессоров, работающих одновременно (параллельно). Это ведет к увеличению производительности ПК на 80... 100 %.

Двухъядерные процессоры компании AMD построены на основе ядер Opteron (в версиях с тактовой частотой 1,8... 2,2 ГГц) и Athlon (в версиях с тактовой частотой 2,0... 2,6 ГГц). Первым присвоена дополнительная маркировка — 2xx и 1xx, вторым — X2 (например, Athlon 64 X2 4200).

В начале 2006 г. AMD объявила о выпуске новых высокопроизводительных модификаций серверных двухъядерных процессоров Opteron: Model 885, Model 285, Model 185. В середине 2006 г. фирма AMD выпустила на рынок двухъядерные процессоры Athlon 64X2: 4000+, 4400, 4600 и 4800+, с пониженным уровнем потребляемой энергии — 65 Вт.

В конце 2007 г. AMD выпустила линейку четырехъядерных процессоров Quad-Core AMD Opteron, ранее известных под кодовым названием Barcelona. Opteron — первый настоящий четырехъядерный x86-микропроцессор — отличается эффективной архитектурой, построенной с использованием некоторых новаторских решений в области энергосбережения и с улучшенной поддержкой виртуализации, реализованной за счет архитектуры на аппаратном уровне. Процессоры Quad-Core AMD Opteron имеют значения средней мощности процессора (Average CPU Power, ACP), равные 55 и 75 Вт. По производительности новые процессоры на 50 % превосходят своих двухъядерных предшественников — процессоры Dual-Core AMD Opteron. Линейка Quad-Core AMD Opteron состоит из девяти процессоров. Все модели имеют одинаковые объемы кэш-памяти: L1 — 64/64 Кбайт (команды/данные); L2 — 512 Кбайт на ядро; L3 — 2 Мбайт. Встроенный контроллер памяти имеет 128-разрядную шину данных. К концу 2008 г. более 70 % продукции на базе Opteron

оснащено четырехядерными моделями, изготавливаемыми по технологии 0,065 мкм.

В основе конструкции первых наиболее производительных двухъядерных процессоров компании Intel (например, Intel Pentium Extreme Edition 840) лежало использование двух процессоров Prescott (по технологии 0,09 мкм), снабженных согласующей их работу логикой. Все двухъядерные Pentium 4 получили наименование Pentium D и номера восьмисотой, а также девятисотой серий (Pentium D 8xx и 9xx). В 2005 г. компания Intel выпустила линейку процессоров на базе двухъядерных Xeon, изготовленных по технологии 0,065...0,090 мкм с тактовой частотой, достигающей 3,73 ГГц и предназначенных для высокопроизводительных серверов и рабочих станций. В 2006 г. корпорация Intel предложила разработку новой микроархитектуры высокопроизводительных двухъядерных процессоров — Intel Core (по технологии 0,065 мкм) с тактовой частотой до 2,33 ГГц, позволяющей широко использовать возможности мультимедийных приложений. В конце 2006 г. Intel начала выпуск на основе этой архитектуры трех процессоров: Merom (для ноутбуков), Conroe (для настольных систем, рабочих станций и однопроцессорных серверов) и Woodcrest (для двухпроцессорных серверов).

Активно ведутся работы по увеличению числа ядер на одном кристалле. Первым примером реализации одного из вариантов многоядерных технологий является разработка компании SAN Microsystems — восьмиядерный многопоточный (обрабатывающий четыре потока каждым ядром) микропроцессор UltraSPARC T1 (кодовое название — Niagara). Данный микропроцессор обеспечивает значительное увеличение производительности серверов при весьма низком энергопотреблении (менее 70 Вт). Intel планировала в 2008 г. выпустить на основе архитектуры Intel Core четырехъядерные процессоры Kentsfield (для настольных систем, рабочих станций и однопроцессорных серверов), Clovertown (для двухпроцессорных серверов) и Tigerton (для многопроцессорных систем) по технологии 0,065 мкм. В 2007 г. были представлены новые четырехъядерные процессоры корпорации Intel Core 2 Quad 06600 (работают на тактовой частоте 2,4 ГГц; кэш второго уровня — 8 Мбайт; шина FSB 1 066 МГц). Intel выполняет исследования и опытные разработки, связанные с существенным увеличением количества процессоров на одном чипе. Уже создана экспериментальная микросхема — TRC (*Tera Research Chip*), представляющая собой 80-ядерный чип площадью 275 мм<sup>2</sup>, потребляющий всего 62 Вт энергии. При тактовой частоте 3,16 ГГц его вычислительная мощность

составляет 1,01 Tflops ( $1 \cdot 10^{12}$  — триллион операций с плавающей запятой в секунду).

Помимо корпораций Intel и AMD многоядерные процессоры предлагает Sun Microsystems, в частности восьмиядерный UltraSPARC T1, который сможет одновременно выполнять 32 различные задачи, поскольку каждое ядро способно обрабатывать четыре программные цепочки, при этом потребляет мощность около 70 Вт.

Для обеспечения эффективной работы процессора ему необходима эффективная система охлаждения, поскольку тепловыделение может составлять 80 Вт и более. Процессор с тактовой частотой выше 1 000 МГц немедленно выходит из строя, если на его корпусе не укреплен соответствующий радиатор.

Охлаждение процессоров производится с использованием целого ряда технических решений, среди которых превалирует воздушное. Воздушное охлаждение реализуется кулером, который представляет собой радиатор, охлаждаемый закрепленным на нем высокооборотным вентилятором. Наиболее эффективны медные радиаторы, которые рассеивают тепло эффективнее алюминиевых на 20...30 %.

Для обеспечения хорошего контакта между радиатором и поверхностью процессора используют теплопроводящие пасты, которые имеют свойство при повышении температуры процессора переходить в жидкое состояние, равномерно покрывая пластину процессора.

Водяное охлаждение и охлаждение с использованием элементов Пельтье в системе охлаждения процессора используют достаточно редко.

## 2.7. ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ

*Оперативная память, или оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), предназначено для приема, хранения и выдачи информации и представляет собой самую быстродействующую запоминающую систему компьютера. Оперативная память обозначается RAM (Random Access Memory — память с произвольным доступом). Процессор имеет возможность выполнять программы только после того, как они загружены в оперативную рабочую память, т.е. в память, доступную для программ пользователя. CPU имеет непосредственный доступ к данным, находящимся в оперативной памяти, а к внешней памяти (на гибких или жестких дисках) — через буфер, являющийся также разновидностью оперативной памяти.*

Работа программ, загруженных с внешнего носителя, возможна только после того, как она будет скопирована в RAM.

Однако оперативная память имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что она временная, т. е. при отключении питания оперативная память полностью очищается. При этом данные, не записанные на внешний носитель, будут утеряны. Основная задача RAM — предоставлять необходимую информацию в виде двоичных кодов по запросам CPU, т. е. данные в любой момент должны быть доступны для обработки. Оперативная память относится к категории *динамической памяти*: ее содержимое остается неизменным в течение короткого промежутка времени, что требует периодического обновления памяти.

Конструктивно оперативная память выполняется в виде модулей микросхем, что позволяет дополнять объем оперативной памяти, которая используется не только в ПК, но и в самых разных периферийных устройствах — от видеокарт до лазерных принтеров. Микросхемы оперативной памяти в этом случае могут принадлежать к разным модификациям, но все они относятся к типу динамической оперативной памяти (DRAM).

### 2.7.1. Характеристики микросхем памяти

Основными характеристиками микросхем памяти различных типов являются:

- объем;
- разрядность;
- быстродействие;
- временная диаграмма (циклограмма).

*Разрядность шины* ввода-вывода микросхемы определяется числом ее линий ввода-вывода.

*Общий объем микросхемы памяти* определяется произведением глубины адресного пространства на количество линий ввода-вывода (разрядов). Глубиной адресного пространства микросхемы памяти называется количество битов информации, которое хранится в ячейках памяти. В частности, емкость микросхемы памяти, имеющей глубину адресного пространства 1 Мбайт и четыре линии ввода-вывода (четырёхразрядную шину ввода-вывода), составляет  $1 \text{ Мбит} \times 4 = 4 \text{ Мбит}$ . Такая микросхема обозначается 1x4, 1Mx4, xx4400 либо xx4401.

*Быстродействие микросхемы динамической памяти* определяется суммой времени последовательного выполнения элементарных

действий между двумя операциями чтения либо записи данных — рабочим циклом (или циклом обращения). Он включает четыре последовательные операции считывания данных: выбор строки (RAS); выбор столбца (CAS), чтение или запись. Время, необходимое для чтения или записи данных, хранящихся по случайному адресу, называется временем доступа (*Access time*).

*Временная диаграмма* характеризует число тактов, которые необходимы CPU для выполнения четырех последовательных операций считывания данных. Между CPU и элементами памяти недопустимо временное рассогласование, обусловленное различным быстродействием этих компонентов.

Как правило, на материнскую плату устанавливаются не отдельные микросхемы памяти, а модули памяти: *SIMM-модули* и *DIMM-модули*. Модули представляют собой микросхемы, объединенные на специальных печатных платах вместе с некоторыми дополнительными элементами. Разрядность модулей памяти определяется разрядностью микросхем памяти, установленных на плате: 72-контактные SIMM-модули — 32-разрядные, а 168-контактные DIMM-модули — 64-разрядные.

72-контактные SIMM-модули необходимо устанавливать только парами, поскольку каждый представляет собой половину стандартного банка памяти. 168-контактные DIMM-модули можно устанавливать по одному, причем каждый из них может вмещать до 512 Мбайт оперативной памяти. Практика показывает, что через каждые два года требования к объему оперативной памяти удваиваются.

*RIMM-модуль* — высокоскоростной модуль оперативной памяти, разработанный компанией Rambus совместно с Intel. Отличается от DIMM-модуля тем, что имеет 184 контакта и металлический экран, обеспечивающий защиту от наводок и взаимного влияния высокочастотных модулей.

## 2.7.2. Распространенные типы памяти

Всю память с произвольным доступом (RAM) можно подразделить на два типа: DRAM (динамическая RAM) и SRAM (статическая RAM).

*Динамическая память* используется в качестве оперативной памяти общего назначения и как память для видеоадаптера.

К первому поколению высокоскоростных DRAM главным образом относятся FRM DRAM, EDO DRAM, SDRAM и RDRAM, а к сле-

дующему — ESDRAM, DDR SDRAM, Direct RDRAM, SDRAM (ранее SynchLink DRAM) и т. д.

*FPM DRAM* — широко распространенный стандартный тип памяти, появившийся в моделях ПК с CPU 80486 и позволивший обеспечить время доступа 60 или 70 нс.

*EDO DRAM* — основной тип памяти процессоров Pentium. Память этого типа работает на частоте системной шины не более 66 МГц со временем доступа от 50 до 70 нс. Модули EDO используются в основном для модернизации встроенной памяти на некоторых моделях внешних устройств (например, лазерных принтеров).

*SDRAM* — синхронная динамическая память отличается тем, что большинство обращений к памяти является последовательным. SDRAM-модули устанавливаются в ПК с процессором Pentium III, обеспечивают высокое быстродействие за счет снижения времени доступа до 7...9 нс. Пропускная способность SDRAM-модулей составляет от 246 до 1 000 Мбайт/с. Они поддерживают частоту до 150 МГц.

*SDRAM PC100* — память удовлетворяет специальному стандарту PC100, устойчиво работает на внешних частотах свыше 100 МГц и имеет время доступа не более 8 нс.

*SDRAM PC133* — память в соответствии со стандартом PC133 имеет частоту порядка 133 МГц, обладает пиковой пропускной способностью до 1 Гбайт/с при средней 250 Мбайт/с. Данный тип памяти используется в ПК класса Celeron 300 и выше.

*RDRAM*, или Rambus DRAM, разработана компанией Rambus Inc, обеспечивающая время доступа 4 нс, скорость передачи данных до 6 Гбайт/с и поддерживающая рабочую частоту шины до 800 МГц. Модификации памяти RDRAM используются в основном в высокоскоростных серверах и рабочих станциях.

*DDR SDRAM* — усовершенствованный вариант SDRAM-модулей, разработанный корпорацией Samsung и обеспечивающий пропускную способность 2,5 Гбайт/с при времени доступа 5...6 нс и рабочей частоте шины 600...700 МГц. Особенности архитектуры позволяют DDR SDRAM обрабатывать за такт вдвое больше данных, чем обычная SDRAM. Дальнейшее развитие этой технологии в микросхемах DDR2 SDRAM позволяет за один тактовый импульс передавать четыре порции данных, причем увеличение производительности происходит за счет оптимизации процесса адресации и чтения-записи ячеек памяти при неизменной тактовой частоте работы запоминающей матрицы. Это приводит к увеличению производительности ПК всего на десятки процентов. Принципы работы SDRAM различных поколений показаны на рис. 2.15.

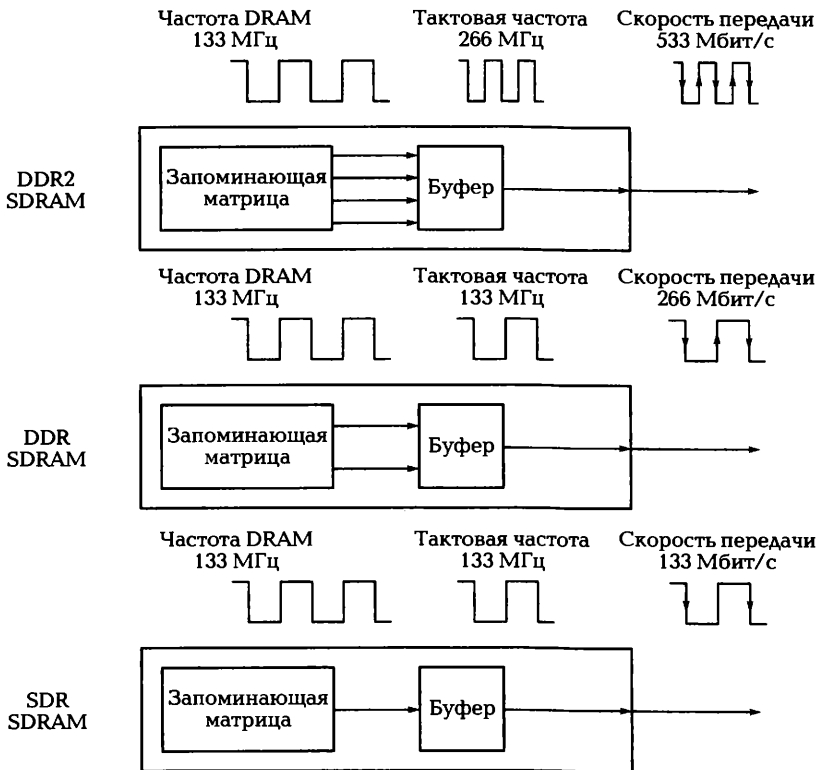


Рис. 2.15. Принципы работы SDRAM различных поколений

*SLDRAM* — стандарт модулей памяти, вышедший на компьютерный рынок в 1999 г. и поддерживаемый фирмами Apple, Hewlett-Packard и IBM. Пропускная способность *SLDRAM* достигает 3,2 Гбайт/с. Дальнейшее увеличение пропускной способности разработчики планируют за счет повышения тактовой частоты системной шины до 800 МГц.

*VCM* — (Virtual Channel Memory) — технология разработки Samsung и NEC использует архитектуру виртуального канала, позволяющую более гибко и эффективно передавать данные с использованием каналов регистра на чипе. Данная архитектура интегрирована в *SDRAM*. *VCM* помимо высокой скорости передачи данных совместима с существующими *SDRAM*. Это решение позволяет достичь прироста производительности системы до 25%. Работает *VCM SDRAM* при частоте до 143 МГц.

*Статическая память* обычно применяется в качестве кэш-памяти второго уровня. По способу доступа к данным может быть асинхронной и синхронной.

Асинхронным называется доступ к памяти, который может быть осуществлен в произвольный момент времени. Асинхронная SRAM применялась на материнских платах третьего-пятого поколения процессоров. Время доступа к ячейкам этой памяти составляло от 15 до 8 нс.

*Async SRAM* — асинхронная статическая память получила распространение как кэш-память второго уровня с начала производства ПК 386. Обращение к ней производится быстрее, чем к DRAM. В зависимости от скорости CPU могут применяться варианты с доступом в 20, 15, 10 нс.

Синхронная память обеспечивает доступ к памяти синхронно с тактовыми импульсами. В промежутках она готовит для доступа следующую порцию данных. Пакетно-конвейерная SRAM как разновидность синхронной памяти используется в материнских платах пятого поколения.

*Sync Burst SRAM* — синхронная пакетная статическая память является наиболее быстрой из видов памяти при частотах шины не выше 66 МГц. Она характеризуется временем адрес/данные 8,5... 12 нс. Производится ограниченным числом компаний.

*PB SRAM* — конвейерная пакетная статическая память является наиболее быстрой кэш-памятью для систем с производительностью шины более 75 МГц и может работать при частоте шины до 133 МГц. Время адрес/данные составляет от 4,5 до 8 нс.

Лидерами по продажам высококачественных модулей памяти на российском рынке являются Kingstone, Micron, Samsung, Hynix, Elpida.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какие устройства обеспечивают минимальный состав ПК?
2. Дайте классификацию и назначение различных видов памяти.
4. Что входит в состав основных компонентов материнской платы ПК?
5. Каково назначение шин ПК?
6. Перечислите основные характеристики шин ПК.
7. В чем отличие шины и порта ПК?
8. Какие параметры характеризуют производительность процессора?
9. Перечислите основные характеристики микросхем памяти.

# НАКОПИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ

### 3.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

История развития вычислительной техники неразрывно связана с совершенствованием устройств хранения информации (накопителей информации), так как характеристики именно этих устройств в значительной мере определяют характеристики компьютеров.

*Накопитель информации* — устройство записи, воспроизведения и хранения информации, а *носитель информации* — это предмет, на который производится запись информации (диск, лента, твердотельный носитель).

Накопители информации могут быть классифицированы по следующим признакам:

- способу хранения информации — магнитоэлектрические, оптические, магнитооптические;
- виду носителя информации — накопители на гибких и жестких магнитных дисках, оптических и магнитооптических дисках, магнитной ленте, твердотельные элементы памяти;
- способу организации доступа к информации — накопители прямого, последовательного и блочного доступа;
- типу устройства хранения информации — встраиваемые (внутренние), внешние, автономные, мобильные (носимые) и др.

Значительная часть накопителей информации, используемых в настоящее время, создана на базе магнитных носителей.

Физические основы процессов записи и воспроизведения информации на магнитных носителях заложены в работах физиков

М. Фарадея (1791 — 1867) и Д. К. Максвелла (1831 — 1879). В магнитных носителях информации цифровая запись производится на магниточувствительный материал. К таким материалам относятся некоторые разновидности оксидов железа, никель, кобальт и его соединения, сплавы, а также магнитопласты и магнитоэласты со связкой из пластмасс и резины, микророшковые магнитные материалы.

Магнитное покрытие имеет толщину в несколько микрон. Покрытие наносится на немагнитную основу, в качестве которой для магнитных лент и гибких дисков используются различные пластмассы, а для жестких дисков — алюминиевые сплавы и композиционные материалы подложки. Магнитное покрытие диска имеет доменную структуру, т. е. состоит из множества намагниченных мельчайших частиц. Магнитный домен (от лат. *dominium* — владение) — это микроскопическая, однородно намагниченная область в ферромагнитных образцах, отделенная от соседних областей тонкими переходными слоями (домёнными границами). Под воздействием внешнего магнитного поля собственные магнитные поля доменов ориентируются в соответствии с направлением магнитных силовых линий. После прекращения воздействия внешнего поля на поверхности домена образуются зоны остаточной намагниченности. Благодаря этому свойству на магнитном носителе сохраняется информация о действовавшем магнитном поле. При записи информации внешнее магнитное поле создается с помощью магнитной головки. В процессе считывания информации зоны остаточной намагниченности, оказавшись напротив магнитной головки, наводят в ней при считывании электродвижущую силу (ЭДС). Схема записи и чтения с магнитного диска дана на рис. 3.1. Изменение направления ЭДС в течение некоторого промежутка времени отождествляется с двоичной единицей, а отсутствие этого изменения — с нулем. Указанный промежуток времени называется битовым элементом.

Поверхность магнитного носителя рассматривается как последовательность точечных позиций, каждая из которых ассоциируется с битом информации. Поскольку расположение этих позиций определяется неточно, для записи требуются заранее нанесенные метки, которые помогают находить необходимые позиции записи. Для нанесения таких синхронизирующих меток должно быть произведено разбиение диска на дорожки и секторы — форматирование.

Организация быстрого доступа к информации на диске является важным этапом хранения данных. Оперативный доступ к любой

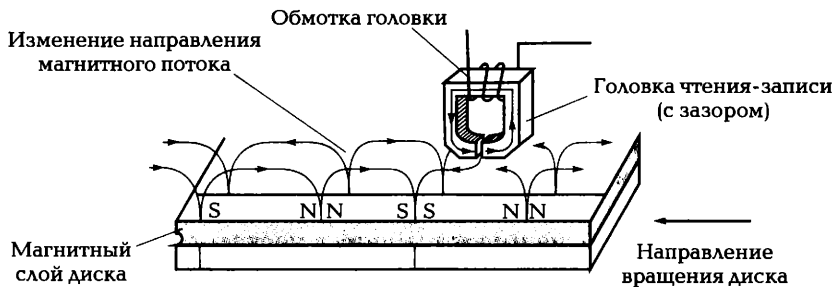


Рис. 3.1. Запись и чтение данных с магнитного диска

части поверхности диска обеспечивается, во-первых, за счет придания ему быстрого вращения и, во-вторых, путем перемещения магнитной головки чтения-записи по радиусу диска. Гибкий диск вращается со скоростью 300 ... 360 об/мин, а жесткий диск — 3 600 ... 7 200 об/мин.

## 3.2. НАКОПИТЕЛИ НА ГИБКИХ ДИСКАХ

Накопители на гибких дисках относятся к устройствам длительного хранения информации. Первый гибкий магнитный диск (ГМД) был создан в 1971 г. в лаборатории фирмы IBM, возглавляемой А. Шугартом, и имел диаметр 8". С 1975 г. начался серийный выпуск дисководов формата 5,25", а в 1981 г. стали стандартом диски диаметром 3,5". В 1986 г. фирма IBM начала выпуск гибких магнитных дисков (дискет) 3,5" емкостью 720 Кбайт, а в 1987 г. многие фирмы-производители начали выпуск ГМД 3,5" емкостью 1,44 Мбайт. Фирма Toshiba в 1989 г. разработала новые диски емкостью 2,88 Мбайт. Для записи и считывания информации с ГМД используются периферийные устройства ПК — *дискководы (Floppy Disk Drive — FDD)*.

Конструктивно дискковод состоит из механических и электронных узлов: рабочего двигателя, рабочей головки, шагового двигателя и управляющей электроники.

Рабочий двигатель включается тогда, когда в дискковод вставлена дискета. Двигатель обеспечивает постоянную скорость вращения дискеты: для дисковода 3,5" — 300 об/мин. Время запуска двигателя — около 400 мс.

Рабочие головки служат для чтения и записи информации и располагаются над рабочей поверхностью дискеты. Поскольку

обычно дискеты являются двухсторонними, т. е. имеют две рабочие поверхности, одна головка предназначена для верхней, а другая — для нижней поверхности дискеты.

Шаговые двигатели обеспечивают позиционирование и движение рабочих головок. Именно они издадут характерный звук уже при включении ПК, перемещая головки для проверки работоспособности привода.

Управляющие электронные элементы дисководов 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.

Для дискет размером 3,5" и емкостью 2,88 Мбайт, называемых ED-дискетами (*Extra High Density*), разработан специальный стандарт дисководов, поскольку обычные дисководы не могут работать с такими дискетами. Кроме того, для установки в малогабаритные корпуса выпускаются специальные дисководы (*Slimline-дисководы* 3,5"), которые имеют уменьшенную высоту (19,5 мм) по сравнению с обычными 3,5" FDD (25,4 мм).

В качестве посредника между дисководом и ПК служит контроллер, который, как правило, установлен на материнских платах. Он интегрирован в одну из микросхем Chipset, а на материнской плате имеется специальный разъем для подключения кабелей.

Дискеты (*Floppy Disk Driver*, сокращенно *Floppy*) размером 3,5" являются носителями информации для приводов FDD.

На рис. 3.2 показано устройство дискеты 3,5". Внутри футляра (корпуса) находится пластмассовый диск с нанесенным на него магнитным слоем — магнитный диск. На всех футлярах имеется вырез, защищенный легко перемещаемой шторкой для защиты диска от механических повреждений. После установки дискеты в дисковод шторка автоматически сдвигается и предоставляет доступ к диску для головок чтения-записи. Поскольку сам диск постоянно вращается внутри футляра, головки «просматривают» всю область дискеты, находясь при этом в постоянном контакте с ее поверхностью. Дискета снабжена отверстием со скользящей пластиковой задвижкой. Если задвижка не закрывает отверстие, то дискета защищена от записи. Пока в компьютерах еще применяются накопители на дискетах 3,5" емкостью 1,44 Мбайт — стандарт HD (*High Density*). Емкость дисков 3,5" стандарта ED со сверхвысокой плотностью записи достигает 2,88 Мбайт.

Магнитные диски называются носителями информации с прямым доступом, так как вследствие вращения диска с высокой ско-

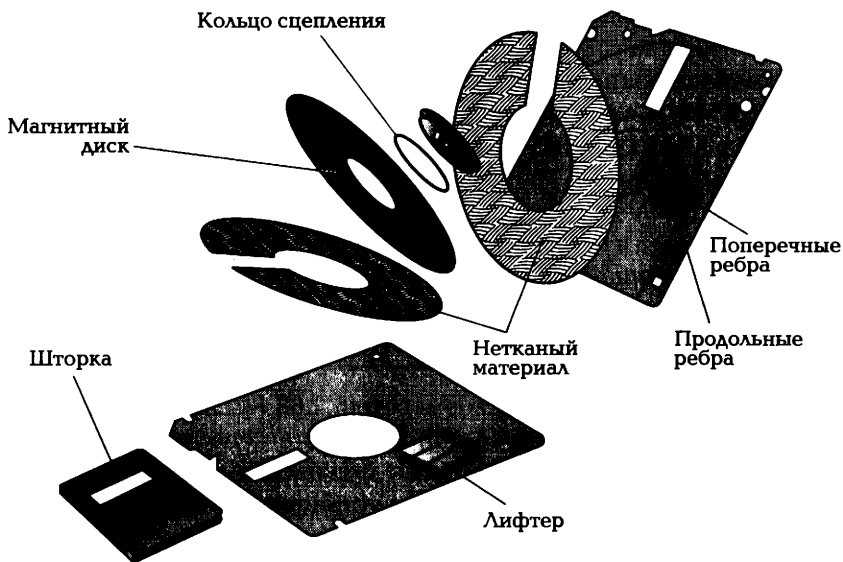


Рис. 3.2. Конструкция дискеты размером 3,5"

ростью имеется возможность перемещать под головки чтения-записи любую его часть. Таким образом, можно непосредственно обратиться к любой части записанных данных. Этому способствует специальная организация дисковой памяти, в соответствии с которой информационное пространство диска форматируется, т. е. разбивается на определенные участки: дорожки и секторы.

Дорожкой записи (*Track*) называется каждое из концентрических колец диска, на котором записаны данные. Поверхность диска разбивается на дорожки, начиная с внешнего края, число дорожек зависит от типа диска. В гибких магнитных дисках 3,5" емкостью 1,44 Мбайт число дорожек равно 80. Дорожки независимо от количества идентифицируются номером (внешняя дорожка имеет нулевой номер). Число дорожек на стандартном диске определяется плотностью записи, т. е. объемом информации, который можно надежно разместить на единице площади поверхности носителя. Для магнитных дисков определены две разновидности плотности записи — радиальная (поперечная) и линейная (продольная). Поперечная плотность записи измеряется числом дорожек, размещенных на кольце диска шириной 1", а линейная плотность — числом битов данных, которые можно записать на дорожке единичной длины.



Рис. 3.3. Разбиение магнитного диска на дорожки и сектора при форматировании

Каждое кольцо дорожки разбивается на участки, называемые секторами. Например, гибкий диск 3,5" может иметь на дорожке 18 секторов (емкость диска 1,44 Мбайт) или 36 секторов (емкость диска 2,88 Мбайт). Размер дорожки секторов различных дисков может составлять от 128 до 1 024 байт, но в качестве стандарта принят размер сектора 512 байт. На рис. 3.3 показано разбиение магнитных дисков на дорожки и сектора. Секторам на дорожке присваиваются номера, начиная с нуля. Сектор с нулевым номером на каждой дорожке резервируется для идентификации записываемой информации, но не для хранения данных.

Емкость дискеты вычисляется по следующей формуле:

$$\text{емкость дискеты} = \text{число сторон} \times \text{число дорожек на стороне} \times \text{число секторов на дорожке} \times \text{число байтов в секторе}$$

В настоящее время ГМД размером 3,5" активно вытесняются другими носителями информации.

### 3.3. НАКОПИТЕЛИ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ

Первый накопитель на жестких дисках (*Hard Disk Drive* — *HDD*) был создан в 1973 г. по технологии фирмы IBM и имел кодовое обозначение «30/30» (двухсторонний диск емкостью 30 + 30 Мбайт), которое совпало с названием известного охотничьего ружья «винчестер», использовавшегося при завоевании Дикого Запада. По

этой причине накопители на жестких дисках получили название «винчестер». В 1979 г. Ф. Коннер и А. Шугарт организовали производство первых жестких пятидюймовых дисков емкостью 6 Мбайт.

По сравнению с дискетами HDD обладают такими преимуществами: значительно бóльшая емкость (чтобы сохранить данные объемом 420 Мбайт, требуется один HDD или около 290 дискет 3,5" HD) и время доступа для HDD. Оно на порядок меньше, чем для приводов дискет.

### 3.3.1. Конструкция и принцип действия

Несмотря на большое разнообразие моделей винчестеров принцип их действия и основные конструктивные элементы одинаковы. На рис. 3.4 показаны основные элементы конструкции накопителя на жестком диске.

Типовой накопитель состоит из герметичного корпуса (гермоблока) и платы электронного блока. В гермоблоке размещены все механические части, на плате — вся управляющая электроника. Внутри гермоблока установлен шпиндель с одним или несколькими магнитными дисками, между которыми расположены головки

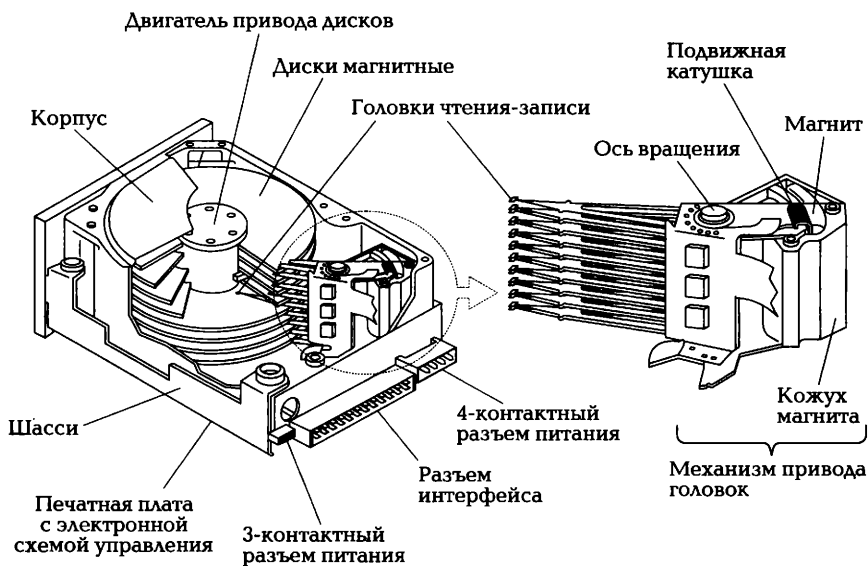


Рис. 3.4. Основные элементы конструкции накопителя на жестких дисках

чтения-записи. Под ними расположен двигатель. Ближе к разъемам, с левой или правой стороны от шпинделя, находится поворотный позиционер магнитных головок. Позиционер соединен с печатной платой гибким ленточным кабелем (иногда одножильными проводами).

Гермоблок заполняется воздухом под давлением в одну атмосферу. В крышках гермоблоков имеется специальное отверстие, заклеенное фильтрующей пленкой, которое служит для поглощения пыли. Габаритные размеры винчестеров стандартизованы по параметру, называемому ф о р м ф а к т о р о м (*Form-Factor*).

Подложки магнитных дисков в первых винчестеров изготавливались из алюминиевого сплава с добавлением магния. В настоящее время в качестве основного материала для дисковых пластин используется композиционный материал из стекла и керамики с малым температурным коэффициентом расширения, что делает их менее восприимчивыми к изменениям температуры, более прочными. Магнитные диски выпускаются следующих размеров: 0,85"; 1,0"; 2,5"; 1,8"; 3,5"; 5,25".

Диски покрываются магнитным веществом — рабочим слоем. Он может быть либо оксидный, либо на основе тонких пленок.

Оксидный рабочий слой представляет собой полимерное покрытие с наполнителем из оксида железа. Диски с таким рабочим слоем отличаются простым и недорогим процессом изготовления. Однако требуемое качество рабочей поверхности для накопителей большой емкости в рамках такой технологии оказалось получить невозможно. На смену пришла тонкопленочная технология.

Рабочий слой на основе тонких пленок имеет меньшую толщину и более прочен; качество его поверхности гораздо выше. Тонкопленочная технология легла в основу производства накопителей нового поколения, в которых удалось уменьшить зазор между головками и поверхностями дисков до 0,05...0,08 мкм и, следовательно, повысить плотность записи данных.

Головки чтения-записи предусмотрены для каждой стороны диска. Когда накопитель выключен, головки касаются диска. При раскручивании дисков возрастает аэродинамическое давление воздуха на головки, что приводит к их отрыву от рабочих поверхностей дисков. Чем ближе располагается головка к поверхности диска, тем выше амплитуда воспроизводимого сигнала.

До середины 1980-х гг. в накопителях на жестких дисках использовались ферритовые головки. На смену им пришли MIG-головки (*MIG — Metall in Gap*) — головки с металлом в зазоре, что позволило использовать носители с рабочим слоем на основе тон-

ких пленок. Все возрастающие требования к емкости жестких дисков привели к появлению тонкопленочных головок (*TF — Thin Film*). Формируемые с помощью этих головок на рабочей поверхности диска участки остаточной намагниченности имеют четкие границы, что приводит к высокой плотности записи данных. В результате дальнейшего совершенствования конструкции и характеристик тонкопленочных головок появились магниторезистивные (*Magneto-Resistive — MR*) головки, которые в настоящее время используются в большинстве накопителей на жестких дисках 3,5", емкость которых может достигать 1 Тбайт. Эксперты полагают, что к 2010 г. емкость накопителей на жестких дисках достигнет 5 Тбайт.

Механизм привода головок обеспечивает перемещение головок от центра дисков к краям и фактически определяет надежность накопителя, его температурную стабильность и вибрационную устойчивость. Все существующие механизмы привода головок подразделяются на два основных типа: с шаговым двигателем и подвижной катушкой.

У накопителей с приводом на шаговом двигателе среднее время доступа к данным значительно больше, чем у накопителей с приводом на подвижной катушке. По этой причине привод с шаговым двигателем нашел основное применение в дисководов для гибких магнитных дисков и в накопителях на жестких дисках небольшой емкости. В отличие от систем с шаговыми двигателями в приводе с подвижной катушкой используется электронная обратная связь для точного определения местоположения головок и коррекции его относительно дорожек. В результате механизм оказывается быстродействующим и не столь шумным, как привод с шаговым двигателем.

Диски имеют функцию автоматической парковки, т.е. при включении и выключении ПК головки устанавливаются по мере необходимости на определенный, чаще всего последний цилиндр. При парковке головки автоматически блокируются, и их дальнейшая работа невозможна.

Двигатель привода дисков приводит пакет дисков во вращение, скорость которого в зависимости от модели находится в пределах 3 600... 10 000 об/мин, достигая 15 000 об/мин в отдельных моделях. Жесткий диск вращается непрерывно даже тогда, когда не происходит обращения к нему, поэтому винчестер должен быть установлен только вертикально или горизонтально.

Печатная плата с электронной схемой управления и прочие узлы накопителя (лицевая панель, элементы кон-

фигурации и монтажные детали) являются съёмными. На печатной плате монтируются электронные схемы управления двигателем и приводом головок, схема для обмена данными с контроллером. Иногда контроллер устанавливается непосредственно на этой плате.

Для винчестеров со скоростью вращения до 5 000... 7 000 об/мин принудительного охлаждения не требуется. Однако для повышения надежности работы используют дополнительный вентилятор, обеспечивающий охлаждение платы контроллера и гермоблок.

### 3.3.2. Основные характеристики

Основными характеристиками накопителей на жестких дисках, которые следует принимать во внимание при выборе устройства, являются емкость, быстродействие и время безотказной работы.

*Емкость винчестера* определяется максимальным объемом данных, которые можно записать на носитель. Реальная величина емкости винчестера достигает терабайтов. Если просчитать емкость установленного в ПК винчестера, то можно заметить, что она не совпадает с паспортными данными. В паспорте указывается два варианта объема: первый относится к неформатированному дисковому пространству, а второй — к форматированному. Например, на винчестер объемом 80 Гбайт можно записать только 76,69 Гбайт пользовательских данных (файловая система FAT), а все остальное — для служебных нужд.

Кроме того, в рекламных целях для единиц измерения дискового пространства используется несколько иное соотношение величин. Производители и продавцы указывают объем винчестеров в десятичной систем счисления, когда 1 000 Мбайт считается равным 1 Гбайт, в то время как корректна двоичная система, в которой 1 Кбайт — 1 024 байта.

Прогресс в области создания и производства накопителей на жестких дисках приводит к тому, что ежегодно плотность записи (и соответственно емкость) увеличивается примерно на 60 %.

*Среднее время поиска (average seek time)* — усредненное время, которое необходимо для установки головок на случайно заданную дорожку диска. Среднее время поиска имеет тенденцию уменьшаться с увеличением емкости накопителя, так как повышается плотность записи и увеличивается число поверхностей. В середине 2008 г. среднее время поиска винчестеров составляло 3... 12 мс.

*Время поиска (seek time)* — время, которое необходимо для установки головок в нужную позицию (на дорожку, где будут производиться операции чтения-записи данных).

Скорость передачи данных (*Maximum Data Transfer Rate — MDTR*) зависит от таких характеристик винчестера, как число байтов в секторе, число секторов на дорожке, скорость вращения дисков, и может быть рассчитана по формуле:

$$MDTR = SRT \cdot 512 \cdot RPM / 60 \text{ (байт/с)},$$

где SRT — число секторов на дорожке; RPM — скорость вращения дисков, об/мин; 512 — число байтов в секторе.

Внутренняя скорость передачи данных от головки до встроенного дискового буфера некоторых накопителей Samsung с интерфейсом SATS II превышает тысячу мегабитов в секунду.

Время безотказной работы для накопителей определяется расчетным среднестатистическим временем между отказами (*Mean Time Between Failures — MTBF*), характеризующим надежность устройства, указывается в документации и достигает 1,2 млн ч.

Подобно дискетам, жесткий диск делится на дорожки и секторы, как показано на рис. 3.5. Каждая дорожка однозначно определяется номером головки и порядковым номером, отсчитываемым на диске относительно внешнего края. Накопитель содержит несколько дисков, расположенных один над другим; их разбиения идентичны. Поэтому принято рассматривать пакет жестких дисков в виде цилиндров, каждый из которых состоит из аналогичных дорожек на поверхностях каждого диска. Секторы идентифицируются своим порядковым номером относительно начала дорожки. Нумерация секторов на дорожке начинается с единицы, а головок и цилиндров — с нуля.

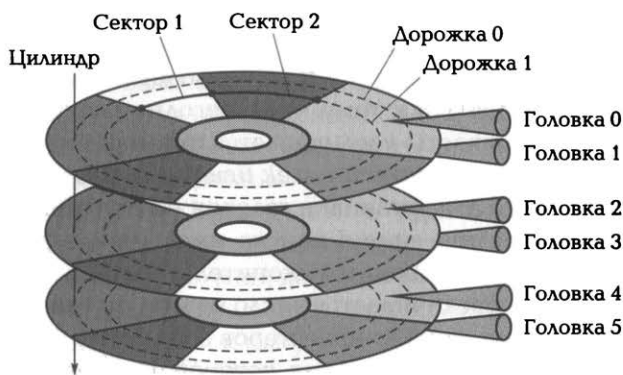


Рис. 3.5. Разбиение жесткого диска на дорожки и секторы

Число секторов может быть от 17 до 150 в зависимости от типа накопителя. Каждый сектор содержит данные и служебную информацию. Обычно объем сектора составляет 512 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 располагается область данных объемом 512 байт (для DOS). Таким образом, запись информации на дорожках осуществляется блоками по 512 байт.

Число дисков, головок и дорожек винчестера изменить невозможно, поскольку они определяются изготовителем в соответствии с заданными свойствами и качеством дисков. Число секторов на диске зависит от метода записи, а плотность — от носителя: чем выше качество материала диска, тем плотнее могут быть записаны на нем данные. Винчестеры содержат до 150 секторов на дорожке.

Общий объем памяти HDD рассчитывается по формуле

$$V = C \cdot H \cdot S \cdot 512 \text{ (байт)},$$

где  $C$  — число цилиндров;  $H$  — число головок;  $S$  — число секторов.

Форматирование винчестера подобно форматированию дискеты. При этом нужно принимать во внимание, что в процессе форматирования все данные на винчестере теряются, поэтому при реформатировании винчестера следует сохранить необходимые данные на другом носителе.

Ведущими производителями винчестеров на мировом рынке являются Western Digital Corporation, Maxtor, Samsung, Seagate Nechnology, Toshiba, Hitachi. Дальнейшее совершенствование характеристик жестких магнитных дисков производители видят в использовании новых технологий, в том числе и нанотехнологий.

### 3.3.3. Интерфейсы жестких дисков

*Интерфейс* — коммуникационное устройство (или протокол обмена), позволяющее одному устройству взаимодействовать с другим и устанавливать соответствие между выходами одного устройства и входами другого. Основная функция интерфейса HDD — передача данных из вычислителя ПК в накопитель и обратно. Разработано несколько основных типов интерфейсов: ESDI, IDE, SCSI, SATA. Распространенный в конце 1980-х гг. интерфейс ESDI не отвечает требованиям современных систем по быстродействию,

кроме того, его различные исполнения часто бывают несовместимы. В связи с этим ему на смену пришли интерфейсы: IDE, обладающий повышенным быстродействием; SCSI, имеющий большие возможности для расширения системы за счет подключения разнообразных устройств, а также более современный — SATA.

IDE и SCSI — интерфейсы, в которых контроллер выполнен в виде микросхем, установленных на плате накопителя.

IDE (он же ATA-BUS, ATA и его модернизации Ultra ATA с различными тактовыми частотами) — 16-разрядный параллельный интерфейс, который применяется в основном для подключения винчестера к ПК. Согласно спецификации IDE на системной плате устанавливается контроллер IDE — интерфейс с двумя одинаковыми каналами, к каждому из которых можно подключить до двух устройств. Таким образом, в ПК может одновременно работать до четырех винчестеров (или других устройств с IDE-интерфейсом). Для увеличения числа подключаемых IDE-устройств можно использовать дополнительные платы IDE-контроллеров. До скорости передачи в 33 Мбайт/с для IDE-интерфейса применяют 40-жильный плоский кабель. Для интерфейса IDE используют кабель с 40-контактными разъемами. Практически всегда на нем три разъема: один для подключения к системной плате, а два — для IDE-устройств.

В интерфейсе SCSI между контроллером и системной шиной введен еще один уровень организации данных и управления, а интерфейс IDE взаимодействует с системной шиной непосредственно. Интерфейс SCSI применяется в основном в серверах, поскольку является достаточно дорогим. Его применение эффективно в многозадачных операционных системах, когда необходимо одновременно выполнять несколько приложений или при массовых запросах к данным на устройствах хранения.

SATA (Serial ATA) — последовательный интерфейс, переход на который вызван проблемами с синхронизацией параллельных сигналов интерфейса, так как простейший протокол обмена через интерфейс IDE не обеспечивает надежную передачу данных на высоких тактовых частотах. Благодаря интерфейсу SATA обеспечивается согласование производительности и разрядности шины PCI и накопителей на жестких магнитных дисках.

Подключение устройств с интерфейсом SATA производится тонким коаксиальным проводом длиной до 1 м, по которому данные передаются в виде отдельных битов с разницей в уровнях напряжения всего 0,5 В. Уменьшение габаритных размеров разъемов интерфейса SATA способствует сокращению габаритных размеров

системных блоков ПК. Пока стандарт SATA еще не достаточно распространен, выпускаются винчестеры, у которых на корпусе дополнительно установлен традиционный разъем.

## 3.4. НАКОПИТЕЛИ НА КОМПАКТ-ДИСКАХ

Для решения широкого круга задач информатизации используются следующие оптические накопители информации:

- CD-ROM (*Compact Disk Read-Only Memory*) — запоминающие устройства только для считывания с них информации;
- CD-WORM (*Write Once Read Many*) или CD-R (*CD-Recordable*) — запоминающие устройства для считывания и однократной записи информации;
- CD-RW (*CD-Re Writable*) — запоминающие устройства для считывания и многократной записи информации;
- MO — магнитооптические накопители, на которые возможна многократная запись.

Принцип действия всех оптических накопителей информации основан на лазерной технологии. Луч лазера используется как для записи на носитель информации, так и для считывания ранее записанных данных, и является, по сути дела, своеобразным носителем информации.

### 3.4.1. CD-ROM носители и приводы

CD-ROM — компакт-диск (CD), предназначенный для хранения в цифровом виде предварительно записанной на него информации и считывания ее с помощью специального устройства, называемого CD-ROM-driver, — дисководом для чтения компакт-дисков.

История создания CD-ROM начинается с 1980 г., когда фирмы Sony и Philips объединили свои усилия по созданию технологии записи и производства компакт-дисков с использованием лазеров. Начиная с 1994 г., дисководы CD-ROM становятся неотъемлемой частью стандартной конфигурации ПК. Носителем информации на CD-диске является рельефная подложка, на которую нанесен тонкий слой отражающего свет материала, как правило, алюминия. Запись информации на компакт-диск представляет собой процесс формирования рельефа на подложке путем «прожигания» мини-

актурных штрихов-питов лазерным лучом. Считывание информации производится за счет регистрации луча лазера, отраженного от рельефа подложки. Отражающий участок поверхности диска дает сигнал «ноль», а сигнал от штриха — «единицу». Хранение данных на CD-дисках, как и на магнитных дисках, организуется в двоичной форме.

Процесс изготовления CD-дисков включает несколько этапов. На первом этапе создается информационный файл для последующей записи на носитель. На втором этапе с помощью луча полупроводникового лазера производится запись информации на носитель, в качестве которого используется стеклопластиковый диск с покрытием из фоторезистивного материала. Информация записывается в виде последовательности расположенных по спирали углублений (штрихов), как показано на рис. 3.6. Глубина каждого штриха-пита (*pit*) равна 0,12 мкм, ширина (в направлении, перпендикулярном плоскости рисунка) — 0,8... 3,0 мкм. Они расположены вдоль спиральной дорожки, расстояние между соседними витками которой составляет 1,6 мкм, что соответствует плотности 16 000 витков/дюйм (625 витков/мм). Длина штрихов вдоль дорожки записи колеблется от 0,83 до 3,1 мкм.

На следующем этапе производится проявление фоторезистивного слоя и металлизация диска. Изготовленный по такой технологии диск называется мастер-диском. Для тиражирования компакт-

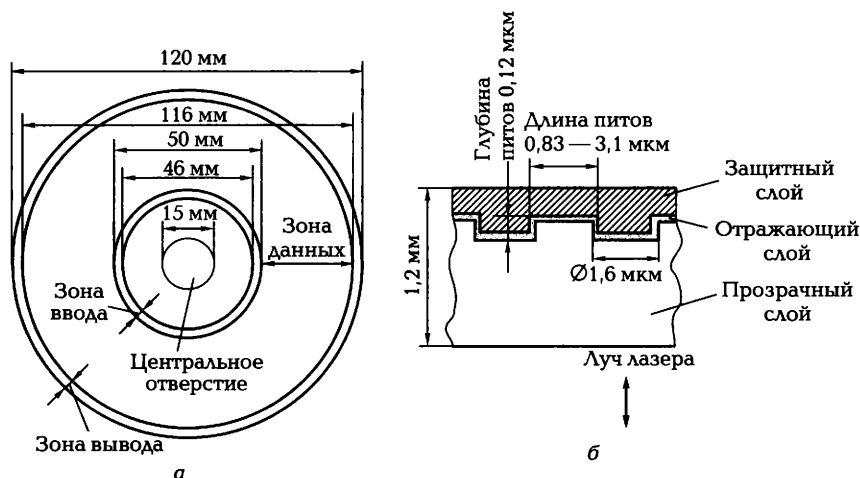


Рис. 3.6. Геометрические характеристики компакт-диска (а) и его поперечное сечение (б)

дисков с мастер-диска методом гальванопластики снимается несколько рабочих копий. Рабочие копии покрываются более прочным металлическим слоем (например, никелем), чем мастер-диск, и могут использоваться в качестве матриц для тиражирования CD-дисков до 10 тыс. шт. с каждой матрицы. Тиражирование осуществляется методом горячей штамповки, после которой информационную сторону основы диска, выполненную из поликарбоната, подвергают вакуумной металлизации слоем алюминия и диск покрывают слоем лака. Диски, выполненные методом горячей штамповки, в соответствии с паспортными данными обеспечивают до 10 000 циклов безошибочного считывания данных. Толщина CD-диска — 1,2 мм, диаметр — 120 мм. Объем данных, располагаемых на стандартном 5-дюймовом диске, содержит 640... 700 Мбайт информации.

Привод CD-ROM содержит следующие основные функциональные узлы:

- загрузочное устройство;
- оптико-механический блок;
- системы управления приводом и автоматического регулирования;
- универсальный декодер и интерфейсный блок.

На рис. 3.7 дана конструкция *оптико-механического блока привода CD-ROM*, который работает следующим образом. Электромеханический привод приводит во вращение диск, помещенный в загрузочное устройство. Оптико-механический блок обеспечивает

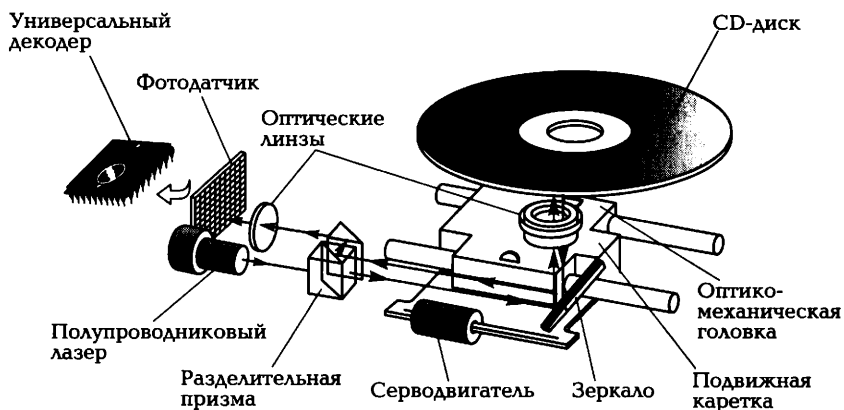


Рис. 3.7. Конструкция оптико-механического блока привода CD-ROM

перемещение оптико-механической головки считывания по радиусу диска и считывание информации. Полупроводниковый лазер генерирует маломощный инфракрасный луч (типичная длина волны 780 нм, мощность излучения 0,2...5,0 мВт), который попадает на разделительную призму, отражается от зеркала и фокусируется линзой на поверхности диска. Серводвигатель по командам, поступающим от встроенного микропроцессора, перемещает подвижную каретку с отражающим зеркалом к нужной дорожке на компакт-диске. Отраженный от диска луч фокусируется линзой, расположенной под диском, отражается от зеркала и попадает на разделительную призму, которая направляет луч на вторую фокусирующую линзу. Далее луч попадает на фотодатчик, преобразующий световую энергию в электрические импульсы. Сигналы с фотодатчика поступают на универсальный декодер.

*Системы автоматического слежения за поверхностью диска и дорожки записи данных* обеспечивают высокую точность считывания информации. Сигнал с фотодатчика в виде последовательности импульсов поступает в усилитель системы автоматического регулирования, где выделяются сигналы ошибок слежения. Эти сигналы поступают в системы автоматического регулирования: фокуса, радиальной подачи, мощности излучения лазера, линейной скорости вращения диска.

*Универсальный декодер* представляет собой процессор для обработки сигналов, считанных с CD. В его состав входят два декодера, оперативное запоминающее устройство и контроллер управления декодером. Применение двойного декодирования дает возможность восстановить потерянную информацию объемом до 500 байт. Оперативное запоминающее устройство выполняет функцию буферной памяти, а контроллер управляет режимами исправления ошибок.

*Интерфейсный блок* состоит из преобразователя цифровых данных в аналоговые сигналы, фильтра нижних частот и интерфейса для связи с компьютером. При воспроизведении аудиоинформации ЦАП преобразует закодированную информацию в аналоговый сигнал, который поступает на усилитель с активным фильтром низких частот и далее на звуковую карту, которая связана с наушниками или акустическими колонками.

При выборе CD-ROM применительно к конкретным задачам необходимо учитывать следующие *эксплуатационные характеристики*.

*Скорость передачи данных (Data Transfer Rate — DTK)* — 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 связана скорость вращения диска, имеющего одну физическую дорожку в форме непрерывной спирали, идущей от наружной стороны диска к внутренней. При этом одна физическая дорожка может быть разбита на несколько логических и каждый из ее 360-градусных фрагментов рассматривается как отдельная дорожка. В отличие от магнитных дисков компакт-диск вращается обычно с переменной скоростью, чтобы обеспечить постоянную линейную скорость при чтении. Чтение внутренних треков осуществляется с увеличенным, а наружных — с уменьшенным числом оборотов. Высокая скорость передачи данных привода CD-ROM необходима, прежде всего, для синхронизации изображения и звука. При недостаточной скорости передачи возможны пропуск кадров видеоизображения и искажение звука.

Однако дальнейшее, свыше кратности 72, повышение скорости считывания приводов CD-ROM нецелесообразно, поскольку при этом не обеспечивается требуемый уровень качества считывания. И, кроме того, появилась более перспективная технология — DVD.

Качество считывания характеризуется коэффициентом ошибок (*Error Rate*) и представляет собой вероятность получения искаженного информационного бита при его считывании. Данный параметр отражает способность устройства CD-ROM корректировать ошибки чтения-записи. Значения этого коэффициента —  $1 \cdot 10^{-10}$ — $1 \cdot 10^{-12}$ .

Среднее время доступа (*Access Time* — *AT*) — это время (в миллисекундах), которое требуется приводу, чтобы найти на носителе нужные данные. По мере совершенствования приводов CD-ROM среднее время доступа уменьшается, но, тем не менее, этот параметр значительно отличается от аналогичного для накопителей на жестких дисках. Например, при (36...60)-кратной скорости привода среднее время доступа порядка 75 мс. В то время как у жестких дисков — единицы миллисекунд. Это 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.

В процессе развития накопителей на оптических дисках разработан целый ряд основных форматов записи информации на CD.

*Format CD-DA (Digital Audio)* — цифровой аудиокомпакт-диск со временем звучания 74 мин.

*Format ISO 9660* — наиболее распространенный стандарт логической организации данных. Компакт-диски, соответствующие тре-

бованиям стандарта ISO 9660, который определяет их логические и файловые форматы, являются совместимыми друг с другом.

*Формат High Sierra (HSG)* обеспечивает чтение данных, записанных на диск в формате ISO 9660, с помощью приводов всех типов, что привело к широкому тиражированию программ на CD и способствовало созданию компакт-дисков, ориентированных на различные операционные системы.

*Формат Photo-CD* предназначен для записи на CD, хранения и воспроизведения статической видеоинформации в виде высококачественных фотоизображений.

*Формат CD-1 (Compact Disk-Interactive)* разработан с целью записи музыки, видео, игр, энциклопедий. Является стандартом записи мультимедийной информации. Устройства для чтения таких дисков могут быть подключены к бытовому телевизору, при этом на диске может быть сохранено до 90 мин видео с текстом, данными, графикой, видео, стереозвуком и анимацией. Воспроизведение аудиокомпакт-дисков возможно на дисководов для CD-1 либо на ПК с применением аппаратного, либо программного декодера MPEG.

Любой диск CD-ROM, содержащий текст и графические данные, аудио- или видеоинформацию, относится к категории мультимедиа. Мультимедиа CD существуют в различных форматах для различных операционных систем.

*Формат CD-DV (Digital Video)* обеспечивает запись и хранение высококачественного видеоизображения со стереозвуком в течение 74 мин.

*Формат 3D 0* разработан для игровых приставок.

Диски CD-ROM в качестве носителей информации используют все меньше. Их активно вытесняют компакт-диски CD-WORM/CD-R и CD-RW.

### **3.4.2. Накопители с однократной записью CD-WORM/CD-R и многократной записью информации CD-RW**

Накопители CD-WORM (*Write Once Read Many*) или CD-R (*CD-Recordable*) обеспечивают однократную запись информации на диск и последующее многократное считывание этой информации, в то время как накопители CD-RW (*CD-Re Writable* — перезаписывающий) позволяют осуществлять многократную запись на оптические диски.

Для *однократной записи* используются диски, представляющие собой обычный компакт-диск, отражающий слой которого выполнен, как правило, из золотой или серебряной пленки. Между ним и поликарбонатной основой расположен регистрирующий слой (рис. 3.8), выполненный из органического материала, темнеющего при нагревании. В процессе записи лазерный луч, длина волны которого, как и при чтении, составляет 780 нм, а интенсивность более чем в 10 раз выше, чем интенсивность лазера при чтении, 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.

В *перезаписываемых дисках* CD-RW регистрирующий слой выполнен из органических соединений, известных под названиями цианин (Cyanine) и фталоцианин (Phthalocyanin), которые имеют свойство изменять свое фазовое состояние с аморфного на кристаллическое и обратно под воздействием лазерного луча. Такое изменение фазового состояния сопровождается изменением прозрачности слоя. При нагревании лазерным лучом выше некоторой критической температуры материал регистрирующего слоя переходит в аморфное состояние и остается в нем после остывания, а при нагревании до температуры значительно ниже критической восстанавливает свое первоначальное (кристаллическое) состояние. В перезаписываемых дисках регистрирующий слой обычно выполняется из золота, серебра, иногда из алюминия и его сплавов.

Существующие перезаписываемые CD-RW-диски выдерживают от нескольких тысяч до десятков тысяч циклов перезаписи. Однако их отражающая способность значительно ниже штампованных CD-ROM и CD-R. В связи с этим для чтения CD-RW, как правило,

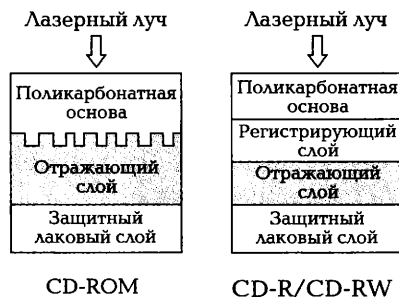


Рис. 3.8. Строение дисков CD-ROM и CD-R/CD-RW

применяется специальный привод с автоматической регулировкой усиления фотоприемника.

Преимущество CD-R/RW-дисков по отношению к CD-ROM — они тускнеют и выходят из строя медленнее обычных, поскольку отражающий слой из золота и серебра менее подвержен окислению, чем алюминий в большинстве штампованных CD-ROM дисков. Недостатки CD-R/RW-дисков — материал регистрирующего слоя CD-R/RW-дисков более чувствителен к свету и также подвержен окислению и разложению. Кроме того, регистрирующая пленка находится в полужидком состоянии и потому весьма чувствительна к ударам и деформациям диска.

Информация на CD-R может быть записана несколькими способами. Наиболее распространен способ записи диска за один проход (*disk-at-once*), когда файл с жесткого диска записывается непосредственно за один сеанс и добавление информации на диск невозможно. В отличие от этого способ многосеансовой записи (*track-at-once*) позволяет производить запись отдельных участков (треков) и постепенно наращивать объем информации на диске.

### 3.4.3. Накопители DVD

Решение проблемы увеличения емкости оптических носителей информации на базе совершенствования технологии производства CD и приводов, а также имеющихся научно-технических решений в области высококачественного цифрового видео привело к созданию CD-дисков повышенной емкости. В 1995 г. фирмы-производители CD предложили свои стандарты компакт-дисков с увеличенной емкостью. Одним из этих стандартов стал формат SD (*Super Density*). Во избежание многообразия и несовместимости стандартов в сентябре 1995 г. фирма Sony в союзе с восемью другими фирмами предложила новый универсальный формат записи данных на CD-DVD (*Digital Versatile Disk*). Этот формат, удовлетворяющий требованиям к воспроизведению видеоизображений и хранению данных, получил активную поддержку среди ведущих производителей CD. Создано пять форматов DVD:

- DVD-ROM — носитель только для чтения и хранения информации большой емкости;
- DVD-видео — цифровой носитель данных для кинофильмов;
- DVD-аудио — аналогичен формату CD-аудио, для хранения информации в звуковой форме;

- DVD-R — родственный формату CD-R, обеспечивает многократное чтение при однократной записи;
- DVD-RAM — перезаписываемый вариант DVD, конкурирующий с форматами DVD-RW и DVD+RW.

Качество изображения, хранимого в формате DVD, соизмеримо с качеством профессиональных студийных видеозаписей, причем качество звука также не уступает студийному.

Такие возможности дисков формата DVD обусловлены улучшенными параметрами рабочей поверхности дисков. На рис. 3.9 приведены параметры элементов рабочей поверхности дисков, записанных в форматах CD и DVD. Так же как и CD, диск формата DVD имеет диаметр 120 мм. В приводе DVD используется полупроводниковый лазер с длиной волны излучения в видимой области 0,63... 0,65 мкм. Такое снижение длины волны (по сравнению с 0,78 мкм у обычного CD-привода) обеспечило возможность уменьшения размеров штрихов записи (питов) практически в два раза, а расстояние между дорожками записи — с 1,6 до 0,74 мкм. Это дает DVD-дискам четырехкратную вместимость по сравнению с CD. Питы располага-

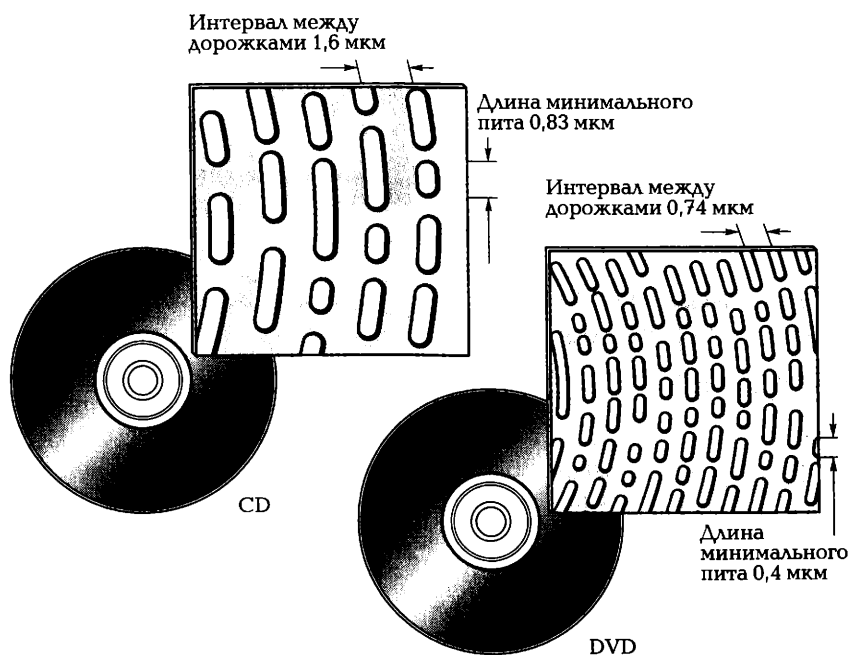


Рис. 3.9. Элементы рабочей поверхности дисков форматов CD и DVD

ются по спиральной дорожке, на которую от центра к краю записаны данные. Единственная спиральная дорожка и непрерывное следование головки вдоль нее является оптимальным для записи и воспроизведения потоковых аудио- и видеоданных.

Спецификация DVD позволяет считывать информацию более, чем с одного слоя. Нижний слой двухслойного диска (рис. 3.10, б) толщиной 0,6 мм выполнен из поликарбонатного пластика, в нем отпрессована микроскопической толщины спиральная дорожка с питами и нанесено полупрозрачное отражающее пленочное покрытие толщиной 0,05 мкм. Второй прозрачный слой со своей спиральной дорожкой выполнен из фотополимера и его толщина составляет 40 мкм. Далее следуют обычный отражающий слой (0,05 мкм), адгезионный слой и подложка. Последовательное считывание информации с каждого слоя обеспечивается за счет изменения положения фокуса. Когда сфокусированным лазерным лучом считывается

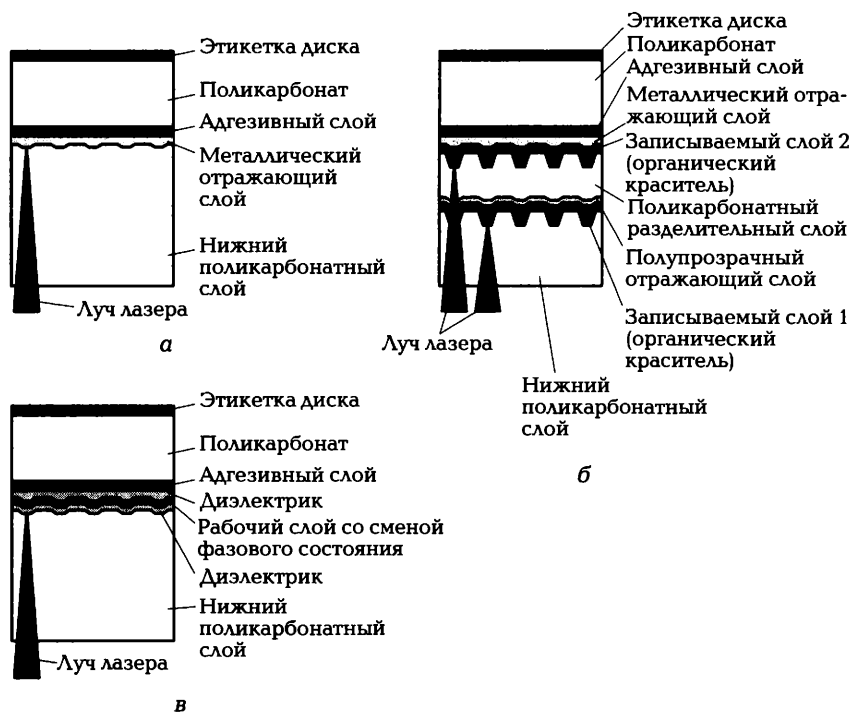


Рис. 3.10. Структура DVD-дисков:

*а* — DVD-ROM однослойного; *б* — DVD-ROM двухслойного; *в* — DVD-RW

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 фокусировка луча лазера меняется по команде контроллера. Луч фокусируется в плоскости второго (наружного) полупрозрачного слоя, и считывание данных продолжается.

С точки зрения механической прочности общая толщина DVD-дисков сохранена такой же, как у CD, т. е. равной 1,2 мм. Тот факт, что толщина прозрачного слоя уменьшилась до 0,6 мм, позволил предложить двухсторонние диски, представляющие собой комбинацию из склеенных рабочими поверхностями наружу двух односторонних дисков (рис. 3.10, а). Таким образом, стандарт DVD предусматривает четыре варианта дисков, которые получаются из комбинации числа рабочих слоев и сторон и имеют следующие характеристики:

DVD-5 — односторонний однослойный диск емкостью 4,7 Гбайт;

DVD-9 — односторонний двухслойный диск емкостью 8,5 Гбайт;

DVD-10 — двухсторонний однослойный диск емкостью 9,4 Гбайт;

DVD-18 — двухсторонний двухслойный диск емкостью 17 Гбайт.

Самые распространенные диски — DVD-5 и DVD-10. Остальные имеют меньшую популярность в силу большей стоимости и меньшей распространенности соответствующих производственных линий.

Приводы DVD имеют много общего с приводами CD-ROM: интерфейс ATAPI (IDE) или SCSI, основные узлы конструктивно подобны. Однако для того, чтобы обеспечить возможность чтения как дисков CD-ROM, так и DVD-ROM, привод DVD устроен более сложно. Обусловлено это тем, что данные CD-ROM записаны близко к верхнему слою поверхности диска, а данные на DVD — ближе к середине. Для обеспечения изменения фокусировки луча для чтения как CD-ROM, так и DVD вначале использовалась пара линз с различными фокусными расстояниями. В дисководах фирмы Sony установлены два отдельных лазера: для CD с длиной волны 780 нм, а для DVD — 650 нм. В устройствах Panasonic лазерный луч переключается с помощью голографического оптического элемента, обеспечивающего различную фокусировку луча.

Приводы DVD-ROM вращают диск со значительно меньшей скоростью, чем аналогичные CD-ROM. Однако производительность DVD намного выше, чем CD-ROM за счет более плотной упаковки данных в дисках DVD. Например, 1× (или однократный) диск CD-ROM имеет максимальную скорость передачи данных 150 Кбайт/с, а 1× DVD может передавать данные по 1 250 Кбайт/с, что соответ-

ствуется примерно 8х для CD-приводов. Приводы DVD-ROM поставляются как с аппаратным декодером MPEG-2, так и с программным декодером. Дисководы DVD так называемого «второго поколения» позволяют считывать и носители CD-R/CD-RW. «Третье поколение» дисководов способно к чтению носителей DVD-RAM.

*Записываемые DVD-носители* имеют следующие форматы: DVD-R; DVD-RAM; DVD-RW; DVD+RW. Если на DVD-R можно сделать запись однократно, то DVD-RAM; DVD-RW; DVD+RW — многократно перезаписываемые.

DVD-RW и DVD+RW возникли на основе дальнейшего совершенствования форматов CD-RW и DVD+R и вследствие этого лучше совместимы с другими представителями изделий CD/DVD. DVD-R был разработан в 1999 г., а DVD+R — в 2001 г. Устройства DVD-RW и DVD+RW способны производить запись форматов DVD-R(G) и CD-R/RW.

DVD-R — записываемый DVD может содержать информацию любого типа: видео, аудио, рисунки, файлы данных, программы мультимедиа. Диски DVD-R могут использоваться на любом совместимом устройстве воспроизведения DVD, включая дисководы DVD-ROM и проигрыватели DVD-видео. Вместимость дисков DVD-R — 4,7 Гбайт для однослойного, одностороннего и 9,4 Гбайт для двухстороннего. Данные могут быть записаны со скоростью  $1 \times (11,08 \text{ Мбит/с})$ , т. е. около 9х скорости CD-ROM.

Запись на дисках DVD-R производится с помощью слоя вещества, которое окрашивается сфокусированным лазерным лучом с длиной волны 635...645 нм. Слой наносится на прозрачную основу, выполненную методом литья под давлением из поликарбоната, и имеет спиральную дорожку (канавку) на поверхности для записи информации. Профиль канавки волнистый (заранее записанный синусоидальный сигнал) и предназначен для синхронизации двигателя шпинделя диска в процессе записи, причем между углублениями размещаются специальные отметки, используемые для позиционирования (адресации). На записывающий слой напыляют тонкий слой металла, чтобы при воспроизведении луч лазера отражался от диска. На металлизированную поверхность наносят защитный слой, который используется в дальнейшем при склеивании двух сторон диска. Вторую сторону выполняют аналогичным образом и, произведя склеивание, получают двухсторонний диск. Для чтения каждой стороны такого диска, его необходимо перевернуть.

При записи импульсы сфокусированного луча лазера мощностью 8...10 мВт нагревают окрашиваемый слой, в результате чего в месте его взаимодействия в спиральной канавке образуются питы,

длина которых зависит от длительности импульса в соответствии с записываемой информацией.

В процессе воспроизведения луч лазера такой же длины волны, но меньшей мощности (4...8 мВт) фокусируется на поверхности диска. Поскольку поверхность диска между метками хорошо отражает лазерный луч, а метки — значительно хуже, отраженный от диска луч модулируется, преобразовываясь на фотоприемнике в сигнал, который в дальнейшем расшифровывается устройством воспроизведения.

Во избежание необходимости переворачивать вручную двухсторонний диск для доступа к данным на второй стороне наибольшую популярность получили приводы DVD, оснащенные двумя независимыми считывающими системами.

DVD-RAM — первый перезаписываемый формат, выпущенный в 1997 г., наиболее удобен для записи компьютерных данных, однако он несовместим с большинством проигрывателей.

DVD-RW — односторонние диски используют технологию изменения фазового состояния вещества для чтения, записи и стирания информации. Структура диска показана на рис. 3.10, в. Рабочий слой представляет собой сложный сплав, обеспечивающий применение метода записи, основанного на изменении фазового состояния (*phase-change*), т. е. так же, как в CD-RW.

DVD+RW так же, как и конкурирующий DVD-RW, использует носитель с изменением фазового состояния: аморфного или кристаллического. Отличия этих стандартов кроются не в принципах записи и структуре носителей, а в некоторых деталях их реализации. В первую очередь это касается способов записи на носители сервоинформации, используемой для позиционирования головки относительно оси дорожки и адресации блоков данных.

Например, в DVD+RW адресная и сервоинформация записываются на боковые стенки спиральной дорожки, а в дисках DVD-R/RW для адресных меток используется метод Land Pre-Pits (LPP), заключающийся в формировании заводским способом на равнинных участках между витками специальных питов, которые и помогают контролировать адреса записываемых блоков. Алгоритмы, заложенные в DVD+RW, несколько сложнее, но зато обеспечивают более точную адресацию (отклонение положения головки от заданного места на дорожке составляет порядка 1 мкм) и позволяют начать запись с любой точки. Кроме того, есть разница в оптических свойствах носителей, в структуре служебных областей дорожки.

Конкурирующие вначале форматы DVD+RW и DVD-RW мирно сосуществуют, выпускаются приводы для обеих разновидностей.

Отдельными устройствами, в частности от LG, поддерживается DVD-RAM, отличающийся высокой скоростью произвольного доступа и долговечностью носителя (число циклов перезаписи примерно в 10 раз больше по сравнению с другими стандартами).

Вместе с тем единого подхода при выработке формата записи разработчиками не найдено: диски, записанные в одном из форматов, как правило, не читаются на приводах других записываемых форматов. Бытовая электроника ориентирована на форматы DVD-видео, DVD-аудио и не обязательно обеспечивает чтение DVD-ROM. Приводы DVD-ROM для ПК хорошо читают видео-, аудио-, мультимедийные и другие компакт-диски. Как правило, если привод DVD-ROM может читать диски DVD+RW, то он сможет прочесть диски DVD-RW и DVD-R. Привод с логотипом «multi» должен читать и записывать диски форматов DVD-R, DVD-RW и DVD-ROM.

К числу ведущих производителей приводов CD и DVD относятся компании Plextor, Peoneer, Nec, Teac America Inc, Sony, Asus, LG, Panasonic.

### 3.4.4. Стандарты оптических дисков HD DVD и Blu-Ray

Развитие всех технологий памяти идет по пути увеличения плотности хранения данных. Такая тенденция наблюдается и при совершенствовании оперативной памяти, и НЖМД, а также оптических носителей.

Скорость записи и считывания при этом тоже возрастает, даже когда для этого не применяются какие-либо другие меры. Например, если на каждом сантиметре дорожки диска хранится в два раза больше данных, при той же скорости его вращения (или скорости перемещения считывающей головки вдоль дорожки) количество считываемых или записываемых в единицу времени битов информации тоже возрастает вдвое.

Это иллюстрируется данными, приведенными на рис. 3.11, где показаны основные характеристики и фрагменты рабочей поверхности CD-ROM (рис. 3.11, а), DVD-ROM (*Digital Versatile Disc*) (рис. 3.11, б) и технологии оптических носителей памяти BD (*Blu-ray Disc*) (рис. 3.11, в).

Увеличение объемов памяти до 4,7 Гбайт в случае с DVD и до 27 Гбайт в случае с BD достигается увеличением плотности записи данных на носитель одинакового размера (диск с диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм).

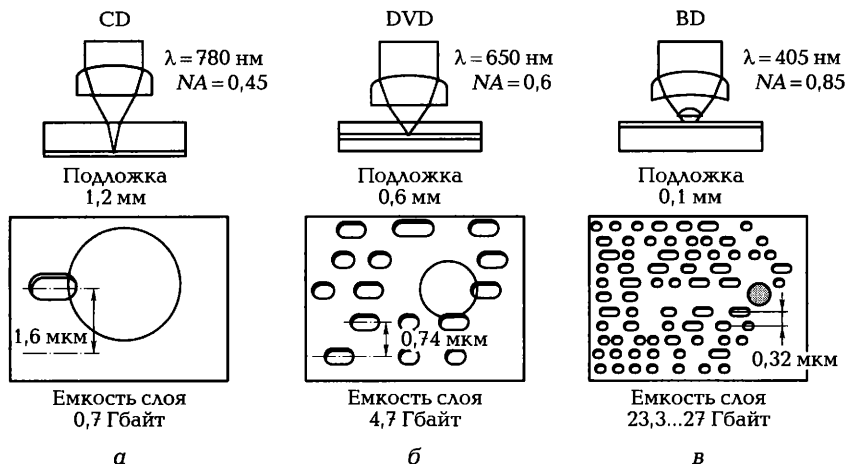


Рис. 3.11. Основные характеристики и фрагменты рабочей поверхности: а — CD-ROM; б — DVD-ROM; в — технологии оптических носителей памяти BD (Blu-ray Disc)

Следующее поколение оптических дисков основано на дальнейшем увеличении плотности записи. Две новые конкурирующие технологии Blu-Ray (голубой луч), HD (*High Definition* — высокое разрешение) базируются на применении «синих» лазеров с длиной волны 405 нм.

HD DVD (*High Definition Digital Versatile Disk*) — технология, разработанная компаниями NEC и Toshiba в 2002 г. и получившая поддержку Microsoft, а также большинства производителей современных DVD-приводов и дисков. HD DVD идентичен DVD-формату и требует минимального переоборудования существующего производства. Вместе с алгоритмами коррекции ошибок плотность записи достигает 15 Гбайт на каждый слой при толщине защитного слоя 0,6 мм, похожей схеме модуляции, неизменной логической разметке диска на секторы. Такая высокая плотность записи обеспечивается за счет более тонкого лазерного луча (диаметр пучка — 82 нм), что позволило сократить расстояние между дорожками на 46%: с 0,74 до 0,4 мкм. Штампованные HD DVD-ROM предусматривают поддержку двух слоев и, соответственно, максимальную емкость 30 Гбайт. При этом специалисты прогнозируют скорое появлении трехслойных 40-гигабайтных дисков. Емкость перезаписываемого подформата HD DVD-RW — 20 Гбайт, что достигается за счет уменьшенного размера пита (точки на поверхности диска, «обозначающей» записанный бит информации) и сокращения рас-

стояния между дорожками (до 0,34 мкм). Планируется к выпуску и двухслойный 32-гигабайтный вариант HD DVD-RW. Кроме того, такие диски будут записываться в режиме Z-CLV (Zone Constant Linear Velocity), т.е. с постоянной линейной скоростью. HD DVD-RW как постоянный сменный носитель в некотором роде может составить конкуренцию внешним жестким дискам, однако он физически несовместим с HD DVD-ROM и HD DVD-R. К сторонникам этой технологии в развлекательной индустрии относятся Paramount Pictures, Universal Studios и Warner Brothers. Компания Toshiba планирует к выпуску двухсторонние HD DVD с объемом памяти до 45 Гбайт.

Стандарт Blu-ray в начале 2002 г. представили девять компаний: Hitachi, LG, Matsushita (Panasonic), Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony и Thomson. В стандарте Blu-ray применен сине-фиолетовый лазер, имеющий диаметр пучка 58 нм, а не 132 нм, как у DVD, и 82, как у HD DVD. Узкий пучок может оперировать записанными на диск данными с большей избирательностью, причем принципиальное отличие от HD DVD — это уменьшение расстояния между дорожками в пределах одной дорожки (в сочетании с увеличением числа самих дорожек).

Хотя технология Blu-ray и появилась несколько раньше HD DVD, ее можно назвать более прогрессивной, так как диски вмещают от 25 Гбайт на одном слое и выше. Максимальная емкость диска с учетом нескольких слоев может достигать 200 Гбайт. Возможность различать на диске столь мелкие единичные точки достигнута не только за счет «уточнения» лазерного луча, но и применения оптической системы для приема отраженного от поверхности диска луча с высокой разрешающей способностью (апертурой 0,85) и размещения информационного слоя на диске в максимальной близости к лазеру (толщина защитного слоя — всего 0,1 мм по сравнению с 0,6 мм у HD DVD и DVD).

Существуют три основных вида Blu-ray-носителей: BD-ROM-, BD-R- и BD-RE-диски соответственно, обычные (штампованные и выпускаемые заводским тиражом), однократно записываемые и перезаписываемые.

Технология Blu-ray имеет неоспоримое преимущество перед HD DVD для сектора видеокамер, так как позволяет штамповать 80-миллиметровые диски емкостью 7,8 или 15,6 Гбайт в зависимости от числа слоев, а в перспективе и более.

Формат диска Blu-ray поддерживается многими компаниями, производящими бытовую электронику и компьютерную технику. К сторонникам дисков Blu-ray относятся Sony, Panasonic, Phillips, Sharp, TDK и Thomson, также Apple, Dell и Hitachi.

Для Blu-ray и HD DVD используются приводы компакт-дисков, по формфактору и внешнему виду аналогичные приводам DVD. При этом эти приводы позволяют читать и писать компакт-диски формата DVD, а также читать формат CD.

Две конкурирующие системы хранения данных, HD DVD и Blu-ray, являются лидерами нового поколения средства хранения информации с большим объемом памяти.

ПК комплектуются приводами Blu-Ray. Производители начинают включать в конфигурации ПК начального уровня накопители BD-ROM, накопители BD Combo ставят в компьютеры среднего ценового диапазона, а дорогостоящие и высокопроизводительные модели оснащают приводами с возможностью записи BD.

## 3.5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

---

### 3.5.1. Голографические диски

Сегодня индустрия требует новые типы носителей, имеющие объем, сопоставимый с картриджами стримеров и жесткими дисками, но при этом обеспечивающий быстрый и надежный доступ к данным. К числу таких носителей можно отнести голографические и флуоресцентные диски.

При записи информации на голографический диск (рис. 3.12, а) лазерный луч разделяется на два луча: один пишет данные, второй — опорный. Голограмма формируется, когда два этих луча пересекаются в носителе. Процесс преобразования данных в сигнальный луч производится специальным модулятором SLM (*Spatial Light Modulator*), который преобразует единицы и нули цифрового потока в совокупность белых и черных точек, своеобразную «шахматную доску». Данные образуют собой двухмерный массив, матрицу, содержащую миллионы битов. В точке взаимодействия опорного луча и интерференционной структуры, образованной после прохождения сигнальным лучом модулятора, производится запись на носитель. Когда в опорном пучке происходит взаимодействие излучения с белым пятном «шахматной доски», оно сопровождается химической реакцией, оставляющей на носителе след. Соответственно там, где было черное пятно, следа не остается. Изменяя угол наклона опорного луча, длину его волны или положение носителя, на одну и ту же площадь носителя удается записать множество различных голограмм одновременно.

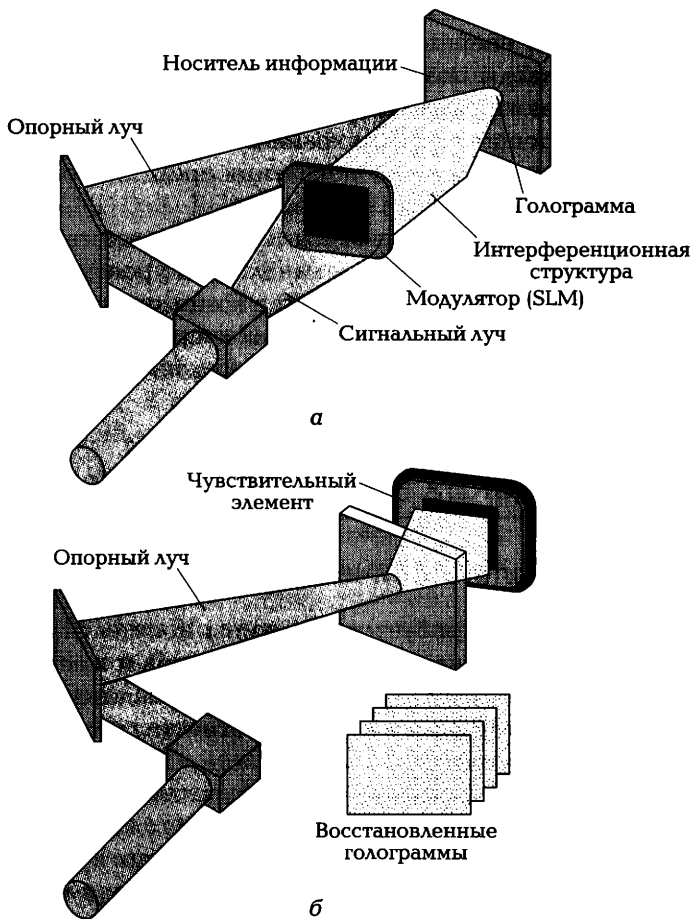


Рис. 3.12. Голографические диски:

*а* — схема записи на голографический диск; *б* — схема считывания информации с голографического диска

При считывании информации (рис. 3.12, *б*) используется только опорный луч. Он освещает голограмму, воссоздавая совокупность черных и белых пятен, которая затем проецируется на специальный чувствительный элемент. Этот элемент параллельно расшифровывает миллионы битов, за счет чего удается достичь высокой скорости считывания данных.

Диск голографического накопителя имеет диаметр 130 мм, чуть больше, чем стандартный компакт-диск или DVD. Когда свет попадает на этот материал, происходит химическая реакция, вырабаты-

ваются фотоны, записывающие данные. Этот процесс необратим, поэтому потребовалось создать дополнительные средства защиты, гарантирующие целостность записи как в процессе, так и при хранении.

Для защиты данных от несанкционированного доступа используется несколько методов как физических, так и логических.

Каждый диск имеет встроенный чип, используемый для хранения карты данных, аналогичный FAT — системе жесткого диска. В этой библиотеке хранятся все данные о партиях, формате и положении данных. При установке диска в устройство прежде всего производится считывание информации с этого чипа. Если эти данные утеряны, считать информацию будет очень сложно, практически невозможно. Эти карты данных могут быть зашифрованы методом криптования, так что доступ к ним получит только владелец информации.

Эффективное средство защиты — изменение длины волны лазера. Незначительное изменение длины волны лазера позволит защитить данные от считывания другими приводами, настроенными на другую длину волны лазера. Длина волны лазера может быть в диапазоне 403... 407 нм.

Наиболее эффективный метод защиты данных — фазовая маска. Суть метода заключается в том, что привод может накладывать определенную маску на пути лазерного луча, несущего данные. Эта маска потребует как при записи, так и при считывании данных. После использования фазовой маски считать данные на стандартных приводах невозможно, поскольку каждая маска уникальна: она формируется с использованием генератора случайных чисел. Эта функция устанавливается на некоторых приводах по специальному заказу. Таким образом, хранение информации на голографических дисках гарантирует защиту информации от несанкционированного доступа.

Американская компания InPhase анонсировала Tapestry HDS-300R — 300-гигабайтный винчестер на основе голографических дисков. Голографические диски толщиной 1,5 мм обладают скоростью считывания информации 20 Мбайт/с. По прогнозам аналитиков, к 2010 г. уже существующие технологии позволят увеличить объем одного диска до 1,6 Тбайт, а скорость считывания — до 120 Мбайт/с.

Высокая плотность записи (515 Гбит на квадратный дюйм), возможность изготовить голографический диск любого размера и жизненный цикл в 50 лет являются важными преимуществами голографических дисков по сравнению с магнитными, используемыми

ми в обычных винчестерах. Голографические диски экономичны, в условиях массового промышленного производства на изготовление одного диска требуется всего 3... 4 мин.

### 3.5.2. Трехмерная флуоресцентная технология

Настоящим прорывом в технологии записи информации является разработка фирмой C3D трехмерного флуоресцентного дискового носителя. Трехмерный диск фирмы C3D использует принципиально иную технологию записи информации, основанную на свойствах излучения флуоресцентных материалов и допускает наличие очень большого числа слоев.

FM-диск является абсолютно прозрачным и не имеет отражающего слоя. В основе работы флуоресцентных дисков лежит явление фотохроматизма, которое заключается в изменении физических свойств, в частности, появление флуоресцентного свечения некоторых химических веществ под воздействием лазера. Сам FM-диск представляет многослойную структуру, каждый слой которой является прозрачным и имеет спиральные канавки, заполненные флуоресцентным материалом. FM-диск в разрезе показан на рис. 3.13.

Как видно из рис. 3.13, диск состоит из нескольких пластиковых (поликарбонатных) слоев, соединенных между собой. Слой содержит поверхностные структуры — питы, которые заполняются флуоресцентным материалом. При считывании лазер фокусируется на определенном слое и возбуждает его флуоресцентные эле-

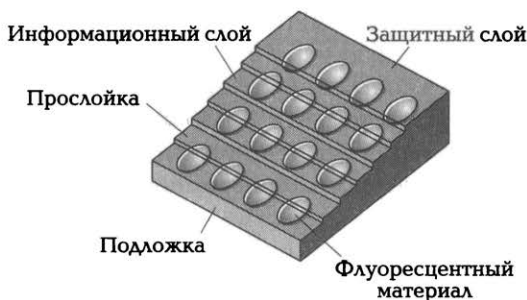


Рис. 3.13. FM-диск в разрезе

менты, которые излучают свет, сдвигая спектр падающего на него излучения в сторону красного цвета на определенную величину (в пределах 30...50 нм), что позволяет легко различить излучение лазера и свет, излучаемый материалом диска. В результате удается избежать ухудшения характеристик сигнала, и его качество при увеличении числа слоев снижается незначительно. Теоретически даже при числе слоев более сотни не будет происходить сильного искажения сигнала. При считывании лазер фокусируется на определенном слое и возбуждает его флуоресцентные элементы, после чего это свечение воспринимается фотодетектором. При использовании синего лазера (длина волны 480 нм) становится возможным увеличение плотности записи информации свыше сотни гигабайтов на один FM-диск. Важная особенность формата FMD заключается в возможности параллельного считывания сразу с нескольких слоев многослойного диска. Вместе с тем, при записи последовательности битов не вдоль дорожки, а вглубь, по слоям, значительно повышается скорость выборки данных. Это и определяет трехмерность FM-дисков.

Процесс изготовления мастер-копии FM-дисков сопоставим с аналогичным для CD/DVD. Однако в технологии FMD очень важно получение точной формы пята, так как впоследствии производится его заполнение флуоресцентным материалом.

Ведутся активные разработки записываемых FM-дисков. Специалисты фирмы C3D предлагают два варианта принципа записи своих дисков: термический и химический.

Термический принцип основан на использовании материала, изначально обладающего флуоресцентным свойством. В процессе записи участки, попадающие под термическое воздействие лазера, теряют это свойство.

Химический принцип основан на использовании материала, не обладающего флуоресцентным свойством. Воздействие записывающего лазера приводит к фотохимической реакции, в результате которой определенные участки наделяются флуоресцентным свойством. Для возбуждения такой реакции достаточно маломощного лазера или обычного светодиода. Использование светодиодной матрицы позволяет осуществлять одновременную запись целого массива информации, что ускоряет сам процесс.

Первым поколением дисковых продуктов компании Constellation 3D является семейство 120-миллиметровых многослойных FM-дисков с вместимостью до 140 Гбайт и со скоростью чтения до 1 Гбит в секунду. Новые диски способны, например, вместить до 20 ч сжатых фильмов в формате HDTV.

Магнитооптический (МО) привод представляет собой накопитель информации, в основу которого положен магнитный носитель с оптическим (лазерным) управлением.

Магнитооптическая технология была разработана фирмой IBM в начале 1970-х гг. Первые опытные образцы магнитооптических накопителей представила в начале 1980-х гг. фирма Sony. Выпускаются магнитооптические диски односторонние и двухсторонние в основном формате — 3,5" и 5,25". Диски MD Data формата 2,5" разработаны фирмой Sony, а 12" — фирмой Maxell. На рис. 3.14 представлено устройство типичного магнитооптического диска, имеющего одну рабочую поверхность. Односторонний магнитооптический диск представляет собой последовательность слоев: защитного, диэлектрического, магнитооптического, диэлектрического, отражающего и подложки.

Технология изготовления магнитооптического диска состоит в следующем. На стеклопластиковую подложку наносится алюминиевое (или золотое) покрытие, обеспечивающее отражение лазерного луча. Диэлектрические слои, окружающие с двух сторон магнитооптический слой, изготовлены из прозрачного полимера и защищают диск от перегрева, повышают чувствительность при записи и отражающую способность при считывании информации. Магнитооптический слой создается на основе порошка из сплава кобаль-

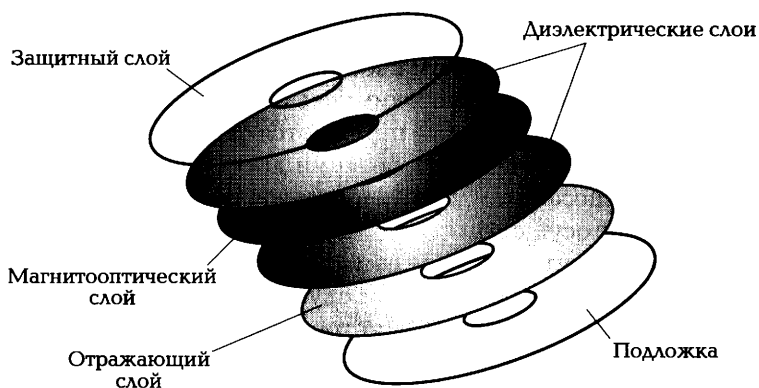


Рис. 3.14. Строение магнитооптического диска

та, железа и тербия. Свойства такого покрытия меняются как при температурном воздействии, так и при действии магнитного поля. Если нагреть диск выше определенной температуры, возможно изменение магнитной поляризации посредством небольшого магнитного поля. Верхний защитный слой из прозрачного полимера, выполненный методом ультрафиолетового отверждения, предохраняет рабочую поверхность от механических повреждений. Благодаря такой технологии и помещению в специальный пластиковый конверт — картридж, магнитооптические диски обладают повышенной надежностью и не боятся воздействия неблагоприятных условий окружающей среды.

Запись данных на МО-диск производится с использованием лазерной технологии. Луч лазера, сфокусированный на поверхности магнитооптического слоя в пятно с диаметром около 1 мкм, направляется в магнитооптический слой и нагревает его в точке фокусировки до температуры точки Кюри (около 200 °С) (рис. 3.15, а). При этой температуре резко падает магнитная проницаемость, и изменение магнитного состояния частиц выполняется относительно небольшим по величине магнитным полем магнитной головки. После охлаждения материала магнитная ориентация доменов в данной точке сохраняется. В зависимости от магнитной ориентации участка магнитного материала он интерпретируется как логический нуль или логическая единица. Данные записываются блоками по 512 байт.

Для изменения части информации в блоке необходимо перезаписывать его полностью, поэтому при первом проходе инициализи-

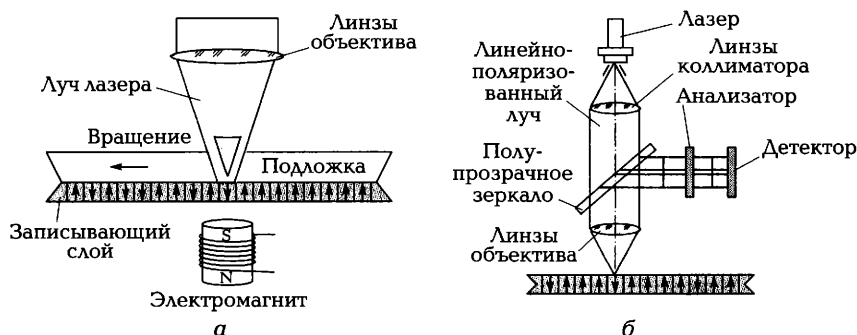


Рис. 3.15. Магнитооптическая дисковая технология:

а — запись; б — чтение

руется (разогревается) весь блок, а при подходе сектора под магнитную головку происходит запись новых данных.

Чтение данных с диска (рис. 3.15, б) происходит поляризованным лазерным лучом пониженной мощности, которой недостаточно для разогрева рабочего слоя: мощность лазера при считывании составляет 25 % мощности лазера при записи. Попадание луча на упорядоченные, ориентированные при записи данных магнитные частицы диска приводит к тому, что их магнитное поле незначительно изменяет поляризацию луча, т. е. наблюдается эффект Керра. Отраженный от магнитооптического слоя свет после отражения от полупрозрачного зеркала попадает на анализатор, с помощью которого определяется изменение состояния его поляризации, и регистрируется фотодетектором. В зависимости от изменения состояния поляризации фотодетектор посылает двоичную единицу или двоичный ноль к контроллеру магнитооптического дисководов.

В отличие от компакт-диска данные на МО-диск теоретически можно записывать бесконечно, поскольку никаких необратимых процессов в материале носителя не происходит. Если нужно удалить старые данные, достаточно нагреть лазерным лучом соответствующие дорожки (секторы) и размагнитить их внешним магнитным полем.

Механизмы МО-накопителей строятся на базе механизмов обычных дисководов с небольшими конструктивными усовершенствованиями. В качестве интерфейса МО-накопители оснащаются SCSI-адаптерами (16- или 8-битными), драйверами диска и утилитами форматирования низкого уровня. Многие поставщики также оснащают свои изделия специальными программами для резервного копирования.

Сами устройства для чтения магнитооптических дисков бывают внутренними и внешними. Устройства могут работать в двух режимах. В первом скорость обмена данными составляет 5 Мбайт/с, а во втором — 10 Мбайт/с.

*Стандартные емкости МО-дисков:* односторонних дисков 3,5" — 128, 230 и 640 Мбайт, двухсторонних — 600 и 650 Мбайт. Фирма Maxell выпускает 12"-диски однократной записи емкостью 3,5 Гбайт (односторонние) и 7 Гбайт (двухсторонние). Накопители для этих гигантских дисков, применяемых в системах архивирования, производит фирма Hitachi. Фирма Fujitsu выпускает два вида носителей — форматом 5,25" и 3,5". Первые диски имеют объемы 650 Мбайт, 1,3; 2,6; 4,6 Гбайт. Такие объемы достигаются благодаря тому, что диски двухсторонние. Диски 3,5" — односторонние и имеют объемы 128, 230, 540, 640 Мбайт.

*Быстродействие МО-накопителей* меньше, чем накопителей со сменными магнитными носителями, хотя быстродействие новых моделей неуклонно возрастает. Одна из причин сравнительно низкого быстродействия МО-накопителей заключается в том, что скорость вращения диска накопителя фирмы Fujitsu около 4 500 об/мин.

Среднее время доступа к данным в МО-накопителях достигает 11 мс при скорости передачи данных до 10 Мбайт/с, а гарантийный срок работы (средняя наработка на отказ) — 80 000 ч.

Технология магнитооптической записи непрерывно совершенствуется. Лидерами рынка накопителей на МО-дисках являются компании Sony, Fujitsu, Pinnacle Micro Inc и Hewlett-Packard.

Магнитооптические диски и накопители большинства фирм-изготовителей соответствуют требованиям международных стандартов, выпускаются как в виде встраиваемых устройств, так и во внешнем автономном исполнении с интерфейсами IDE и SCSI.

Помимо обычных дисководов широкое распространение получили так называемые оптические библиотеки с автоматической сменой дисков, емкость которых достигает сотен гигабайтов и даже нескольких терабайтов. Время автоматической смены диска — несколько секунд, а время доступа и скорость обмена данными — такие же, как у обычных дисководов.

## **3.7. НАКОПИТЕЛИ НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ**

Накопители на магнитной ленте применяются в системах резервного копирования. В настоящее время, когда жизнедеятельность компании во многом зависит от ее вычислительной сети, надежность системы резервного копирования приобрела особую актуальность.

В качестве устройств записи данных на магнитную ленту (стримеров) сначала использовались катушечные накопители, аналогичные бытовым катушечным магнитофонам. В 1972 г. фирма 3M разработала первую кассету размером 15 × 10 × 1,6 см, предназначенную для хранения данных. Внутри кассеты находились две катушки, на которые лентопротяжным механизмом наматывалась лента в процессе чтения-записи.

В 1983 г. был выпущен первый стандартный QIC (*Quarter-Inch Cartridge* — накопитель на магнитной ленте), емкость которого составляла 60 Мбайт. Запись данных производилась на девяти дорожках, а магнитная лента имела длину около 90 м. В дальнейшем был разработан стандарт на мини-кассеты (формат MC). Размер мини-

кассеты, согласно этому стандарту,  $8,25 \times 6,35 \times 1,5$  см. Основу магнитного слоя лент QIC составляет оксид железа.

Если накопитель на магнитной ленте типа QIC-80 формата MC обладал емкостью 80 Мбайт, 28 дорожками, то накопитель QIC-3095 имеет 72 дорожки и емкость до 4 Гбайт.

Преимущества этих накопителей: удельная стоимость хранения данных на ленте (в пересчете на 1 Мбайт) значительно ниже, чем при использовании накопителей на гибких магнитных дисках, и, кроме того, ленточные накопители просты в использовании и надежны.

К недостаткам накопителей на кассетах QIC относятся их низкое быстродействие, длительное форматирование кассеты перед записью данных.

Дальнейшее развитие накопителей на магнитной ленте пошло по пути увеличения емкости кассет и повышения плотности записи данных. Были разработаны стандарты систем резервного копирования с емкостью кассет от 86 Мбайт до 13 Гбайт. В таких устройствах плотность записи данных на ленту составляет свыше 60 000 бит/дюйм. Запись производится на 144 дорожки. Совместимость кассет различных типов является чрезвычайно важным фактором, который необходимо учитывать при выборе устройства резервирования информации на магнитной ленте, так как ленты не всегда совместимы по своим магнитным свойствам. Наряду с распространенными в настоящее время устройствами резервного копирования форматов QIC становятся популярны и другие устройства копирования на магнитной ленте, в частности, в компьютерных сетях, манипулирующих большими объемами данных.

Существуют следующие стандарты записи данных на магнитные ленты.

Фирмой Sony освоен выпуск устройств, в которых используются магнитные ленты шириной 4 мм для цифровой звукозаписи DAT (*Digital Audio Tape*) и ленты шириной 8 мм для видеозаписи. Кроме того, разработан стандарт для хранения данных в цифровом виде DDS (*Digital Data Storage*). При записи данных на магнитную ленту применяется наклонно-строчная технология, в результате которой используется практически вся поверхность ленты (в отличие от других методов, в которых дорожки оказываются разделенными промежутками). Технология первого поколения формата DDS-1 обеспечивает емкость 2 Гбайт при максимальной скорости 0,55 Мбайт/с. При снижении ширины дорожки в устройствах четвертого поколения DDS-4 до 6,8 мкм и увеличении длины ленты до 150 м емкость превысила 16 Гбайт при почти пятикратном увеличении скорости.

В середине 1990-х гг. появилась новая технология, позволяющая обеспечить более высокую емкость, скорость передачи данных и надежность резервного копирования — технология DLT (*Digital Linear Tape*), которая считается одной из самых популярных.

По своему принципу записи технология DLT аналогична применяемой в аудиокассетах. Увеличение плотности записи достигается благодаря тому, что магнитная головка имеет несколько каналов для записи и столько же для чтения. Кроме того, устройство автоматического позиционирования позволяет ей перемещаться и вдоль вертикальной оси. В устройствах DLT-4000 головка имеет два канала, расположенные один над другим; при этом за счет смещения головки число дорожек на одной ленте может достигать 128.

Целостность записанной информации обеспечивается многоуровневой системой защиты. Запись на ленту всегда сопровождается одновременным чтением через дополнительный канал. Для защиты от возможных ошибок на ленту записывается код контрольной суммы (*Cyclic Redundancy Code*, CRC).

Накопители DLT могут хранить 20 ... 40 Гбайт данных и обеспечивают скорость передачи данных 1,5 ... 3,0 Мбайт/с. Расчетный срок службы ленты — 500 000 перемоток.

Накопители DLT благодаря высоким техническим характеристикам чаще всего применяются при реализации резервного копирования больших массивов данных, а также для обеспечения быстрого доступа к ранее записанной информации.

Стандарт кассет TRAVAN разработала фирма 3М. Накопители TRAVAN размещаются в отсеке для дисководов 3,5". Они могут работать как с оригинальными мини-кассетами стандарта TRAVAN, так и с кассетами стандарта QIC. Кассета (или картридж) TRAVAN содержит 225-метровую магнитную ленту шириной 8 мм. Существуют пять типов кассет и накопителей TRAVAN (TR-1 ... TR-5). Все накопители TRAVAN обеспечивают аппаратное сжатие данных с коэффициентом 2:1, что увеличивает емкость кассет вдвое, т.е. накопитель TR-5 способен хранить до 20 Гбайт информации. Накопители TR-1 ... TR-3 обычно подключаются к системе через контроллер накопителя на гибких дисках или параллельный порт, а TR-4, TR-5 используют интерфейс SCSI-2.

Компания Exabyte разработала 8-миллиметровое ленточное устройство Mammoth, в котором были реализованы новые технические решения: система высокоточного позиционирования ленты; встроенная система динамической очистки магнитной головки (теперь головку требовалось чистить каждые 72 ч, а не каждые 30 ч, как раньше); новый состав магнитного слоя ленты.

Ленточное устройство компании Quantum Super DLTtape обладает емкостью одного магнитного носителя от 100 Гбайт до 1 Тбайт, скоростью передачи данных — от 10 Мбайт/с до 100 Мбайт/с. В отличие от DLT, здесь в качестве ленточного носителя применяется кассета, аналогичная кассетам формата QIC. При работе ленточного устройства сама лента всегда находится внутри кассеты, соприкасаясь своим магнитным слоем лишь с магнитной головкой.

С целью увеличения объема хранимых данных на ленте, а также для повышения скорости записи был разработан стандарт MLR. В этом случае блоки данных объединяются в отдельные фреймы, где каждый фрейм соответствует определенной дорожке на ленте.

Для обеспечения гарантированного хранения особо важных данных в оригинальных накопителях применяется новая магнитная головка и технология записи MLR-RWR (*Multi-channel Linear Recording-Read While Write*), заключающаяся в том, что одновременно с записью информации по нескольким каналам производится ее считывание и сравнение с исходной, а в случае необходимости — коррекция.

*Ленточные библиотеки* предназначены для оперативного управления ленточными носителями, благодаря чему оператору больше не надо заботиться о своевременной загрузке того или иного ленточного носителя. Как правило, в качестве первого критерия при выборе ленточной библиотеки выступает максимальный объем хранимых данных. Однако необходимо учитывать и то, какие типы ленточных устройств установлены в библиотеке.

На малых предприятиях, в удаленных офисах, а также при объеме данных до 50 Гбайт часто применяются ленточные библиотеки, наподобие FlexiPack Autoloader. Эта библиотека позволяет управлять шестью лентами типа DDS-3 при максимальной емкости 72 Гбайт и обеспечивать скорость передачи данных до 1 Мбайт/с.

При объеме резервируемых данных от 50 до 350 Гбайт основными требованиями к библиотеке являются скорость и объемы копируемых данных. Здесь по праву наибольшим спросом пользуются устройства на базе ленточных накопителей DLT. Примером подобной библиотеки может служить решение на базе Sun StorEdge L9 Autoloader. Библиотека позволяет организовать работу с девятью лентами, каждая из которых способна вместить до 40 Гбайт данных, что дает суммарную емкость 360 Гбайт. В качестве ленточного накопителя в библиотеке используется DLT-8000.

Когда полный объем копируемых данных приближается к величине 100 Гбайт, что актуально для крупных телекоммуникационных

компаний и заводов, а также для организаций, где приходится обрабатывать большие объемы транзакций, целесообразно применение мощных роботизированных библиотек с несколькими одновременно работающими ленточными накопителями DLT-7000 или DLT-8000. Суммарные объемы хранимых данных для всей библиотеки могут достигать нескольких десятков терабайтов.

В качестве примера можно представить Sun StorEdge L700. Библиотека позволяет организовать хранение данных объемом до 24 Тбайт на 690 лентах. Она содержит 20 ленточных накопителей DLT-7000 и обеспечивает суммарную скорость копирования данных до 100 Мбайт/с.

*Технологию AIT (Advanced Intelligent Type)* разработала корпорация Sony, сотрудничая с компанией Exabyte. Она построена на использовании 8-миллиметровых лент, однако в отличие, например, от DAT в ней используются барабаны большего диаметра с меньшей скоростью вращения. В картриджах AIT находится высокотехнологичная лента AME (*Advanced Metal Evaporated*), обеспечивающая повышенную плотность и скорость записи по сравнению с обычной. Хотя ширина носителя в AIT также составляет 8 мм, накопители стандарта AIT полностью несовместимы с классическими 8-миллиметровыми устройствами. В 2006 г. был предложен переходный формат AIT-3Ex, который отличается объемом 390 Гбайт скоростью записи данных — до 18 Мбайт/с. Показатель наработки на отказ у AIT-3Ex составляет не менее 400 тыс. ч при 100 %-й загрузке. В конце 2007 г. начались поставки накопителей, поддерживающих технологию AIT-5. Емкость одного картриджа достигает 400 Гбайт (1,04 Тбайт с компрессией).

*Технология Super AIT* стала развитием технологии Sony AIT. Накопители Super AIT выполнены с учетом формфактора 5,25", а приемная катушка размещена в самом приводе. Собственно картридж однокатушечный, а лента имеет ширину 0,5". Увеличение ширины ленты с 8 до 12,7 мм (0,5") позволило довести емкость картриджа до 500 Гбайт несжатых данных (1,3 Тбайт с компрессией).

В перспективе технология Super AIT-2, в которой емкость картриджа вырастет в два раза — до 1 Тбайт (2,6 Тбайт с компрессией) при скорости обмена 60 Мбайт/с.

*Технологию VXA* разработали в компании Ecix. Согласно VXA, данные считываются и записываются пакетами. Перед записью на носитель длинные строки данных разбиваются на небольшие части, или пакеты данных. Емкость картриджа для устройств третьего поколения VXA-3 составляет 320 Гбайт (при аппаратном сжатии данных), а скорость чтения-записи достигает 24 Мбайт/с. На рынке

предлагается три вида картриджей, различающихся по емкости: 80, 160 и 320 Гбайт.

Технология *LTO (Linear Tape Open)* реализует многоканальную серпантинную запись с высокой плотностью. На базе технологии LTO существует два формата: *Ultrium* (интенсивная запись) и *Accelis* (интенсивное чтение). В картридже встраивается специальный модуль LTO-СМ (*LTO Cartridge Memory*), содержащий энергонезависимую память.

Спецификация магнитных лент четвертого поколения LTO-4 позволяет, например, читать ленты, записанные на устройствах HP, на ленточных накопителях IBM, обеспечивает производительность 160 Мбайт/с, обладает емкостью картриджа 800 Гбайт.

## 3.8. ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

---

### 3.8.1. Технология LS-120

Решение проблемы хранения резервных копий и архивов связано с созданием таких накопителей, как LS-120, SyQuest, Zip, Jaz, MO, ORB и др. Все перечисленные устройства несовместимы с FDD, поскольку работают только со своими дисками. Исключение составляет дисковод LS-120, который в состоянии читать, кроме своих дискет емкостью 120 Мбайт, стандартные дискеты емкостью 1,44 Мбайт.

Технология *LS-120* разработана группой производителей Compaq, Imation, Matsushita, O.R. Technology исключительно с целью замены обычных дисководов гибких дисков 1,44 Мбайт и основана на уникальной комбинации оптической и магнитной технологий записи данных. На поверхности дискеты LS-120 нанесены высокоточные оптические дорожки, которые не несут никакой полезной информации, и используются лазерной следящей системой дисковода для высокоточного позиционирования магнитной головки на нужную дорожку. Отсюда и название *Laser Servo (LS)* — оптическая система слежения. Оптические треки с высокой точностью наносятся на дискету на заводе, и не могут быть случайно стерты или перезаписаны пользователем. Если в привод вставлена дискета LS-120, то лазерная система слежения обнаруживает наличие оптических дорожек на поверхности диска и очень точно позиционирует головку дисковода на нужный трек. Подобная система слежения с высоко-

точным позиционированием позволяет намного увеличить плотность дорожек на диске. На поверхности дискеты LS-120 умещается 2 490 дорожек на дюйм (у обычных дискет 1,44 Мбайт HD — всего 135 дорожек на дюйм). Треки с данными записываются обычным магнитным способом.

*SuperDisk LS-120* является единственной технологией для внешних носителей высокой емкости, позволяющей читать и записывать как дискеты LS-120, так и обычные дискеты 3,5" высокой и двойной плотности. Это обеспечивается применением специальной двухзачерной магнитной головки. Скорость вращения диска увеличена в несколько раз, что позволяет работать с дискетами на большей скорости, чем в обычном дисковом. На дискеты LS-120 с лазерной разметкой умещается 120 Мбайт данных. Для магнитной записи высокой плотности поверхность этих дискет покрывается по специальной двухслойной технологии высококоэрцитивным металлическим составом. Магнитный слой наносится на тонкую 0,0025-дюймовую полиэтиленовую подложку.

Дискеты LS-120 выглядят так же, как обычные, и имеют окошко защиты от записи. Современные материнские платы поддерживают загрузку с LS-120.

### **3.8.2. Накопители на сменных жестких дисках**

Сменные жесткие диски используются при необходимости размещения больших объемов данных на малогабаритных носителях. У сменного винчестера переносным является не только носитель информации, но и весь дисковод, который вынимается из своих направляющих в корпусе ПК. Чаще всего это IDE-диски, которые устанавливаются в корпус компьютера. Основными функциями сменных накопителей являются: резервное копирование всех данных на жестком диске; удаление данных и прикладных программ с жесткого диска; распространение данных; дополнение к жесткому диску.

*ZIP-накопитель (ZIP Drive)* для сменных магнитных дисков с очень высокой плотностью записи разработан и выпускается в основном фирмой Imomega, которая доминирует на рынке этого вида продукции. Эффективность накопителей ZIP определяется высокой скоростью вращения и предложенной Imomega технологией, основанной на аэродинамическом эффекте Бернулли, в соответствии с которым гибкий диск сам притягивается к головке чтения-

записи, а не наоборот, как это имеет место в НЖМД. Различные варианты конструкции ZIP-дисководов предусматривают возможность их использования во встроенном в настольные ПК варианте, а также в виде отдельного блока, в том числе в малогабаритном исполнении для переносных ПК (с автономным источником питания и без него). Наибольшее число моделей ZIP-дисководов поставляется с интерфейсами пяти типов: EIDE, IDE, параллельным, SCSI и USB. Наиболее высокой производительностью обладают дисководы с интерфейсами EIDE и SCSI. Привод стал стандартным для ПК типа Macintosh и широко используется в графических станциях.

*ORB-накопитель* на сменных дисках, разработанный на основе передовой технологии MR (*Magneto Resistive*) фирмы Intel. В качестве носителя данных используется сменный жесткий диск форматом 3,5", заключенный в картридж. Посредством использования технологии MR (магниторезистивных головок и особого магнитного материала), а также цифрового сигнального процессора удалось создать накопитель на сменных дисках емкостью 2,2 Гбайт со скоростью вращения 5 400 об/мин и максимальной скоростью передачи данных 12,2 Мбайт/с. Накопители ORB разработаны на нескольких интерфейсах. На внешних дисководах реализован интерфейс SCSI. На внутренних используется как SCSI-интерфейс, так и EIDE. Кроме этого, как внешние, так и внутренние дисководы выпускаются с интерфейсом USB.

### 3.8.3. Flash-память

Flash-память (от *англ.* вспышка, кадр) — особый вид энергонезависимой перезаписываемой полупроводниковой памяти. Первые образцы Flash-памяти были разработаны в 1984 г. инженерами компании Toshiba.

Этот вид памяти не содержит механических элементов, допускает многократное изменение размещаемой информации и не требует дополнительной энергии для хранения.

Flash-память сочетает в себе свойства памяти с произвольной выборкой (RAM) и постоянного запоминающего устройства (ROM), т. е. позволяет изменять информацию, как RAM, и не теряет информацию при отключении питания, как ROM. Информация, записанная на Flash-память, может храниться до 100 лет и допускает до 1 млн циклов перезаписи.

Выпускается два основных типа Flash-памяти:

- NOR (*Not OR* — логическое НЕ—ИЛИ) — разработана компанией Intel в 1988 г.;

- NAND (*Not AND* — логическое НЕ — И) — разработана компанией Toshiba в 1989 г.

*NOR-память* обеспечивает возможность произвольного чтения-записи данных (вплоть до отдельных байтов) и быстрое считывание, но при этом относительно медленные схемы записи и стирания. Кроме того, такая память имеет довольно крупные ячейки (к каждой необходимо подвести контакт), что вызывает сложности в изготовлении и повышении емкости. Рассчитана на хранение кода.

*NAND-память* обеспечивает блочный доступ, быстрые процедуры стирания и записи, дешевизну и простоту наращивания емкости модулей. Данные на Flash-памяти NAND считываются поблочно. Размер единичного блока варьируется от 256 байт до 256 Кбайт. Практически все современные микросхемы позволяют работать с блоками разного размера. Благодаря блочной организации Flash-памяти NAND она дешевле, оптимизирована для массовых приложений, является самой распространенной формой.

В простейшем случае одна ячейка Flash-памяти содержит один бит и может быть выполнена как на одном, так и на двух полевых транзисторах. Сам транзистор включает в себя специальную электрически изолированную область, называемую «плавающим затвором», как показано на рис. 3.16. Этот термин возник из-за того, что потенциал этой области не является стабильным, что позволяет накапливать в ней электроны, т. е. заряд, и именно здесь хранится информация. Наличие или отсутствие заряда кодирует один бит: логическая 1 — заряда нет, логический 0 — есть. Выше «плавающего» находится управляющий затвор, который является неотъемлемой частью при процессе записи-стирания данных памяти. При программировании между истоком и стоком, вследствие воздействия положительного поля на управляющем затворе создается канал — поток электронов. Некоторые из электронов благодаря наличию большей энергии преодолевают слой диэлектрика и попадают на плавающий затвор, где могут храниться в течение нескольких лет. Для стирания информации на управляющий затвор подается высокое отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора переходят (туннелируют) на исток.

Flash-память нашла свое применение в системах управления, функционирующих в сложных условиях эксплуатации, где использование других носителей информации невозможно. Например, на производстве, транспорте, в авиации и космонавтике. Вместе с тем, Flash-память эффективна и в бытовом использовании. Она входит в состав любого компьютера как микросхема BIOS системной платы, а также в различные устройства (CD-ROM, видеоадаптер, зву-

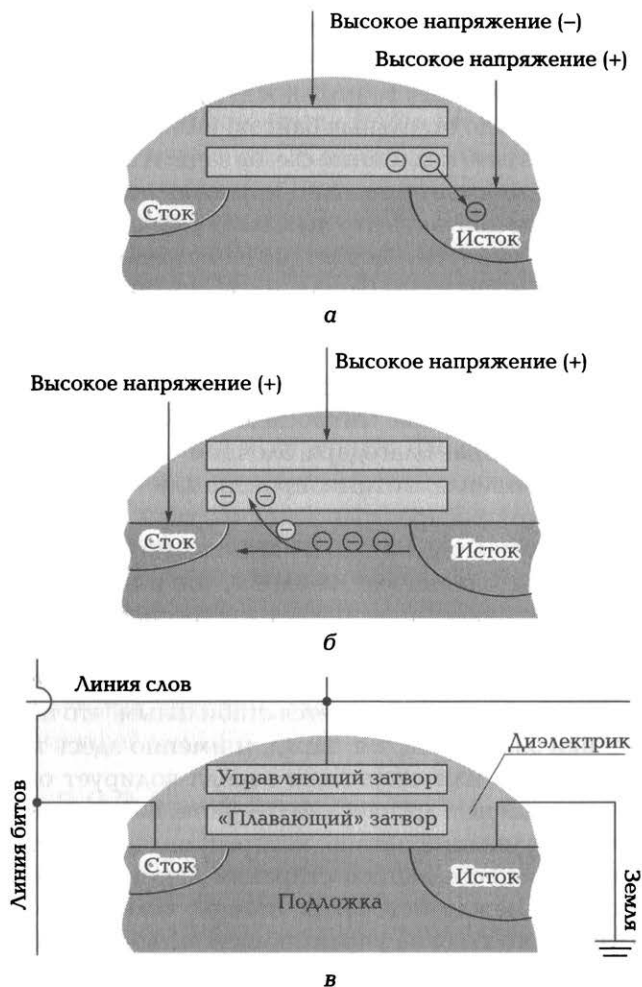


Рис. 3.16. Ячейка Flash-памяти на базе полевого транзистора. Состояния соответствуют:

а — логический 0 (ток со стока на исток отсутствует); б — логическая 1; в — структура

ковую карту, модем). SIM-карта сотовых телефонов тоже содержит в себе Flash-память.

В устройствах портативной техники применяются следующие основные типы Flash-памяти:

- *CompactFlash Card* — сменная карта памяти в цифровые фотоаппараты Canon;

- *SmartMedia Card* для компактных Flash-плееров, цифровых фотоаппаратов Olympus;
- *Multi Media Card* для мобильных телефонов производства Siemens и Nokia и в карманных ПК;
- *SecureDigital Card* для аудио- и видеотехники, мобильных телефонов, цифровых фотоаппаратов, карманных ПК; в устройствах фирм HP, Samsung и многих других производителей;
- *MemoryStick Card* — цифровая техника Sony;
- *xD-Picture Card* — цифровые фотоаппараты Olympus/Fujifilm.

Помимо этого Flash-память выпускается в виде традиционных модулей — плат оперативной памяти, которые используются в автоответчиках, факсах и других устройствах, требующих хранения, мгновенного воспроизведения и буферизации полученной информации.

Помимо внешнего вида у этих сменных карт памяти есть ряд принципиальных отличий в скорости записи-чтения, максимальной емкости, энергопотреблении. Эксперты считают, что по совокупности этих параметров лидирующее положение занимают CompactFlash и SecureDigital Card.

Широкое распространение среди пользователей ПК получили USB-Flash. Этот тип Flash-накопителей появился в 2001 г. и достаточно быстро завоевал популярность, активно вытеснив накопители на гибких магнитных дисках, поскольку при малых габаритных размерах имеет больший объем памяти, обладает значительно большей скоростью передачи данных, отличается высокой надежностью. Для того чтобы использовать накопитель, достаточно его подключить к USB-порту компьютера с ОС Windows.

Внутри корпуса накопителя находится контроллер интерфейса USB и Flash-памяти и, собственно, сама микросхема Flash-памяти. К дополнительным устройствам относятся разъем интерфейса USB для подключения к компьютеру, индикатор состояния устройства, а также конденсаторы и резисторы, объединяющие микросхемы на плате.

Основными характеристиками данного типа накопителей, так же как и карт памяти, являются: тип USB интерфейса (1.1 или 2.0); скорость чтения и записи данных; число циклов перезаписи; время хранения данных; габаритные размеры и масса.

При выборе USB-Flash целесообразно ориентироваться на модули больших объемов (1...2 Гбайт и более), с интерфейсом USB 2.0,

обеспечивающим высокую скорость копирования. При использовании с USB-Flash удлинителя или разветвителя во избежание потери скорости передачи данных желательно выбирать спецификацию USB 2.0.

Лидерами продаж на российском рынке являются USB-Flash производства известных компаний: Transcend (серия Jet Flash), Kingston, A-data (компактная серия Agenie), Canyon.

Следующим этапом совершенствования USB-Flash являются универсальные устройства, широко использующие возможности Flash-памяти как портативного носителя цифровой информации, MP3-плееры, обеспечивающие хранение аудиоинформации в самом популярном формате MP3, которые полностью вытеснили CD-версии.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какие виды накопителей информации применяются в составе технических средств информатизации?
2. Какие физические процессы положены в основу записи и воспроизведения информации на магнитных носителях?
3. Из каких основных конструктивных элементов состоит дисковод для гибких магнитных дисков и как он функционирует?
4. Назовите основные конструктивные элементы накопителя на жестких магнитных дисках. Объясните их функциональное назначение.
5. Какие основные характеристики необходимо принимать во внимание при выборе накопителя на жестком магнитном диске?
6. Перечислите основные этапы процесса изготовления CD-дисков. Как производится организация данных на CD-ROM?
7. Как производится запись информации на дисках CD-WORM, CD-R и CD-RW?
8. В чем основное преимущество накопителей DVD? Как производится считывание информации с двухслойного DVD-диска?
9. Как производится запись и считывание информации с магнитооптических дисков?
10. Перечислите области применения, преимущества и недостатки накопителей на магнитной ленте.
11. Как работает Flash-память?

# УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

## 4.1. МОНИТОРЫ

К устройствам отображения информации относятся мониторы, а также устройства, ориентированные на решение мультимедийных или презентационных задач: устройства формирования объемных (стереоскопических) изображений и проекторы.

*Монитор* является обязательным элементом ПК, предназначенным для вывода на экран текстовой и графической информации. Соответственно монитор может работать в двух режимах: текстовом и графическом. В *текстовом режиме* экран разбивается на знакоместа, на каждое из которых выводится один из 256 символов таблицы стандарта ASCII. В *графическом режиме* на экран выводятся изображения по пикселям.

Типы современных мониторов отличаются большим разнообразием. По принципу действия все мониторы для ПК можно подразделить на две большие группы:

- на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) — CRT (*Cathode-Ray Tube*), называемой кинескопом;
- плоскпанельные, выполненные в большинстве своем на основе жидких кристаллов — LCD (*Liquid-Crystal Display*).

### 4.1.1. Мониторы на основе ЭЛТ

Используемая в этом типе мониторов технология была разработана немецким ученым Фердинандом Брауном в 1897 г. для измерения переменного тока, т. е. для осциллографа.

Конструкция ЭЛТ-монитора представляет собой стеклянную трубку, внутри которой находится вакуум (рис. 4.1). С фронтальной

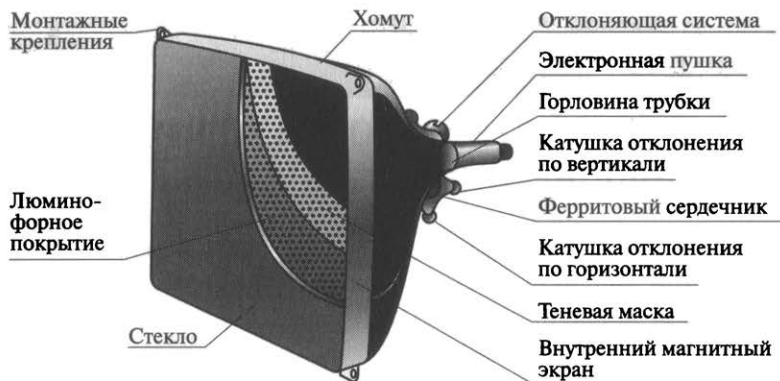


Рис. 4.1. Конструктивная схема ЭЛТ-монитора

стороны внутренняя часть стекла трубки покрыта люминофором. В качестве люминофоров для цветных ЭЛТ используются довольно сложные составы на основе редкоземельных металлов — иттрия, эрбия и др. Люминофор — это вещество, которое испускает свет при бомбардировке его заряженными частицами. Для создания изображения в ЭЛТ-мониторе используется электронная пушка, которая испускает поток электронов сквозь металлическую маску или решетку на внутреннюю поверхность стеклянного экрана монитора, которая покрыта разноцветными люминофорными точками. Электроны попадают на люминофорный слой, после чего энергия электронов преобразуется в свет, т. е. поток электронов заставляет точки люминофора светиться. Эти светящиеся точки люминофора формируют изображение на мониторе. Как правило, в цветном ЭЛТ-мониторе используются три электронные пушки, в отличие от одной пушки, применяемой в монохромных мониторах.

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; размещенные на основании ЭЛТ катушки отклоняющей системы, которые изменяют направление пучка. Любое текстовое или графическое изображение на экране монитора состоит из множества дискретных точек люминофора, называемых *пикселями* и представляющих собой минимальный элемент изображения-растра.

Формирование раstra в мониторе производится с помощью специальных сигналов, поступающих на отклоняющую систему. Под действием этих сигналов производится сканирование луча по по-

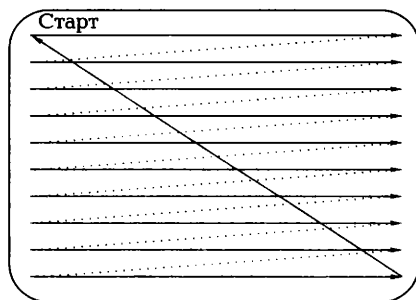


Рис. 4.2. Формирование раstra на экране монитора

верхности экрана по зигзагообразной траектории от левого верхнего угла до правого нижнего, как показано на рис. 4.2. Ход луча по горизонтали осуществляется сигналом строчной (горизонтальной) развертки, а по вертикали — кадровой (вертикальной) 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) производится посредством специальных сигналов обратного хода. Мониторы такого типа называются *растровыми*. Электронный луч в этом случае периодически сканирует 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  $1024 \times 768$  пикселей.

В отличие от телевизора, где видеосигнал, управляющий яркостью электронного пучка, является аналоговым, в мониторах ПК используются как аналоговые, так и цифровые видеосигналы. В связи с этим мониторы для ПК принято подразделять на *аналоговые* и *цифровые*. Первыми устройствами отображения информации ПК были цифровые мониторы.

В *цифровых мониторах* управление осуществляется двоичными сигналами, которые имеют только два значения: логическая 1 и логический 0 («да» и «нет»). Уровню логической единицы соответствует напряжение около 5 В, уровню логического нуля — не более 0,5 В. Поскольку те же уровни «1» и «0» используются в широко распространенной стандартной серии микросхем на основе транзис-

торно-транзисторной логики (*TTL — Transistor Transistor Logic* — транзисторно-транзисторная логика), цифровые мониторы называют TTL-мониторами.

Первые TTL-мониторы были монохромными, впоследствии появились цветные. В монохромных цифровых мониторах точки на экране могут быть только светлыми или темными, различаясь яркостью. Электронно-лучевая трубка монохромного монитора имеет только одну электронную пушку; она меньше цветных ЭЛТ, благодаря чему монохромные мониторы компактнее и легче других.

В кинескопе *цветного цифрового монитора* содержатся три электронные пушки: для красного (*Red*), зеленого (*Green*) и синего (*Blue*) цветов с раздельным управлением, поэтому его называют RGB-монитором.

Цифровые RGB-мониторы поддерживают и монохромный режим работы с отображением до 16 градаций серого цвета.

*Аналоговые мониторы*, так же как и цифровые, бывают цветными и монохромными, при этом цветной монитор может работать в монохромном режиме.

Главная причина перехода к аналоговому видеосигналу состоит в ограниченности палитры цветов цифрового монитора. Аналоговый видеосигнал, регулирующий интенсивность пучка электронов, может принимать любое значение в диапазоне от 0 до 0,7 В. Поскольку этих значений бесконечно много, палитра аналогового монитора не ограничена. Однако видеоадаптер может обеспечить только конечное число градаций уровня видеосигнала, что в итоге ограничивает палитру всей видеосистемы в целом.

Для понимания *принципа формирования раstra цветных мониторов* следует представлять механизм цветового зрения. Свет — это электромагнитные колебания в определенном диапазоне длин волн. Человеческий глаз способен различать цвета, соответствующие различным областям спектра видимого излучения, который занимает лишь незначительную часть общего спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 0,4 до 0,75 мкм.

Совокупное излучение длин волн всего видимого диапазона воспринимается глазом как белый свет. Глаз человека имеет рецепторы трех типов, ответственные за восприятие цвета и различающиеся своей чувствительностью к электромагнитным колебаниям различных длин волн. Одни из них реагируют на фиолетово-синий, другие — на зеленый, третьи — на оранжево-красный цвет. Если на рецепторы свет не попадает, глаз человека воспринимает черный цвет. Если все рецепторы освещаются одинаково, человек видит серый или белый цвет. При освещении объекта часть света отражает-

ся от него, а часть поглощается. Плотность цвета определяется количеством поглощенного объектом света в данном спектральном диапазоне. Чем плотнее цветовой слой, тем меньше света отражается и, как следствие, более темным получается оттенок цвета (тон).

Физиологические особенности цветового зрения исследовались М. В. Ломоносовым. В основу разработанной им теории цветового зрения положен экспериментально установленный факт, что все цвета могут быть получены путем сложения трех световых потоков с высокой насыщенностью, например красного, зеленого и синего, называемых основными, или первичными.

Обычно световое излучение возбуждает все рецепторы человеческого глаза одновременно. Зрительный аппарат человека анализирует свет, определяя в нем относительное содержание различных излучений, а затем в мозгу происходит их синтез в единый цвет.

Благодаря замечательному свойству глаза — трехкомпонентности цветного восприятия — человек может различать любой из цветовых оттенков: достаточно информации только о количественном соотношении интенсивностей трех основных цветов, поэтому нет необходимости в непосредственной передаче всех цветов. Таким образом, благодаря физиологическим особенностям цветового зрения, значительно сокращается объем информации о цвете и упрощаются многие технологические решения, связанные с регистрацией и обработкой цветных изображений.

Еще одним важным свойством цветового зрения является пространственное усреднение цвета, которое заключается в том, что если на цветном изображении имеются близко расположенные цветные детали, то с большого расстояния цвета отдельных деталей неразличимы. Все близко расположенные цветные детали будут выглядеть окрашенными в один цвет. Благодаря этому свойству зрения в электронно-лучевой трубке монитора формируется цвет одного элемента изображения из трех цветов расположенных рядом люминофорных зерен.

Указанные свойства цветового зрения использованы при разработке принципа действия ЭЛТ цветного монитора. В электронно-лучевой трубке цветного монитора расположены три электронные пушки с независимыми схемами управления, а на внутреннюю поверхность экрана нанесен люминофор трех основных цветов: красного, синего и зеленого.

На рис. 4.3 представлена схема образования цветов на экране монитора. Электронный луч каждой пушки возбуждает точки люминофора, и они начинают светиться. Точки светятся по-разному и представляют собой мозаичное изображение с чрезвычайно малы-

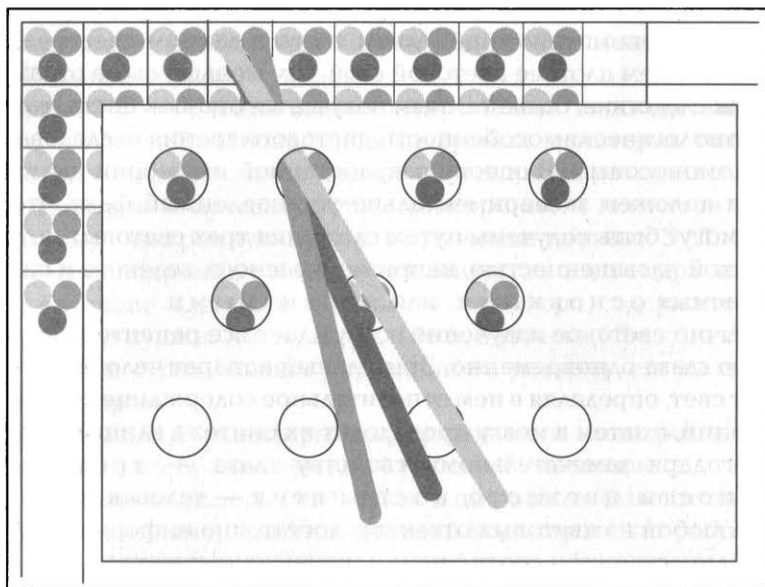


Рис. 4.3. Схема образования цветов на экране монитора

ми размерами каждого элемента. Интенсивность свечения каждой точки зависит от управляющего сигнала электронной пушки. В человеческом глазу точки с тремя основными цветами пересекаются и накладываются друг на друга. Изменением соотношения интенсивностей точек трех основных цветов получают требуемый оттенок на экране монитора. Для того чтобы каждая пушка направляла поток электронов только на пятна люминофора соответствующего цвета, в каждом цветном кинескопе имеется специальная цветоделительная маска.

В зависимости от расположения электронных пушек и конструкции цветоделительной маски (рис. 4.4) различают ЭЛТ четырех типов:

- ЭЛТ с теневой маской (*Shadow Mask*) (рис. 4.4, а) наиболее распространены в большинстве мониторов, производимых LG, Samsung, Viewsonic, Hitachi, Belinea, Panasonic, Daewoo, Nokia;
- ЭЛТ с улучшенной теневой маской (*EDP — Enhanced Dot Pitch*) (рис. 4.4, б);
- ЭЛТ со щелевой маской (*Slot Mask*) (рис. 4.4, в), в которой люминофорные элементы расположены в вертикальных

ячейках, а маска сделана из вертикальных линий. Вертикальные полосы разделены на ячейки, содержащие группы из трех люминофорных элементов трех основных цветов. Этот тип маски применяется фирмами NEC и Panasonic;

- ЭЛТ с апертурной решеткой из вертикальных линий (*Aperture Grill*) (рис. 4.4, г). Вместо точек с люминофорными элементами трех основных цветов апертурная решетка содержит серию нитей, состоящих из люминофорных элементов, выстроенных в виде вертикальных полос трех основных цветов. По этой технологии производятся трубки Sony и Mitsubishi.

Конструктивно теневая маска представляет собой металлическую пластину из специального материала, инвара, с системой отверстий, соответствующих точкам люминофора, нанесенным на внутреннюю поверхность кинескопа. Температурная стабилизация формы теневой маски при ее бомбардировке электронным пучком обеспечивается малым значением коэффициента линейного расширения инвара. Апертурная решетка образована системой щелей, выполняющих ту же функцию, что и отверстия в теневой маске.

Оба типа трубок (с теневой маской и апертурной решеткой) имеют свои преимущества и области применения. Трубки с теневой маской дают более точное и детализированное изображение, поскольку свет проходит через отверстия в маске с четкими краями. Поэтому мониторы с такими ЭЛТ рекомендуется использовать при интенсивной и длительной работе с текстами и мелкими эле-

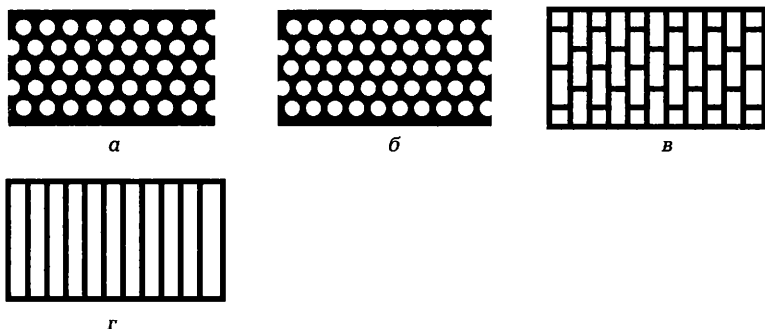


Рис. 4.4. Типы цветоделительных масок ЭЛТ:

а — ЭЛТ с теневой маской; б — ЭЛТ с улучшенной теневой маской; в — ЭЛТ с щелевой маской; г — ЭЛТ с апертурной решеткой

ментами графики. Трубки с апертурной решеткой имеют более ажурную маску, они меньше заслоняют экран и позволяют получить более яркое, контрастное изображение в насыщенных цветах. Мониторы с такими трубками хорошо подходят для настольных издательских систем и других приложений, ориентированных на работу с цветными изображениями.

Минимальное расстояние между люминофорными элементами одинакового цвета в теневого масках называется *Dot Pitch* (шаг точки) и является индексом качества изображения. Шаг точки обычно измеряется в миллиметрах. Чем меньше значение шага точки, тем выше качество воспроизводимого на мониторе изображения. Среднее расстояние между точками люминофора называется *зерном*. У различных моделей мониторов данный параметр имеет значение от 0,2 до 0,28 мм. В ЭЛТ с апертурной решеткой среднее расстояние между полосами называется *Strip Pitch* (шаг полосы) и измеряется в миллиметрах. Чем меньше величина шага полосы, тем выше качество изображения на мониторе.

Помимо электронно-лучевой трубки монитор содержит управляющую электронику, которая обрабатывает сигнал, поступающий напрямую от видеокарты ПК. Эта электроника должна оптимизировать усиление сигнала и управлять работой электронных пушек.

Выведенное на экран монитора изображение выглядит стабильным, хотя на самом деле таковым не является. Движение самого луча происходит настолько быстро, что глаз не в состоянии его заметить. Считается, что мерцание становится практически незаметным при частоте повторения кадров (проходов луча по всем элементам изображения) примерно 75 раз в секунду.

ЭЛТ-мониторы имеют следующие *основные характеристики*.

*Диагональ экрана монитора* — расстояние между левым нижним и правым верхним углом экрана, измеряемое в дюймах. В качестве стандарта для ПК выделились мониторы с диагональю 17", что примерно соответствует 40... 43 см диагонали видимой области. Для профессиональной работы с настольными издательскими системами (НИС) и системами автоматизированного проектирования (САПР) лучше использовать монитор форматом 19" или 21".

*Размер зерна экрана* определяет расстояние между ближайшими отверстиями в цветоделительной маске используемого типа. Расстояние между отверстиями маски измеряется в миллиметрах. Чем меньше расстояние между отверстиями в теневой маске и чем больше этих отверстий, тем выше качество изображения. Лучшие мониторы имеют зерно 0,24 мм, достигая 0,21 мм у самых дорогостоящих моделей.

*Разрешающая способность* монитора определяется количеством элементов изображения, которые он способен воспроизводить по горизонтали и вертикали. Аналоговые мониторы должны обеспечивать разрешение не менее  $1\,024 \times 768$ . Мониторы с диагональю экрана 21" и 24" поддерживают разрешение до  $1\,600 \times 1\,200$  и выше.

*Тип электронно-лучевой трубки* следует принимать во внимание при выборе монитора. Наиболее предпочтительны такие типы кинескопов, как Black Trinitron, Black Matrix или Black Planar. Мониторы этих типов имеют особое люминофорное покрытие.

*Потребляемая мощность монитора* указывается в его технических характеристиках.

*Покрyтия экрана* необходимы для придания ему антибликовых и антистатических свойств, чтобы не утомлять глаза наблюдением отраженных объектов. Наиболее популярен способ нанесения кварцевого антибликового покрытия, рассеивающего падающий свет.

*Защитный экран (фильтр)* рекомендуется в качестве атрибута ЭЛТ-монитора, поскольку медицинские исследования показали, что излучение, содержащее лучи в широком диапазоне (рентгеновское, инфракрасное и радиоизлучение), а также электростатические поля, сопровождающие работу монитора, могут весьма отрицательно сказываться на здоровье человека.

*Безопасность монитора* для человека регламентируется стандартами ТСО: ТСО-92, ТСО-95, ТСО-99, ТСО-03. В ТСО-99 было установлено обязательное требование по частоте развертки — не менее 85 Гц, а пороговые уровни излучений снижены на 10 % по сравнению с ТСО-95. Дальнейшее развитие стандартов ТСО уже не связано с ужесточением требований по уровню излучений, даже в последней версии — ТСО-03.

## 4.1.2. Мультимедийные мониторы

Мультимедийным считается монитор со встроенной акустической системой и обеспечением реалистичности изображения на его экране, который перекрывает поле зрения оператора. Перекрытие поля зрения пользователя необходимо, чтобы исключить влияние многочисленных отвлекающих факторов окружающей обстановки, что особенно важно для пользователя при работе с игровыми приложениями. Кроме того, на передней панели такого монитора должны находиться регулятор громкости и гнезда для подключения стереофонических головных телефонов (наушников) и внешнего микрофона.

В мультимедийных мониторах акустические колонки устанавливаются внутри его корпуса и располагаются либо по бокам от экрана, либо под экраном. Типичная акустическая мощность каждого из громкоговорителей в мультимедийном мониторе от 1,5 до 5 Вт. Мультимедийный монитор удобен и полезен для типовых мультимедийных приложений: игр, видеоконференций, где не требуется звук высокого качества.

### 4.1.3. Плоскопанельные мониторы

Мониторы на основе ЭЛТ обладают рядом недостатков: значительные масса, габаритные размеры и энергопотребление; наличие тепловыделения и излучения, вредного для здоровья человека. В связи с этим на смену ЭЛТ-мониторам пришли плоскопанельные мониторы: жидкокристаллические (ЖК-мониторы), плазменные, электролюминесцентные, мониторы электростатической эмиссии, органические светодиодные мониторы.

#### 4.1.3.1. Жидкокристаллические мониторы

*ЖК-мониторы (LCD — Liquid Crystal Display)* составляют основную долю рынка плоскопанельных мониторов. Первое свое применение жидкие кристаллы нашли в дисплеях для калькуляторов и в кварцевых часах, затем их стали использовать в мониторах для портативных компьютеров. Сегодня в результате прогресса в этой области начинают получать все большее распространение LCD-мониторы для настольных компьютеров.

Основным элементом ЖК-монитора является ЖК-экран, состоящий из двух панелей, выполненных из стекла, между которыми размещен слой жидкокристаллического вещества, которое находится в жидком состоянии, но при этом обладает некоторыми свойствами, присущими кристаллическим телам. Фактически это жидкости, обладающие анизотропией свойств (в частности, оптических), связанных с упорядоченностью ориентации молекул. Молекулы жидких кристаллов под воздействием электричества могут изменять свою ориентацию и вследствие этого изменять свойства светового луча, проходящего сквозь них. Следовательно, формирование изображения в ЖК-мониторах основано на взаимосвязи между изменением электрического напряжения, приложенного к жидкокристаллическому веществу, и изменением ориентации его молекул.



ложках поворачивают вектор электрической напряженности электромагнитного поля в световой волне, проходящей через ячейку, на некоторый угол в плоскости, перпендикулярной оси распространения пучка. Нанесение бороздок позволяет обеспечить одинаковые углы поворота для всех ячеек. Фактически каждая ЖК-ячейка представляет собой электронно управляемый светофильтр, принцип действия которого основан на эффекте поляризации световой волны.

Чтобы поворот плоскости поляризации светового луча был заметен для глаза, на стеклянные панели дополнительно наносят два слоя, представляющих собой поляризационные фильтры. Эти фильтры выполняют функции поляризатора и анализатора.

*Принцип действия ячейки ЖК-монитора* (см. рис. 4.5) в следующем. При отсутствии напряжения между подложками ячейка ЖК-монитора прозрачна, поскольку вследствие перпендикулярного расположения бороздок на подложках и соответствующего закручивания оптических осей жидких кристаллов вектор поляризации света поворачивается и проходит без изменения через систему поляризатор — анализатор (рис. 4.5, *а*). Ячейки, у которых ориентирующие канавки, обеспечивающие соответствующее закручивание молекул жидкокристаллического вещества, расположены под углом  $90^\circ$ , называются твистированными нематическими. При создании между подложками напряжения  $3 \dots 10$  В молекулы жидкокристаллического вещества располагаются параллельно силовым линиям поля (рис. 4.5, *б*). Твистированная структура жидкокристаллического вещества нарушается, 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. Напряжение, приложенное к каждой ЖК-ячейке, формирует ПК.

Для вывода цветного изображения на экран выполняется подсветка монитора сзади, так чтобы свет порождался в задней части ЖК-дисплея. Цвет формируется в результате объединения ЖК-ячеек в триады, каждая из которых снабжена светофильтром, пропускающим один из трех основных цветов.

Увеличение разрешения ЖК-мониторов достигается с помощью специальных технологий.

Технология, при которой закручивание молекул составляет  $90^\circ$ , называется твистированной нематической (*TN — TwistedNematic*). Недостатки ЖК-мониторов, реализующих эту технологию, связаны с низким быстродействием; зависимостью качества изображения (яркости, контрастности) от внешних засветок; значительным взаимным влиянием ячеек; ограниченным углом зрения, под кото-

рым изображение хорошо видно, а также низкими яркостью и насыщенностью изображения.

Следующим этапом на пути совершенствования ЖК-мониторов было увеличение угла закручивания молекул ЖК-вещества с 90 до 270° с помощью STN-технологии (*Super-Twisted Nematic*). Часто STN-ячейки используются в паре. Такая конструкция называется DSTN (*Double Super Twisted Nematic*), в которой одна двухслойная DSTN-ячейка состоит из двух STN-ячеек, молекулы которых при работе поворачиваются в противоположные стороны. Свет, проходя через такую конструкцию в «запертом» состоянии, теряет большую часть своей энергии. Контрастность и разрешающая способность DSTN достаточно высокая, поэтому появилась возможность изготовить цветной дисплей, в котором на каждый пиксел приходится три ЖК-ячейки и три оптических фильтра основных цветов. Цветные дисплеи не способны работать от отраженного света, поэтому лампа задней подсветки — их обязательный атрибут. Для сокращения габаритных размеров лампа находится сбоку, а напротив нее зеркало, как показано на рис. 4.6, поэтому большинство LCD-матриц в центре имеют яркость выше, чем по краям (это не относится к настольным ЖК-мониторам).

Также STN-ячейки используются в режиме TSTN (*Triple Super Twisted Nematic*), когда два тонких слоя полимерной пленки добавляются для улучшения цветопередачи цветных дисплеев или для обеспечения хорошего качества монохромных мониторов.

Для повышения быстродействия ЖК-ячеек используется технология двойного сканирования (*DSS — Dual Scan Screens*), 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 и значительно повысить частоту обновления экрана.

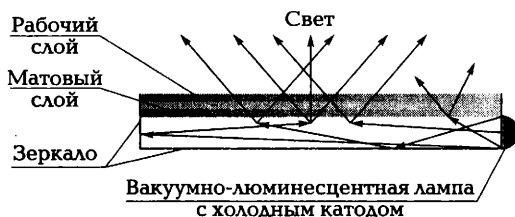


Рис. 4.6. Подсветка в мониторе по DSTN (*Double Super Twisted Nematic*)-технологии

Для получения лучших результатов с точки зрения стабильности, качества, разрешения и яркости изображения используются мониторы с активной матрицей в отличие от применявшихся ранее с пассивной матрицей. Термин пассивная матрица (*Passive Matrix*) относится к такому конструктивному решению монитора, согласно которому монитор разделен на отдельные ячейки, каждая из которых функционирует независимо от остальных, так что в результате каждый такой элемент может быть подсвечен индивидуально для создания изображения. Матрица называется пассивной, потому что рассмотренные ранее технологии создания ЖК-мониторов не могут обеспечить быстроедействие при отображении информации на экране. Изображение формируется строка за строкой путем последовательного подвода управляющего напряжения на отдельные ячейки. Вследствие большой электрической емкости отдельных ячеек напряжение на них не может изменяться достаточно быстро, поэтому изображение не отображается плавно и дрожит на экране. При этом между соседними электродами возникает некоторое взаимное влияние, которое может проявляться в виде колец на экране.

В активной матрице используются отдельные усилительные элементы для каждой ячейки экрана, компенсирующие влияние емкости ячеек и позволяющие значительно увеличить быстроедействие.

Активная матрица (*Active Matrix*) имеет следующие преимущества по сравнению с пассивной матрицей:

- высокая яркость;
- угол обзора, достигающий 120...160°, в то время как у мониторов с пассивной матрицей качественное изображение можно наблюдать только с фронтальной позиции по отношению к экрану;
- высокое быстроедействие, обусловленное временем реакции монитора около 50 мс.

Функциональные возможности ЖК-мониторов с активной и пассивной матрицами несколько отличаются. Разница заключается в матрице электродов, которая управляет ячейками жидких кристаллов дисплея. В случае с пассивной матрицей разные электроды получают электрический заряд циклическим методом при построчной регенерации дисплея, а в результате разряда емкостей элементов изображение исчезает, так как кристаллы возвращаются к своей изначальной конфигурации. В случае с активной матрицей к каждому электроду добавлен запоминающий транзистор, который может хранить цифровую информацию (двоичные значения 0 или 1),

и в результате изображение сохраняется до тех пор, пока не поступит другой сигнал. Такой транзистор, выполняя роль своеобразного коммутирующего ключа, позволяет коммутировать более высокое (до десятков 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 ячеек.

Запоминающие транзисторы производятся из прозрачных материалов, что позволяет световому лучу проходить сквозь них, и располагаются на тыльной части дисплея — на стеклянной панели, которая содержит жидкие кристаллы. Поскольку запоминающие транзисторы выполняются по тонкопленочной технологии, подобные ЖК-мониторы получили название TFT-мониторы (*Thin Film Transistor* — тонкопленочный транзистор). Тонкопленочный транзистор имеет толщину в диапазоне от 0,1 до 0,01 мкм. Технология TFT была разработана специалистами фирмы Toshiba. Она позволила не только значительно улучшить показатели ЖК-мониторов (яркость, контрастность, угол зрения), но и создать на основе активной ЖК-матрицы цветной монитор. Пиксел на основе TFT устроен следующим образом: в стеклянной пластине друг за другом интегрировано три цветных фильтра (красный, зеленый и синий). Каждый пиксел представляет собой комбинацию трех цветных ячеек или субпиксельных элементов. Это означает, например, что у дисплея, имеющего разрешение  $1\,280 \times 1\,024$ , существует ровно  $3\,840 \times 1\,024$  транзистора и субпиксельных элемента. Размер точки (пиксела) для 15,1"-дисплея TFT ( $1\,024 \times 768$ ) приблизительно равен 0,0188" (или 0,30 мм), а для 18,1"-дисплея TFT — около 0,011" (или 0,28 мм).

Специалистами компании Hitachi была создана новая технология многослойных ЖК-панелей Super TFT, которая значительно увеличила угол уверенного обзора ЖК-панели. Технология Super TFT использует простые металлические электроды, установленные на нижней стеклянной пластине и заставляет молекулы вращаться, постоянно находясь в плоскости, параллельной плоскости экрана, как показано на рис. 4.7. Так как кристаллы обычной ЖК-панели поворачиваются к поверхности экрана конечностями, то такие ЖК-мониторы более зависимы от угла зрения, чем ЖК-панели Hitachi с технологией Super TFT. В результате изображение на дисплее остается ярким и четким даже при больших углах обзора.

К основным характеристикам жидкокристаллических мониторов относятся следующие.

Ориентация экрана у ЖК-монитора в отличие от ЭЛТ-монитора может быть как портретная, так и ландшафтная. В ряде случаев (ра-

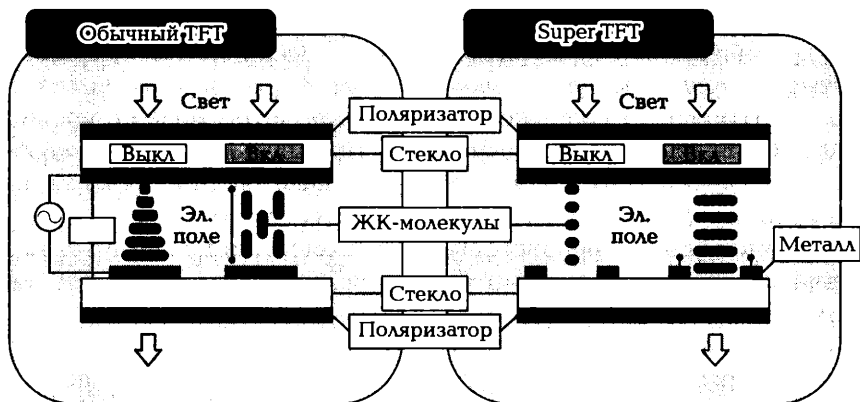


Рис. 4.7. Сравнение структуры мониторов, выполненных по технологии TFT (*Thin Film Transistor*) и STFT (*Super Thin Film Transistor*)

бота с текстами большого объема, Web-страницами) намного удобнее работать с экраном портретной ориентации. ЖК-монитор можно легко развернуть на  $90^\circ$ , при этом ориентация изображения останется прежней.

*Поле обзора* ЖК-мониторов обычно характеризуется углами обзора, отсчитываемыми от перпендикуляра к плоскости экрана по горизонтали и вертикали. Характерные значения углов обзора —  $170/170$  при 10 % падении контрастности.

*Разрешение* ЖК-монитора определяется размером отдельной ЖК-ячейки, т. е. фиксированным размером пикселей. 15-дюймовый монитор имеет физическое разрешение матрицы  $1024 \times 768$  или  $1280 \times 1024$ ; 17- и 19-дюймовый мониторы —  $1280 \times 1024$ . Мониторы с разрешением  $1600 \times 1050$  ориентированы на ПК с достаточно мощной видекартой.

Все приведенные значения характерны для «квадратных» классических мониторов с соотношением сторон 4 : 3. Однако к моменту выхода новой операционной системы Windows Vista мониторы «растягиваются». Новая операционная система гораздо охотнее работает с широкоформатными мониторами (соотношение сторон 16 : 10). Для таких мониторов характерны свои разрешения, а именно для 19-дюймовых моделей —  $1440 \times 900$ . Мониторы с диагональю от 20" обладают разрешением  $1680 \times 1050$ .

*Яркость* — важнейший параметр при выборе ЖК-монитора. Типовая яркость ЖК-монитора  $250 \dots 400$  кд/м<sup>2</sup>. При этом в центре яркость ЖК-монитора может быть на 25 % больше, чем у краев экрана.

*Контрастность изображения* ЖК-монитора показывает, во сколько раз его яркость изменяется при изменении уровня видеосигнала от минимального до максимального. Для современных мониторов характерны значения контрастности от 700 : 1 до 1 000 : 1.

*Инерционность* ЖК-монитора характеризуется минимальным временем, необходимым для активизации его ячейки, и составляет не более 20 мс. Значения — 1, 2, 4, 6 мс GT (Grey-To-Grey — переход от серого к серому) в технических характеристиках означают, что с черно-белым текстом такой монитор будет работать на указанной скорости.

*Палитра* ЖК-мониторов, по сравнению с обычными, ограничена определенным числом воспроизводимых на экране оттенков цветов. Типовой размер палитры современных ЖК-мониторов составляет 262 144 или 16 777 216 оттенков цветов.

*Массогабаритные характеристики и энергопотребление* отличают ЖК-мониторы от ЭЛТ-мониторов. Масса большинства моделей не превышает нескольких килограммов, а толщина экрана — 20 мм. Потребляемая мощность в рабочем режиме не превышает 35... 40 Вт.

Большинство моделей ЖК-мониторов снабжается встроенными динамиками мощностью от 1 до 3 Вт, а также разъемами для подключения головных телефонов. Помимо этого они имеют микрофонный вход и аудиовыход для подключения к звуковой карте и внешнему источнику звука.

#### 4.1.3.2. Плазменные мониторы

*Плазменные дисплеи (Plasma Display Panel — PDP)* все активнее завоевывают рынок широкоэкранных, вытесняя ЖК-мониторы. ЖК-мониторы — плоские и легкие, но их модели с диагональю более 20" отличаются высокой себестоимостью. Плазменная технология лишена указанных недостатков при создании больших экранов, которые благодаря своей малой массе и толщине могут быть установлены в любом месте: на стене, под потолком, на столе. Благодаря широкому углу обзора изображение видно с любой точки. И что самое главное, плазменные мониторы способны передать цвет и резкость, которые раньше были недостижимы при таком размере экрана.

Идея использования газового разряда в средствах отображения родилась много лет назад в СССР в г. Рязани в НПО «Плазма». Однако технология того времени не позволила получить качественное изображение и достичь хорошей цветопередачи.

За рубежом исследования и разработки в области этой технологии начались еще в начале 1960-х гг. при изучении явления, связанного с самостоятельным иницированием электромагнитным полем пробега свободных электронов с заостренного в виде швейной иглы электрода. По такому принципу работают лампы дневного света. Вылетающие электроны ионизируют инертный газ, вызывая его свечение. Технологию получения таких игольчатых матриц разработали в университете штата Иллинойс в 1966 г. В 1980-х гг. эту идею пытались воплотить компании Burroughs и IBM, но не совсем успешно.

Первые плазменные экраны были монохромными (оранжевыми) и могли удовлетворить спрос только специфических потребителей, которым требовалась, прежде всего, большая площадь изображения. Когда стало очевидно, что ни ЖК-, ни ЭЛТ-технологии не в состоянии обеспечить получение недорогих экранов с диагоналями более 21", лидирующие производители бытовых телевизоров и компьютерных мониторов, такие как Hitachi, NEC, а также Fujitsu, вновь вернулись к PDP. Сейчас Fujitsu, Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, NEC, Pioneer и другие производят плазменные мониторы с диагональю 40" и более.

PDP-мониторы создаются путем заполнения пространства между двумя стеклянными поверхностями инертным газом, например аргоном или неоном. Затем на стеклянную поверхность наносят миниатюрные прозрачные электроды, на которые подается высокочастотное напряжение. Под воздействием этого напряжения в прилегающей к электроду газовой области возникает электрический разряд. Плазма газового разряда излучает свет в ультрафиолетовом диапазоне, который вызывает свечение частиц люминофора в диапазоне, видимом человеком. Фактически каждый пиксел на экране работает как обычная лампа дневного света.

Принцип работы плазменной панели состоит в управляемом холодном разряде разреженного газа (ксенона или неона), находящегося в ионизированном состоянии (холодная плазма). Рабочим элементом (пикселом), формирующим отдельную точку изображения, является группа из трех субпикселов, ответственных за три основных цвета соответственно. Каждый субпиксел представляет собой отдельную микрокамеру, на стенках которой находится флуоресцирующее вещество одного из основных цветов (рис. 4.8). Пикселы находятся в точках пересечения прозрачных управляющих хромедь-хромовых электродов, образующих прямоугольную сетку.

Для того чтобы «зажечь» пиксел на два ортогональных друг другу питающий и управляющий электроды, в точке пересечения кото-

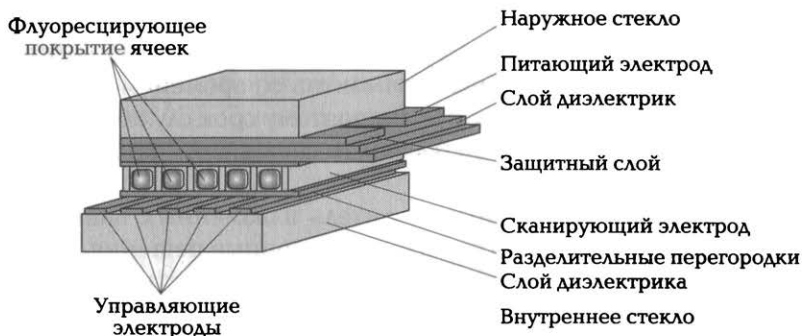


Рис. 4.8. Структура плазменной панели

рых находится нужный пиксел, подаются прямоугольные импульсы высокого управляющего переменного напряжения. Газ в ячейке отдает большую часть своих валентных электронов и переходит в состояние плазмы. Ионы и электроны попеременно собираются у электродов по разные стороны камеры, в зависимости от фазы управляющего напряжения. На сканирующий электрод подается импульс, одноименные потенциалы складываются, вектор электростатического поля удваивает свою величину. Происходит разряд — часть заряженных ионов отдает энергию в виде излучения квантов света в ультрафиолетовом диапазоне (в зависимости от газа). В свою очередь флуоресцирующее покрытие, находясь в зоне разряда, начинает излучать свет в видимом диапазоне, который и воспринимает наблюдатель. Наружным стеклом поглощается 97 % ультрафиолетовой составляющей излучения, вредного для глаз. Яркость свечения люминофора определяется значением управляющего напряжения.

Высокая яркость (до  $500 \text{ кд/м}^2$ ) и контрастность (до 400 : 1) наряду с отсутствием дрожания являются большими преимуществами таких мониторов. Высокая четкость изображения сохраняется на всей рабочей поверхности экрана. Кроме того, угол по отношению к нормали, под которым можно увидеть нормальное изображение на плазменных мониторах, существенно больше, чем у LCD-мониторов. К тому же плазменные панели не создают магнитных полей (что служит гарантией их безвредности для здоровья), не страдают от вибрации. PDP-мониторы обладают стойкостью к электромагнитным полям, что позволяет использовать их в промышленных условиях.

Главными недостатками такого типа мониторов является довольно высокая потребляемая мощность, возрастающая при увели-

чении диагонали монитора и низкая разрешающая способность, обусловленная большим размером элемента изображения. Кроме того, свойства люминофорных элементов со временем ухудшаются, и экран становится менее ярким, поэтому срок службы плазменных мониторов ограничен 10 000 ч, что составляет около 5 лет при интенсивном использовании.

Практически каждый производитель плазменных панелей добавляет к классической технологии собственные решения, улучшающие цветопередачу, контрастность и управляемость. Такие крупнейшие производители, как Fujitsu, Matsushita, Mitsubishi, NEC, Pioneer и др., начали производство плазменных мониторов с диагональю 40" и более.

#### 4.1.3.3. Электролюминесцентные мониторы

Электролюминесцентные мониторы (*Electric Luminescent Displays — ELD*) (рис. 4.9) по своей конструкции аналогичны ЖК-мониторам. Принцип действия электролюминесцентных мониторов основан на явлении испускания 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. Однако они уступают ЖК-мониторам по энергопотреблению, поскольку на ячейки подается

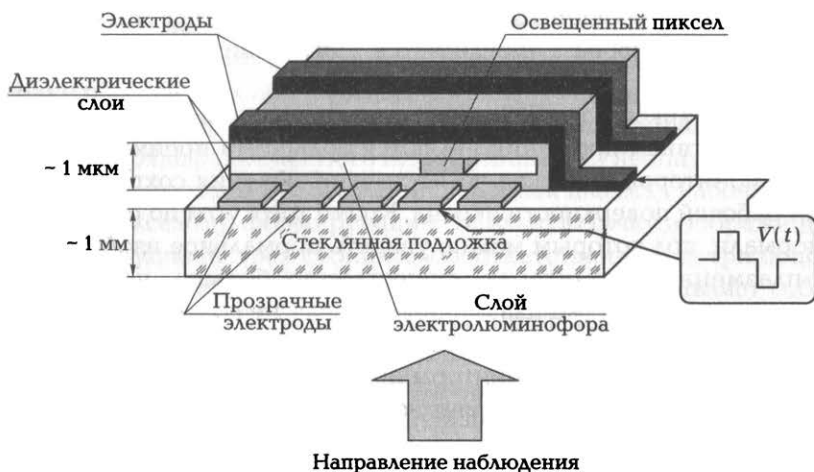


Рис. 4.9. Структура панели электролюминесцентного монитора

относительно высокое напряжение — около 100 В. Цвета у них не такие чистые, как у ЖК-моделей, и изображение на ярком свете тускнеет. ELD-мониторы работают в широком спектре температур (от  $-40$  до  $+85$  °С). Среднее время наработки на отказ (МВТФ) составляет 100 000 ч. Время отклика меньше 1 мс. Угол обзора более  $160^\circ$ .

#### 4.1.3.4. Мониторы электростатической эмиссии

*Мониторы электростатической эмиссии (Field Emission Displays — FED)* являются продуктом традиционной технологии, основанной на использовании ЭЛТ, и жидкокристаллической технологии. Мониторы FED основаны на процессе, который несколько похож на тот, что применяется в ЭЛТ-мониторах, так как в обоих методах применяется люминофор, светящийся под воздействием электронного луча.

Главное отличие между ЭЛТ- и FED-мониторами состоит в том, что ЭЛТ-мониторы имеют три пушки, которые испускают три электронных луча, последовательно сканирующих экран, покрытый люминофорным слоем, а в FED-мониторе каждый пиксел изображения формируется излучением электронов с нескольких тысяч субмикрометровых остроконечных элементов поверхности. Благодаря этому не требуется высоковольтная эмиссия, и рабочее напряжение устройства может быть снижено. Оно во многом зависит от материала эмитирующей поверхности. Например, если электроны генерируются молибденом, то на управляющие электроды достаточно подать 12 В.

Однако несмотря на привлекательность низковольтной конструкции, оказалось, что для эффективного облучения люминофора все же требуется разогнать электроны в высоковольтном поле. В качестве пикселей применяются такие же зерна люминофора, как и в ЭЛТ-мониторе, что позволяет получить чистые и сочные цвета, свойственные обычным мониторам. Однако активизация этих зерен производится не электронным лучом, а электронными ключами, подобными тем, что используются в ЖК-мониторах, построенных по TFT-технологии. Управление этими ключами осуществляется специальной схемой, принцип действия которой аналогичен принципу действия контроллера ЖК-монитора.

Для функционирования монитора электростатической эмиссии необходимо высокое напряжение — около 5 000 В. Энергопотребление мониторов электростатической эмиссии значительно выше,

чем ЖК-мониторов, но на 30 % ниже, чем энергопотребление ЭЛТ-мониторов с экраном того же размера. Эта технология обеспечивает наилучшее качество изображения среди всех плоскпанельных мониторов и самую низкую инерционность (около 5 мкс).

FED-мониторы обеспечивают высокую яркость изображения (600...800 кд/м<sup>2</sup>) и угол обзора 160° во всех направлениях, а также имеют очень короткое время отклика, легки, тонки, потребляют мало электроэнергии, могут работать в широком температурном диапазоне.

#### 4.1.3.5. Органические светодиодные мониторы

*Органические светодиодные мониторы (Organic Light-Emitting Diode Displays — OLEDs), или LEP-мониторы (Light Emission Plastics — светоизлучающий пластик), по своей технологии похожи на ЖК- и ELD-мониторы, но отличаются материалом, из которого изготавливается экран: в LEP-мониторах используется специальный органический полимер (пластик), обладающий свойством полупроводимости. При пропускании электрического тока такой материал начинает светиться.*

Начало LEP-технологии было положено в 1989 г., когда профессор Ричард Френд вместе с группой химиков научной лаборатории Кембриджского университета открыл светоизлучающие полимеры (*Light Emitting Plastics*).

*Светоизлучающие полимеры — это одна из разновидностей так называемых сопряженных полимеров, электропроводность разных представителей которых лежит в весьма широком диапазоне, и они, будучи расположенными, между электродами, излучают свет. Эти полимеры — полифениленвинилен (PPV) и циано-PPV (CN-PPV) — являются полупроводниками и, кроме того, еще и самоизолируемы. В связи с этим первым применением проводящего пластика стали проводники. На данный момент такие пластики по электропроводности приближаются к меди и имеют срок службы порядка 10 лет. Они применяются (в частности, компанией Matsushita) для изготовления электродов в батареях, проводящего покрытия электростатических динамиков, антистатических покрытий и для нанесения проводящих дорожек на печатных платах.*

В сотрудничестве компаний CDT с японской корпорацией Seiko Epson был создан первый пластиковый монохромный монитор с разрешением 800 × 236 точек и площадью около 50 мм<sup>2</sup> при толщине всего в 2 мм. Каждым пикселом этого дисплея управлял отдельный

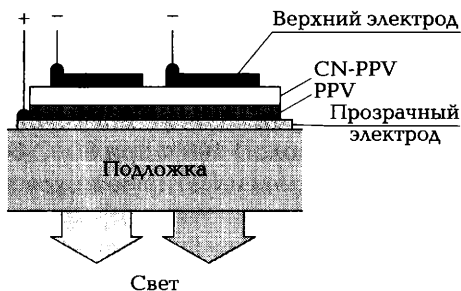


Рис. 4.10. Устройство экрана LEP-монитора

тонкопленочный транзистор (TFT), а светоизлучающий полимер наносился на коммутирующую матрицу в жидком виде по технологии, аналогичной стандартной струйной печати. Устройство экрана LEP-монитора показано на рис. 4.10.

LEP-монитор эксперты считают одним из главных кандидатов на роль монитора следующего поколения в связи с относительной простотой применения тонкопленочных технологий на основе стандартных литографических процессов при низких затратах и высокой надежности производства, а также вследствие того, что LEP-мониторы работают при напряжении питания всего около 5 В и имеют малую массу. Это позволяет использовать их в малогабаритных переносных устройствах (мобильные телефоны, дисплеи ноутбуков, калькуляторы, видеокамеры, цифровые фотоаппараты), которые питаются от аккумуляторов и батарей. Кроме того, устройство монитора достаточно простое — слои полимера наносят прямо на TFT-матрицу и прозрачную подложку. Незначительное влияние соседних электронов, обусловленное хорошими изоляционными свойствами полимера, позволяет формировать изображение из самых малых элементов. Таким образом, можно получить практически любое разрешение и придать отдельному пикселу, а также экрану в целом произвольную форму. И наконец, важнейшее преимущество LEP-мониторов — они очень тонкие. Это позволяет наносить различные поляризационные покрытия, обеспечивающие высокую контрастность изображения. Кроме того, в отличие от ЖК-дисплеев угол обзора новых устройств может достигать 180° за счет того, что пластик излучает сам и не требует подсветки.

Одной из главных проблем LEP-технологии является низкая эффективность излучения света, т. е. отношение его интенсивности к плотности проходящего тока. Существенным недостатком был и

достаточно узкий диапазон длин волн, в котором излучали пластики. Его границы удалось расширить, и в настоящее время он простирается от синего до ближнего инфракрасного. При различных температурных режимах срок службы LEP-мониторов составляет более 7 000 ч при 20 °С и около 1 100 ч при 80 °С без ухудшения характеристик для устройств, эксплуатирующихся в нормальных атмосферных условиях.

#### 4.1.4. Сенсорные мониторы

Сенсорный монитор позволяет осуществлять ввод данных в ПК и управлять программным обеспечением посредством касания экрана. Такое взаимодействие становится возможным благодаря встроенному в монитор сенсорному экрану (*Touch Screen*), установленному поверх экрана самого монитора и чувствительного к прикосновению.

Внешне сенсорный монитор практически ничем не отличается от обычного, так как сенсорный экран находится внутри корпуса монитора. В зависимости от типа сенсорного экрана касание может осуществляться пальцем, рукой в перчатке, специальным пером ввода или любым подходящим для этого предметом. Сенсорный экран соединен со специальным контроллером, который вычисляет координаты точки касания к экрану и передает их в компьютер.

Сенсорные мониторы применяются в платежных терминалах, или POS-терминалах (*Point Of Sell*), информационных киосках, оборудовании для автоматизации торговли, карманных компьютерах, операторских панелях в промышленности. Они выполняются как на базе дисплеев на основе ЭЛТ, так и на основе ЖК-дисплеев с активной TFT-матрицей. Конструктивно они изготавливаются в POS-исполнении как автоматизированные рабочие места (АРМ) кассиров, настольном, а также в встраиваемом исполнении.

Выбор сенсорного монитора зависит от той задачи, для которой он будет использоваться. Модели с большим экраном (19" и более) удобны для ввода и просмотра информации и чаще всего встраиваются в стену, рекламный стенд или иной конструктив. Малоформатные мониторы (15" и менее) занимают мало места и экономят пространство.

Фактически сенсорный монитор объединяет функции устройства отображения и ввода информации. В связи с этим сенсорные технологии, реализуемые в конструкциях сенсорных экранов, рассмотрены в гл. 6.

## 4.1.5. Выбор монитора

При выборе монитора следует провести *тестирование качества* выводимого на экран монитора изображения с помощью специальной утилиты. В случае отсутствия специальных утилит используют визуальный контроль качества. Предварительно необходимо включить монитор и дать ему прогреться не менее 20 мин. После непрерывной работы в течение 1,5... 2 ч можно заметить такой тип брака, как появление на экране слабо выраженных нарушений чистоты тона, хорошо заметных на белом фоне и с большого расстояния.

*Геометрические искажения* можно выявить путем перемещения объекта с постоянными размерами, например приложением любого окна небольшого размера к экрану и измерением его размеров в разных частях экрана. Если размеры окна изменяются в разных частях экрана, значит, присутствует геометрическое искажение, которое, скорее всего, нельзя исправить, особенно если в мониторе не предусмотрены изменяемые параметры настройки геометрии в достаточном количестве.

*Цветопередача* может быть проконтролирована путем последовательного отображения на экране чистых красного, зеленого и синего цветов.

*Неравномерность засветки* выявляют при выведении на экран полностью белого изображения. Яркость должна быть равномерной по всей площади и не должно быть заметно никаких явных цветных или темных пятен.

## 4.2. ПРОЕКЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

*Проекционный аппарат (проектор)* (от лат. *proiciō* — бросаю вперед) — оптико-механический прибор для проецирования на экран увеличенных изображений различных объектов.

Принцип действия проекционных аппаратов заключается в проецировании с помощью оптической системы на экран изображения объекта, нанесенного на тонкой полупрозрачной пленке, при освещении его мощной проекционной лампой. В результате изображение может быть показано большой аудитории.

Первый проектор изобрел немецкий физик и математик Афанасий Кирхер в 1640 г., назвав свой аппарат «волшебный фонарь». Аппарат, в котором источником света служила свеча, позволял создавать на экране теневые проекции изображения людей, животных или предметов, вырезанных из картона.

Современные проекционные аппараты служат для демонстрации прозрачных объектов: диапозитивов (кодопроекторы), диафильмов (диапроекторы), непрозрачных (эпипроекторы), а также тех и других (эпидиапроекторы). Проекционные аппараты применяются для презентаций, в качестве технических средств обучения. Поскольку в настоящее время весомая часть информации находится в электронном виде, возникла необходимость проецирования на экран изображения с экрана монитора.

Современные проекционные аппараты, подключаемые к ПК, позволяют проецировать на большой экран изображение с экрана монитора. В компьютерных проекторах в качестве источника проецируемого изображения используется специальный электронно-управляемый модулятор, на который подается сигнал от видеоадаптера ПК. Такой модулятор выполняет функцию диапозитивной пленки или слайда в обычном проекторе и используется в качестве управляемого светофильтра, модулирующего световой поток от проекционной лампы.

Конструкции и принципы действия модуляторов отличаются большим разнообразием, хотя в основном они построены на базе ЖК-панелей. Все компьютерные проекторы можно разбить на две группы:

- универсальные проекторы (оверхед-проекторы) общего назначения; в качестве источника изображения в них используется специальный внешний модулятор — ЖК-панель;
- мультимедийные проекторы со встроенным модулятором.

### 4.2.1. Оверхед-проекторы и ЖК-панели

*Оверхед-проектор* (*Over Head Projector* — проектор, расположенный над головой) — проекционный аппарат, в котором изображение от источника проецируется на экран при помощи наклонного проекционного зеркала. Конструктивно в зависимости от места размещения проекционной лампы оверхед-проекторы подразделяются на отражательные и просветные.

Отражательные проекторы представляют собой малогабаритные устройства, предназначенные для проецирования изображений, нанесенных на специальную прозрачную пленку. Отражательные проекторы не могут использоваться совместно с ЖК-панелями, поскольку мощность проекционной лампы у них невелика.

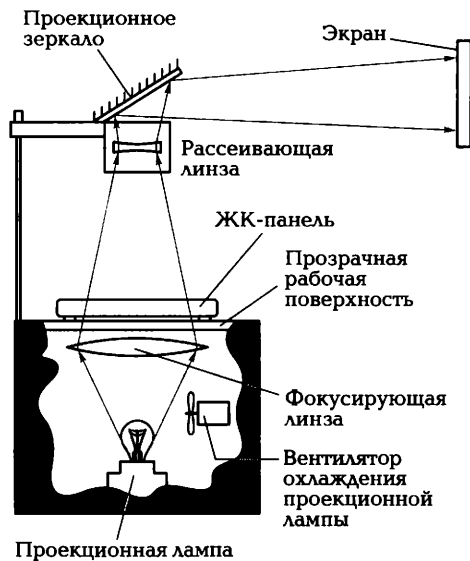


Рис. 4.11. Оптическая схема просветного оверхед-проектора

Просветные проекторы (рис. 4.11) отличаются тем, что у них проекционная лампа размещается под рабочей поверхностью устройства внутри его основания, мощность лампы увеличена в десятки раз и имеется ее принудительное охлаждение с помощью вентилятора, как показано на оптической схеме. Такая конструкция позволяет использовать в качестве источника изображения не только прозрачные пленки, но и менее прозрачные ЖК-панели.

ЖК-панель, подключенную к видеоадаптеру ПК, устанавливают на прозрачную рабочую поверхность проектора как прозрачную пленку. Световой поток от проекционной лампы через специальную фокусирующую линзу освещает ЖК-панель и, проходя через нее и рассеивающую линзу, поступает на проекционное зеркало.

По конструкции и габаритным размерам ЖК-панель напоминает дисплей ПК типа Notebook, причем на ее корпусе расположены органы управления параметрами изображения.

Качество изображения, формируемого оверхед-проектором, подключаемым к компьютеру, определяется характеристиками ЖК-панели, которые аналогичны характеристикам плоскочастотных ЖК-мониторов: размер, максимальное разрешение, количество воспроизводимых оттенков цветов, яркость. В зависимости от разрешения экрана различают ЖК-панели следующих типов с со-

ответствующим максимальным разрешением экрана: VGA-панели (640 × 480); SVGA-панели (800 × 600); XGA-панели (1 024 × 768); SXGA-панели (1 280 × 1 024). В VGA-панелях, рассчитанных на небольшую аудиторию, в качестве экрана используется пассивная ЖК-матрица, основанная на применении технологии DSTN; в более качественных панелях используется активный TFT-экран. Характерные размеры ЖК-матрицы для проекторов 20... 150 мм по диагонали.

Для управления работой ЖК-панели может использоваться дистанционная мышь, соединенная с адаптером, подключенным к последовательному порту компьютера при помощи кабеля или по радиоканалу.

## 4.2.2. Мультимедийные проекторы

В мультимедийном проекторе проекционная лампа, ЖК-матрица и оптическая система конструктивно размещаются в одном корпусе, что делает их похожими на диапроекторы, предназначенные для просмотра слайдов или диафильмов. По принципу действия мультимедийный проектор не отличается от оверхед-проектора: изображение создается с помощью мощной проекционной лампы и встроенного в проектор электронно-оптического модулятора, управляемого сигналом видеоадаптера ПК, а затем посредством оптической системы проецируется на внешний экран. Основным отличием мультимедийных проекторов является конструкция модулятора и способы построения и переноса изображения на экран. В зависимости от конструкции модулятора проекторы бывают следующих типов: TFT-проекторы, полисиликоновые проекторы и DMD/DLP-проекторы.

В зависимости от способа освещения модулятора мультимедийные проекторы подразделяют на проекторы просветного и отражательного типов.

В *TFT-проекторах*, относящихся к проекторам просветного типа, в качестве модулятора используется малогабаритная цветная активная ЖК-матрица, выполненная по технологии TFT. Принцип действия мультимедийного TFT-проектора просветного типа иллюстрирует рис. 4.12.

Основным элементом установки является миниатюрная ЖК-матрица, выполненная по технологии TFT, как и ЖК-экран плоскопанельного цветного монитора. Равномерное освещение поверхности ЖК-матрицы достигается за счет применения системы линз, называемой конденсором.

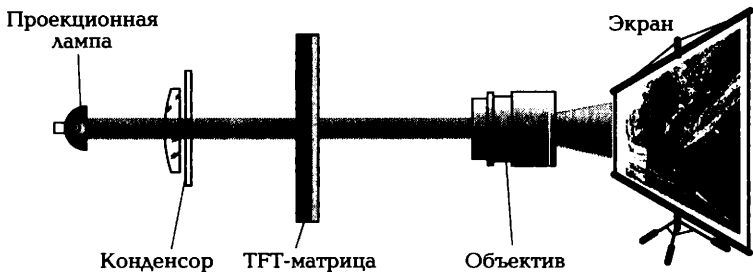


Рис. 4.12. Принцип действия мультимедийного TFT-проектора просветного типа

Полисиликоновые мультимедийные проекторы также относятся к проекторам просветного типа и применяются в том случае, когда необходимо получить более яркое изображение. В них используется не одна цветная TFT-матрица, а три монохромные миниатюрные ЖК-матрицы размером около 1,3". Каждая из матриц формирует монохромное изображение красного, зеленого или синего цвета. Оптическая система проектора, как показано на рис. 4.13, обеспечивает совмещение трех монохромных изображений, в результате чего формируется цветное изображение. Такая технология получила название полисиликоновой (*p-Si*). Каждый элемент полисиликоновой матрицы содержит только один тонкопленочный транзистор, поэтому его размер меньше, чем размер элемента TFT-матрицы, что позволяет повысить четкость изображения.

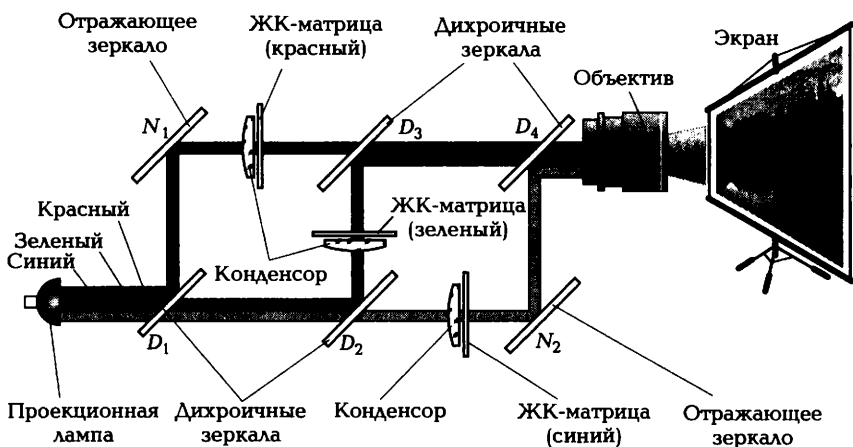


Рис. 4.13. Принцип действия полисиликонового мультимедийного проектора просветного типа

Цветоделительная система полисиликонового проектора, состоящая из двух дихроичных ( $D_1, D_2$ ) и одного обычного ( $N_1$ ) зеркал, используется для разложения белого света проекционной лампы на три составляющие основных цветов (красный, зеленый, синий). Цветоделение необходимо выполнить для того, чтобы подать на каждую из трех монохромных матриц световой поток соответствующего цвета. Дихроичное (цветоделительное) зеркало пропускает свет только одной длины волны (один цвет) и представляет собой хорошо отполированную стеклянную подложку с нанесенной на него тонкой пленкой из диэлектрического материала.

Система цветосмещения полисиликонового проектора состоит из двух дихроичных ( $D_3, D_4$ ) и одного отражающего ( $N_2$ ) зеркал и служит для получения цветного изображения путем наложения одного на другой трех монохромных изображений, создаваемых соответствующими ЖК-матрицами.

Полисиликоновые проекторы обеспечивают более высокое качество изображения, яркость и насыщенность цветов по сравнению с проекторами на основе TFT-матриц. Они более надежны в работе и долговечны, поскольку три ЖК-матрицы работают в менее напряженном тепловом режиме, чем одна. Благодаря этому полисиликоновые проекторы можно использовать при проецировании изображения на большой экран в таких помещениях, как конференц-залы, кинотеатры.

*ЖК-проекторы отражательного типа* предназначены для работы в больших аудиториях и отличаются по принципу действия: модуляции подвергается не проходящий, а отраженный световой поток. Наиболее часто используемой в конструкциях ЖК-проекторов отражательного типа является технология DMD/DLP, разработанная фирмой Texas Instruments.

В DMD/DLP-проекторах отражательного типа излучение источника света модулируется изображением при отражении от матрицы, состоящей из электрически управляемых микрозеркал и выполненной по технологии MEMS (*micro electromechanical system* — микроэлектромеханические системы). В DMD/DLP-проекторах в качестве отражающей поверхности используется матрица, состоящая из множества (до миллиона) электронно-управляемых микрозеркал, размер каждого из которых  $14 \times 14$  мкм, а зазор между ними — около 1 мкм. Каждое микрозеркало имеет возможность отражать падающий на него свет либо в объектив, либо в поглотитель, что определяется уровнем поданного на него электрического сигнала. При попадании света в объектив образуется яркий пиксел экрана, а в поглотитель — темный. Такие матрицы обозначаются

аббревиатурой DMD (*Digital Micromirror Device* — цифровой микрозеркальный прибор), а технология, на которой основан их принцип действия, — DLP (*Digital Light Processing* — цифровая обработка света). Как правило, в одной DMD-матрице содержится около  $848 \times 600 = 508\,800$  микрозеркал, что превосходит SVGA-разрешение ( $800 \times 600 = 480\,000$  пикселей). DMD-матрицы имеют значительный срок службы — не менее 30 лет.

Для получения цветного изображения используются проекторы двух вариантов: с тремя или одной DMD-матрицей. Трехматричный проектор, схема которого представлена на рис. 4.14, по способу формирования цветного изображения аналогичен полисиликоновому (см. рис. 4.13).

В одноматричных DMD/DLP-проекторах полный цветной кадр формируется в результате последовательного наложения трех быстро меняющихся монохромных кадров: черно-красного, черно-зеленого и черно-синего. Смена монохромных кадров на экране незаметна благодаря инерционности человеческого зрения. Монохромные кадры образуются при последовательном освещении DMD-матрицы лучом красного, зеленого и синего цветов. Луч каждого цвета образуется за счет пропускания светового потока от проекционной лампы через вращающийся диск с красным, зеленым и

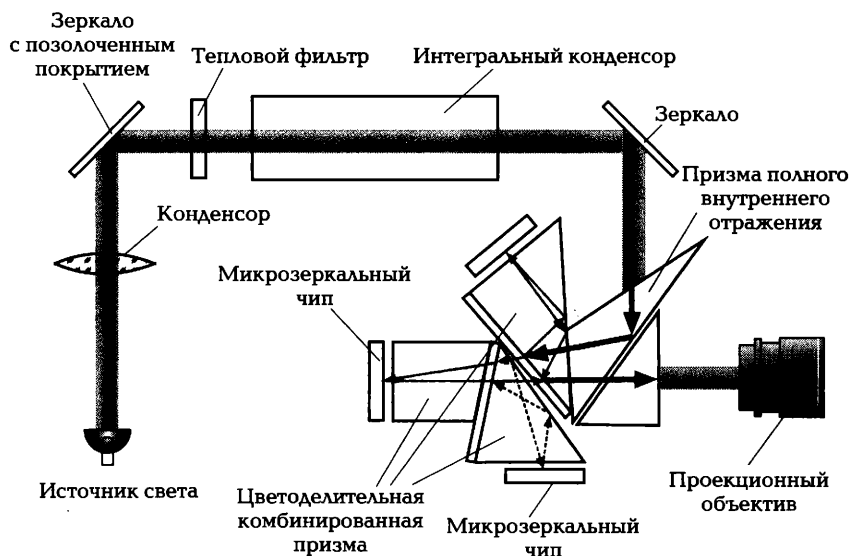


Рис. 4.14. Схема трехматричного отражательного мультимедийного проектора

синим светофильтрами, как это показано на схеме одноматричного проектора (рис. 4.15). Управление микрозеркалами синхронизировано с поворотом светофильтра.

По сравнению с ЖК-технологиями технология DLP обладает следующими преимуществами: практически полным отсутствием зернистости изображения, высокой яркостью и равномерностью ее распределения. К недостаткам одноматричных DMD-проекторов следует отнести заметное мелькание кадров.

В проекторах, реализующих D-ILA-технологю (*Direct Drive-Image Light Amplifier*), основным элементом является D-ILA-матрица, которая представляет собой многослойную структуру, размещенную на подложке из монокристаллического кремния (рис.4.16, а) Все компоненты схемы управления выполнены по технологии CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) и располагаются за светомодулирующим слоем жидких кристаллов. Это позволяет существенно увеличить плотность размещения пикселей, размеры которых могут составлять всего несколько микрон, и обеспечить высокую эффективность использования площади кристалла. Преимуществом технологии является также возможность формирования светомодулирующего слоя и схемы управления в ходе единого технологического процесса. Отражающие свойства матрицы определяются состоянием слоя жидких кристаллов, изменяющегося под воздействием переменного электрического напряжения, которое

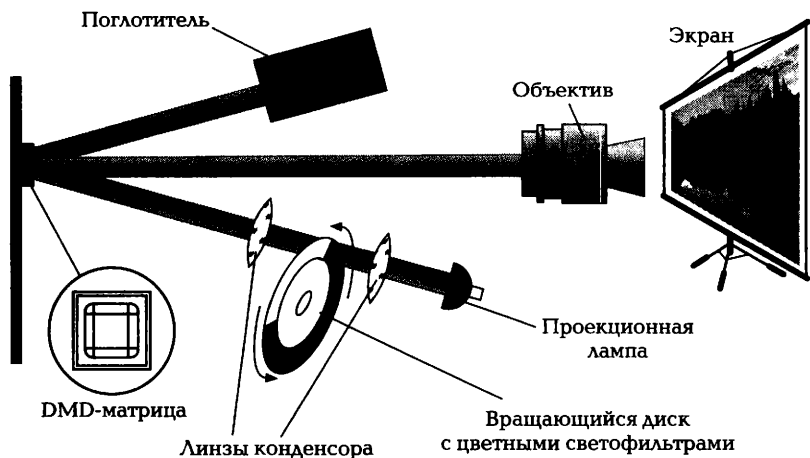


Рис. 4.15. Схема одноматричного отражательного мультимедийного проектора

формируется между отражающими пиксельными электродами и общим для всех пикселей прозрачным электродом. D-ILA-матрицы выдерживают существенное повышение температуры, что позволяет применять в проекторах, выполненных на их основе, мощные источники света.

Проекторы D-ILA строятся по трехматричной схеме (каждая матрица формирует изображение одного из базовых цветов RGB-пространства) и демонстрируют изображение, на котором практически незаметна пиксельная структура. Оптическая схема D-ILA-проектора показана на рис. 4.16, б. Эти проекторы с равным успехом

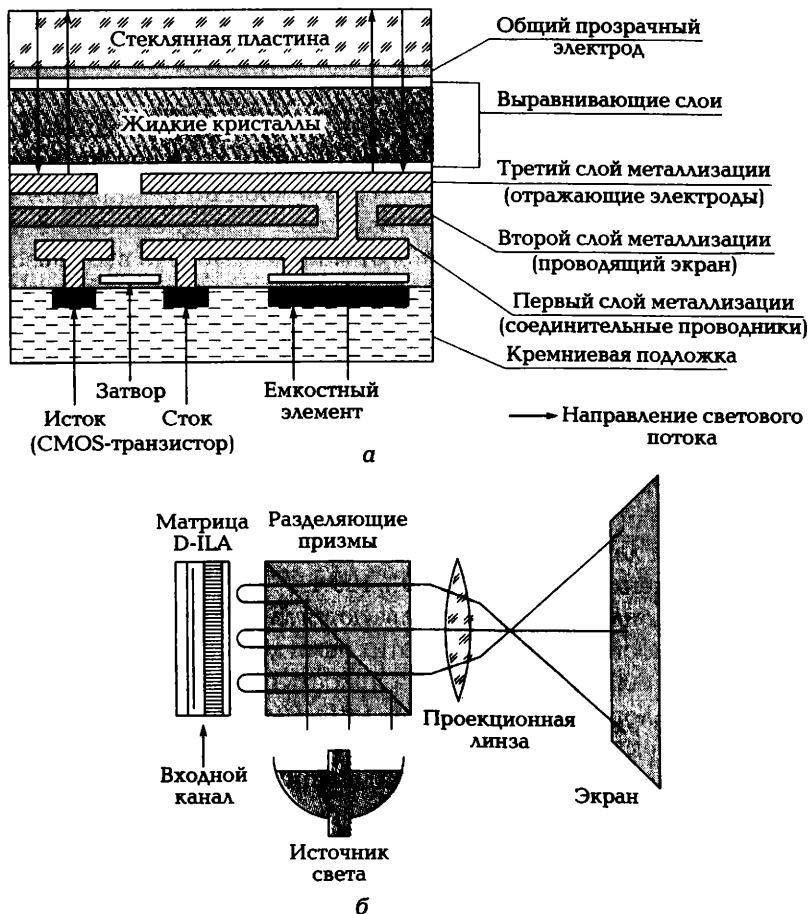


Рис. 4.16. D-ILA-проекторы:

а — структура D-ILA-матрицы; б — оптическая схема проектора

могут быть применены для воспроизведения компьютерных и видеосигналов, однако в силу новизны технологии ряд выпускаемых на сегодняшний день устройств относительно невелик.

К *основным параметрам* видеопроекторов относятся следующие.

*Световой поток (ANSI-люмен)* (люмен — единица светового потока). (ANSI — Американский национальный институт стандартов.) Световой поток аттестуется как полусреднее значение результатов измерений освещенности в девяти равномерно распределенных точках контрольного экрана размером  $0,82 \times 0,61$  м, полученными при минимальном фокусном расстоянии проекционного объектива. У различных проекторов значение светового потока может быть от 1 000 до 12 000 лм. Для обеспечения достаточной освещенности экрана шириной 2,6 м в затемненном помещении необходим световой поток не менее 400 лм.

*Контрастность* — в соответствии со стандартом измеряется при проецировании 16-клеточного шахматного поля и вычисляется в виде отношения освещенности, усредненной по результатам измерений в центрах белых прямоугольников, к средней освещенности в центрах черных. Изменяется от модели к модели в диапазоне 250:1 ... 500:1.

*Равномерность* — отношение минимальной освещенности, измеренной в девяти точках контрольного экрана, к максимальной. В документации многих проекторов не указывается. У отдельных, особенно компактных, проекторов снижение освещенности на периферии кадра относительно центра достигает 50 %.

*Источник света.* В проекторах используются галогенные, металлогалогенные или ксеноновые дуговые лампы.

Галогенные лампы установлены в проекторах небольшой мощности. Они имеют срок службы 50 ... 100 ч.

Металлогалогенные лампы используются для проекторов средней и высокой мощности. Срок службы этих ламп достигает 1 000 ... 2 000 ч, причем через 1 000 ч эксплуатации яркость падает на 20 %. Миниатюрные металлогалогенные лампы (*Ultra High Performance — UHP*) наиболее эффективны и долговечны.

Ксеноновые дуговые лампы, обладающие ресурсом более 1 000 ч и обеспечивающие наилучшую цветопередачу, используются в мощных проекторах.

К числу основных производителей мультимедийных проекторов относятся: Philips, Mitsubishi, Matsushita, InFocus, Epson, Sharp, Sanyo, Hitachi, Sony, ASK, PLUS, CTX, Ampro, Barco, Sim2 и некоторые другие.

### 4.2.3. Выбор проекционного аппарата

В настоящее время на рынке существуют сотни моделей проекторов. При выборе модели рекомендуется принять во внимание ряд характеристик.

По значению *яркости* светового потока проекторы могут быть подразделены на следующие группы:

500... 1 000 лм — используются в неосвещенных помещениях и домашнего просмотра фильмов;

1 000... 1 500 лм — применяются для аудиторий, комнат с очень низким уровнем проникновения дневного света;

1 500... 2 000 лм — обладают достаточным уровнем яркости, обеспечивают проекцию изображения большого размера в хорошо освещенных помещениях;

2 000 лм и более — очень яркие проекторы, представляют собой категорию портативных или полупортативных проекторов высокого качества исполнения, которые отлично подойдут для создания четкого изображения на больших экранах в конференц-залах, куда поступает большое количество дневного света.

Высокое *разрешение* проектора позволяет отобразить изображение более детально.

Варианты базового разрешения:

SVGA (800 × 600) — популярное разрешение недорогих проекторов, которые воспроизводят отличное изображение;

XGA (1 024 × 768) — имеют более высокую стоимость, но достаточно популярные проекторы;

SXGA (1 280 × 1 024) — стоимость значительно выше, чем у проекторов с разрешением XGA, предназначены для использования для управления и контроля, а также при работе с инженерными и CAD/CAM-программами, где важна четкость изображения мельчайших деталей;

UXGA (1 600 × 1 200) — проекторы с высокой стоимостью, предназначены для рабочих станций очень высокого разрешения, которые содержат большое количество информации.

Для работы с графиками в стиле Power Point, диаграммами, схемами и обычными бизнес-презентациями прекрасно подойдет разрешение SVGA. Для презентаций с использованием таблиц и схем типа Excel, где содержится большое количество цифровых данных, разрешение XGA вполне удовлетворительно. Для проецирования технических чертежей или других изображений, относящихся к технической сфере, понадобится проектор очень высокого разрешения SXGA.

При выборе разрешения проектора рекомендуется согласовать разрешение монитора ПК, с которым он будет использоваться. Лучше, чтобы их разрешения совпадали. Многие современные проекторы могут распознавать входные сигналы, отличные от их разрешения.

*Масса* может быть существенным фактором при выборе проектора. Масса портативных проекторов не превышает 3 кг, а стационарных — от 4 до 7 кг.

*Контрастность* проектора должна быть не менее 400:1 для того, чтобы воспроизводимое изображение обладало как можно большей четкостью. Если проектор будет работать при включенном освещении, необходима модель с очень высокой контрастностью.

*Соотношение форматов* в проекторах, как правило, бывает двух типов — 4:3 или 16:9. Соотношение форматов 4:3 — наиболее часто используемое в компьютерах. Проекторы с соотношением 16:9 предназначены для домашних кинотеатров.

Срок службы лампы в некоторых проекторах высокой стоимости достигает 6 000 ч.

### **4.3. УСТРОЙСТВА ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

---

Устройства формирования объемных (трехмерных) изображений появились в качестве элементов системы виртуальной реальности, которые интенсивно совершенствуются. Термин «виртуальная реальность» может быть переведен как воображаемый, кажущийся, даже «поддельный» мир.

По своей конструкции такие устройства принципиально отличаются от традиционных мониторов, поскольку в их основе лежит способ формирования трехмерных изображений, основанный на эффекте бинокулярного зрения, или стереозрения.

Особенности восприятия человеком объемных изображений определяются следующими факторами: первичными (врожденными), основанными на использовании бинокулярного зрения, и вторичными, основанными на накопленном человеком опыте ориентации в пространстве и позволяющими оценить глубину наблюдаемого объекта по косвенным признакам, доступным при монокулярном зрении. Важнейшими, безусловно, являются вторичные факторы. Объемное восприятие объектов возможно как при бинокулярном, так и при монокулярном зрении, поэтому иллюзию трехмерности изображения можно создать при помощи традиционных двухмерных устройств отображения (телевизора, монитора).

Особенности объемного изображения (тени, взаимное положение и т. д.) можно создавать на искусственных моделях виртуального компьютерного мира, используя новую технологию, которую принято называть трехмерной графикой, или 3D. В основе этой технологии лежит такой 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 свойствами трехмерного объекта. Поскольку объем вычислений, необходимый для расчета трехмерной сцены, исключительно велик, эту работу выполняют специализированные графические процессоры, называемые ускорителями трехмерной графики, или 3D-акселераторами, которые подробнее будут рассмотрены в подразд. 4.4. Ярким примером 3D-графики являются многочисленные трехмерные компьютерные игры.

Механизм бинокулярного зрения связан с явлением одновременного раздражения светом горизонтально расположенных несимметричных точек сетчатки глаз. Асимметрия этих точек обусловлена тем, что оба глаза, расположенные один от другого 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. Практический способ формирования стереоизображения заключается в том, что два изображения одного и того же предмета, как показано на рис. 4.17, проецируемые на каждый глаз, разворачиваются в горизонтальной плоскости один относительно другого на небольшой угол, образуя так называемую *стереопару*. Такой стереоскоп по-

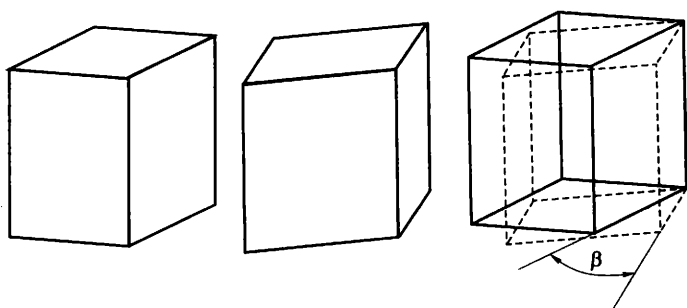


Рис. 4.17. Принцип формирования стереопары

зволяет видеть объемное изображение за счет отдельного наблюдения каждым глазом двух почти одинаковых плоских изображений, образующих стереопару.

Принцип действия стереоскопа реализуется во всех современных устройствах формирования объемных изображений. Однако используемые в них конкретные способы формирования стереопары отличаются между собой. Чтобы каждый глаз мог видеть только одну половину стереопары, существуют два основных способа:

- использование для каждого глаза отдельного экрана (двухэкранный способ);
- проецирование двух изображений, составляющих стереопару, на общий экран с последующей селекцией элементов стереопары, обеспечивающей их отдельный показ каждому глазу (одноэкранный способ).

*Двухэкранные устройства* основаны на использовании в качестве двух экранов миниатюрных ЭЛТ, с помощью которых удается получить весьма высокое разрешение (до  $1\,280 \times 1\,024$  на каждом экране), однако все устройство отображения получается весьма тяжелым и громоздким, поэтому для его крепления около глаз используют специальную штангу. Такие устройства относятся к типу BMD (*Boom Mounted Display* — дисплей, закрепленный на штанге). Они применяются в составе профессиональных тренажеров-симуляторов.

Громоздкость двухэкранных устройств была преодолена путем использования компактных ЖК-экранов. Появились и непрерывно совершенствуются удобные 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. Существует также группа устройств типа HHD (*Hand Held Display* — дисплей, удерживаемый в руках). Типичным представителем устройств типа HHD являются подключаемые к ПК бинокли, в которые вмонтированы две ЖК-матрицы. Бинокли имеют значительно меньшую массу и габаритные размеры по сравнению с устройствами типа BMD, поэтому они находят все более широкое применение в сфере мультимедиа.

*Одноэкранные устройства* обеспечивают показ частей трехмерного изображения на одном экране. Однако при этом используется специальное оборудование для разделения (селекции) изображений, составляющих стереопару. Существует несколько способов селекции.

- **Одновременный (метод поляризационной селекции).** На один экран одновременно проецируются два изображения, образующие стереопару, причем каждое изображение имеет различную поляризацию световой волны. В 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 становится непрозрачным, перекрывая поле зрения одному глазу. 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 ПК.
- **Комбинированный метод.** Отличается от затворного метода тем, что позволяет использовать простые (пассивные) поляризационные очки вместо более дорогих активных.

### **4.3.1. Шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы)**

Шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы), называемые также кибершлемами, являются в настоящее время наиболее совершенными устройствами формирования трехмерных изображений. 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. Каждая из ЖК-матриц формирует цветное изображение, которое благодаря особой конструкции шлема видит только один глаз. Помимо экранов VR-шлем снабжен стереофоническими головными телефонами и микрофоном. Узел шлема, объединяющий в себе эти матрицы и органы регулировки, называется *визором*. Визор дает возможность регулировать расстояние между матрицами по горизонтали, которое должно соответствовать расстоянию между зрачками пользователя, называемому *IPD (Inter Pupil Distance)*. Визоры некоторых моделей шлемов оборудованы специальной оптической системой автоматического определения IPD, исключающей необходимость в индивидуальной настройке шлема.

Важнейшей особенностью VR-шлемов является наличие так называемой системы виртуальной ориентации (СВО) (*Virtual Orientation System — VOS*), которая отслеживает движение головы и в соответствии с ним корректирует изображение на экранах. В случае поворота головы в одну сторону панорамное изображение «прокручивается» через ЖК-матрицы в противоположном направлении. В результате у пользователя возникает иллюзия стабильности наблюдаемой картины, ощущение реальности изображения. В зависимости от принципа действия и типа используемого поля различают магнитные, ультразвуковые и инерциальные СВО.

*Магнитные СВО* распространены наиболее широко. В них используются миниатюрные магнитные датчики (катушки индуктивности). Магнитная СВО включает в себя блок внешних неподвижных передатчиков, выполняющих роль радиомаяков; датчик-приемник, расположенный на шлеме; 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. Обработывая передаваемые и принимаемые сигналы, системный электронный блок вычисляет пространственные координаты приемника относительно передатчика. Результаты вычислений передаются в ПК через стандартный последовательный интерфейс RS-232.

В *ультразвуковых СВО* вместо магнитных используются малогабаритные пьезокерамические преобразователи, выполняющие функции передатчиков и приемников. Обычно используются три

передатчика и приемника, размещенные в шлеме. Системный блок посылает на передатчики электрический сигнал и регистрирует ультразвуковой сигнал. Измеряя временную задержку между посланным и принятым сигналом, а также зная скорость распространения звуковой волны (около 330 м/с), можно достаточно точно определить расстояние между передатчиком и приемником. Путем обработки результатов измерений расстояния между тремя парами датчиков рассчитывают положение и ориентацию шлема (головы пользователя) в пространстве.

*Инерциальные СВО* используются в VR-шлемах моделей, предназначенных в основном для профессионального применения. Свое название они получили благодаря использованию в них инерциальных датчиков — гироскопов и акселерометров, не требующих для своей работы магнитных или ультразвуковых полей. С их помощью создается независимая инерциальная система координат, в которой отслеживается положение головы пользователя.

В инерциальных СВО в качестве гироскопов используются миниатюрные твердотельные датчики в корпусе в форме куба. Каждый датчик состоит из полупроводникового лазерного передатчика и приемника. Датчики расположены в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. С помощью датчиков измеряются угловые скорости вращения в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях, а также направление вектора магнитного поля Земли. Инерциальные СВО невосприимчивы к внешним электрическим и магнитным полям.

В качестве входного сигнала для VR-шлема может использоваться либо видеосигнал от бытовой видеоаппаратуры, либо RGB-сигнал видеоадаптера ПК.

VR-шлемы с визорами обычно рассчитаны на подключение непосредственно к видеоадаптеру ПК. Помимо визора VR-шлем оборудован высококачественной стереофонической аудиосистемой. Источником звука может быть либо телевизор (видеомагнитофон), либо звуковая карта компьютера.

Модели VR-шлемов крайне разнообразны по техническим решениям и возможностям и по праву считаются продуктами самых высоких компьютерных технологий. На российском рынке известны такие модели, как VFX3D, семейство шлемов-очков I-Glasses (I-Glasses LC и I-Glasses X2) фирмы InterSense, кибершлем V8 фирмы Virtual Research Systems, eMagin Z800 3D Visor, Sony Glasstron S-700, I-O Display Systems SVGA 2D. Конструкции шлемов постоянно совершенствуются: если первые имели массу 1,3 кг, то впоследствии — 200 г.

Шлемы виртуальной реальности в настоящее время являются наиболее удачными из всех устройств, основанных на использовании особенностей бинокулярного зрения.

### 4.3.2. 3D-очки

3D-очки являются наиболее распространенными и доступными по цене устройствами формирования трехмерных изображений. Принцип их действия основан на использовании затворного метода разделения элементов стереопары. 3D-очки используются в качестве дополнения к обычному монитору и могут подсоединяться к видеоадаптеру ПК при помощи гибкого провода.

Принцип действия 3D-очков заключается в том, что при последовательном отображении на мониторе левой и правой частей стереопары синхронно изменяется прозрачность стекол очков. В результате каждый глаз видит только свою часть стереопары, что обеспечивает стереоэффект. Чтобы стекла 3D-очков могли «терять прозрачность» по командам компьютера, их выполняют по технологии ЖК-ячейки просветного типа, использующей эффект поляризации. Поэтому 3D-очки иногда называют поляризационными. Поскольку прозрачность стекол 3D-очков изменяется синхронно со сменой изображения на экране вследствие управления сигналами видеоадаптера, их называют активными.

Таким образом, термины «активные поляризационные очки», «3D-очки» — синонимы; они обозначают устройства, работающие на одинаковом принципе.

Подключение 3D-очков к ПК производится в большинстве случаев с помощью дополнительного устройства — контроллера, который формирует синхросигнал для 3D-очков, управляющий поочередным затемнением стекол, и преобразует (при необходимости) выходной видеосигнал и синхросигналы видеоадаптера таким образом, чтобы обеспечить отдельный последовательный показ элементов стереопары на экране монитора.

В большинстве моделей 3D-очков контроллер выполняется в виде отдельного внешнего блока, хотя в настоящее время появилось много видеоадаптеров с интегрированными контроллерами для 3D-очков.

Современный рынок 3D-очков достаточно разнообразен. Преимущественно используются беспроводные модели, обеспечивающие связь с ПК с помощью инфракрасного передатчика, аналогичного телевизионному пульту управления.

К основным производителям 3D-очков, представленных на российском рынке, относятся фирмы H3D Entertainment, Elsa, Nu Vision и ряд других. Компания Motorola в 2008 г. запатентовала гибридный смартфон и очки виртуальной реальности, которые могут быть использованы для просмотра фильмов. Стереозвук, а также широкие дуги очков должны обеспечить полное погружение в атмосферу фильма.

### 4.3.3. 3D-мониторы

Одним из направлений получения стереоскопического изображения является использование *3D-мониторов*.

*Мониторы с поляризационным фильтром* обеспечивают формирование трехмерного изображения с помощью монитора, оборудованного специальным внешним электронно-управляемым поляризационным фильтром. Этот фильтр используется вместе с пассивными поляризационными очками. Фильтром управляют сигналы специального контроллера, подключаемого к выходу видеоадаптера, подобно контроллеру 3D-очков. Однако в отличие от активных очков у фильтра изменяется не прозрачность, а направление поляризации проходящей через него световой волны.

Контроллер управляет фильтром таким образом, что нечетные кадры оказываются поляризованными в одном направлении, а четные — в другом. В свою очередь, одно стекло пассивных очков пропускает свет с одним направлением поляризации, а другое — с другим. В результате один глаз видит только одну часть стереопары, а второй — только вторую.

Таким образом, в фильтре реализован такой же, как и в активных 3D-очках, затворный метод разделения элементов стереопары. Достоинством данного устройства по сравнению с активными 3D-очками является возможность использования легких и удобных пассивных очков.

Современные 3D-мониторы, содержащие LCD-панели, можно подразделить на несколько типов по способу стереовизуализации: стереоскопические, голографические и волюметрические (на объемных носителях). Последние два типа не получили массового распространения и представляют собой в основном лабораторные или демонстрационные образцы.

3D-мониторы используются в качестве средства стереовизуализации и получили наибольшее развитие. Такие мониторы воспроизводят два ракурса объемной сцены, один из которых предназначен для левого, а другой — для правого глаза.

*Стереоскопические мониторы*, в свою очередь, подразделяются на автостереоскопические (не требующие дополнительно использования очков для разделения левого и правого изображений стереопары) и те, которые подразумевают использование облегченных поляризационных очков.

*Автостереоскопические 3D-мониторы*, получившие в последнее время широкое применение, основаны на применении эффекта барьера параллакса. Барьер параллакса представляет собой еще один дополнительный встроенный ЖК-экран. В режиме моно этот экран полностью прозрачен, а при активации стереорежима представляет собой сетку из вертикальных непрозрачных полос, которые создают тени от лампы в нужных местах экрана, как это показано на рис. 4.18. Метод автостереоскопии достаточно прост и не требует дополнительных конструкций, внешне автостереомониторы выглядят так же, как обычные LCD-дисплеи.

Такие фирмы, как Sharp (Япония), Dimension Technologies Inc (США), Pavonine (Корея), оснастили ряд своих моделей трехмерной автостереовизуализацией.

Другая группа 3D-мониторов предусматривает использование при работе с ними специальных поляризационных очков. Необходимость использования очков компенсируется устранением ряда недостатков, свойственных автостереоскопии. Такого типа 3D-мониторы можно подразделить по способу стереовизуализации на интерлейсные, фазово-поляризационные и зеркальные.

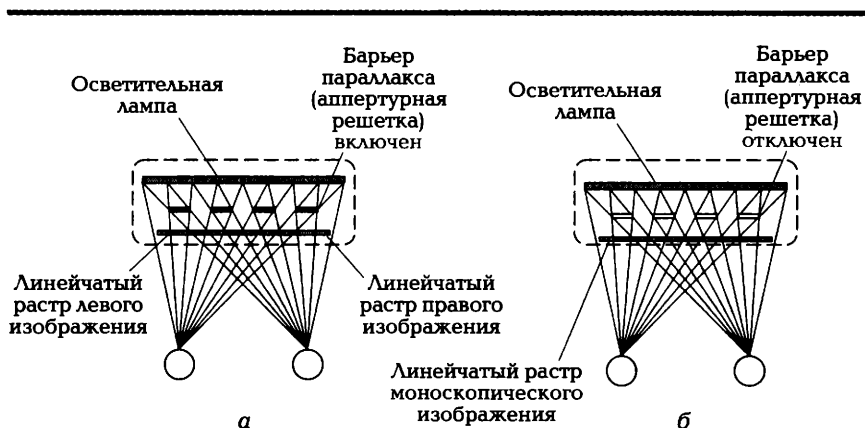


Рис. 4.18. Схема принципа действия аппертурно-растрового автостереодисплея:

а — барьер параллакса включен; б — барьер параллакса отключен

В *интерлейсных (чересстрочных) 3D-мониторах* выводятся только четные или нечетные строки каждого из изображений, формирующих стереопару. В таком режиме происходит потеря вертикального разрешения вдвое за счет того, что каждое изображение представлено только половиной строк. Метод получил довольно широкое распространение в профессиональной среде за счет относительно невысокой стоимости, поскольку не предполагает дополнительных требований к видеокарте и монитору.

В *интерлейсных 3D-мониторах* благодаря появлению LCD-технологий стал возможным одновременный вывод на экран двух составляющих стереопары. Одна половина стереопары выводится на четных строках, другая — на нечетных. Кроме того, левое и правое изображения имеют ортогональную или круговую поляризацию, благодаря чему происходит разделение изображений для левого и правого глаз при просмотре через поляризационные очки.

Преимущества таких устройств: компактность, четкость изображения, отсутствие мерцания, невысокая стоимость. К недостаткам следует отнести: потери разрешения, повышенную утомляемость от разглядывания долгое время неровного, «полосчатого» изображения. *Интерлейсные 3D-мониторы* относятся к разряду полупрофессиональных, поскольку лучше всего приспособлены для демонстрационных целей и восприятия компьютерных игр. Наиболее известные в России производители таких мониторов — корейские компании Zalman, Pavonine, Hyundai.

*Фазово-поляризационные 3D-мониторы* основаны на методе, предусматривающем суммирование световой интенсивности левого и правого изображений в каждом пикселе и последующее разделение суммарного изображения на левое и правое с помощью поляризации.

В частности в 19"-стереомониторе Perceiva компании MacNaughton Inc(США) обычный жидкокристаллический дисплей содержит две параллельные LCD-панели и поляризационные фильтры, как показано на рис. 4.19. На первой панели в каждом пикселе задается суммарная интенсивность, а на второй — направление поляризации. Преобразование входных левого и правого изображений производится специальным процессором, который находится в мониторе. На выходе из монитора после прохождения через поляризационные очки оператора световые сигналы формируют два изображения: для левого и правого глаз.

К числу основных достоинств реализованного в данной модели метода относятся:

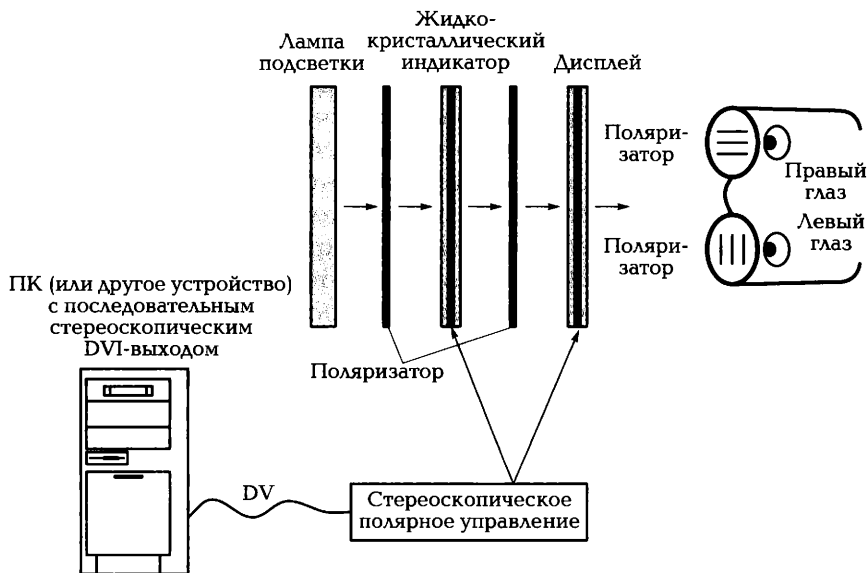


Рис. 4.19. Схема принципа действия фазово-поляризационного 3D-монитора

- повышенная яркость и контрастность изображения (благодаря использованию в качестве источника света устройства, аналогичного используемому в проекционном телевидении);
- отсутствие потери разрешения;
- отсутствие необходимости для оператора работать в рамках «зоны наилучшего восприятия», благодаря чему одновременно несколько человек, надев поляризационные очки, могут наблюдать на экране одного и того же монитора стереоэффект. Фазово-поляризационный 22"-стереомонитор iZ3D российско-американской компании Neurok Optics отличается от Perceiva тем, что кодирование производится программно, с помощью видеодрайвера.

*Зеркальные 3D-мониторы* реализуют принцип, основанный на совмещении ортогонально поляризованных изображений двух жидкокристаллических дисплеев с помощью полупрозрачного зеркала и последующего разделения левого и правого изображений стереопары через пассивные поляризационные очки, как показано на рис. 4.20.

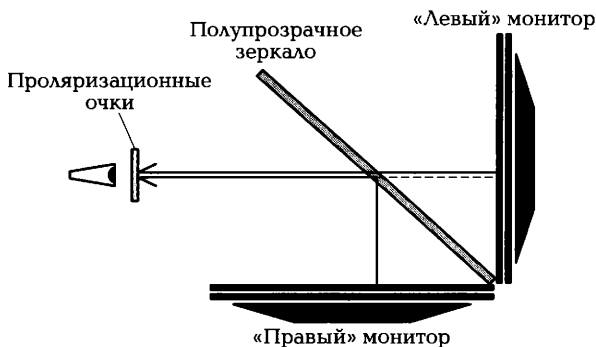


Рис. 4.20. Конструктивная схема зеркального 3D-монитора

Важным достоинством зеркальных 3D-мониторов является их поддержка имеющимся программным обеспечением, в том числе на уровне драйверов. Полноэкранные двухмониторные стереорежимы поддерживаются драйверами всех видеокарт на основе чипсетов NVIDIA. В этом режиме могут быть запущены практически все 3D-программы на основе стандартов DirectX и OpenGL, даже изначально не поддерживающие стереоотображение.

3D-мониторы компании Planar (США) состоят из двух LCD-мониторов форматов 17" или 25", между которыми находится полупрозрачное зеркало. Аналогичное конструктивное решение воплощено в 3D-мониторах компании Omnia Technologias S.L. (Испания), TRUE3Di (Канада), StereoPixel (Россия). Размеры ЖК-панелей 3D-мониторов достигают 46".

3D-мониторы применяются в качестве профессиональной аппаратуры в медицине, дизайне, научных исследованиях и картографии. Кроме того, 3D-мониторы как устройства виртуальной реальности находят промышленное применение. Современные системы виртуальной реальности, используемые в производстве, — новый этап развития устройства ввода-вывода информации систем автоматизированного проектирования и моделирования. Например, применение систем виртуальной реальности в автомобилестроении позволяет сократить время подготовки новой модели к серийному производству с 18 мес (в США и Западной Европе) до полугода. При этом значительно сокращается и время на доводку автомобиля: все вопросы по эргономике салона и ремонтпригодности, собираемости узлов и агрегатов оказываются разрешенными на этапе проектирования. Виртуальная реальность применяется для интерактивного проектирования скважин, оперативного управления геологией и геофизического анализа.

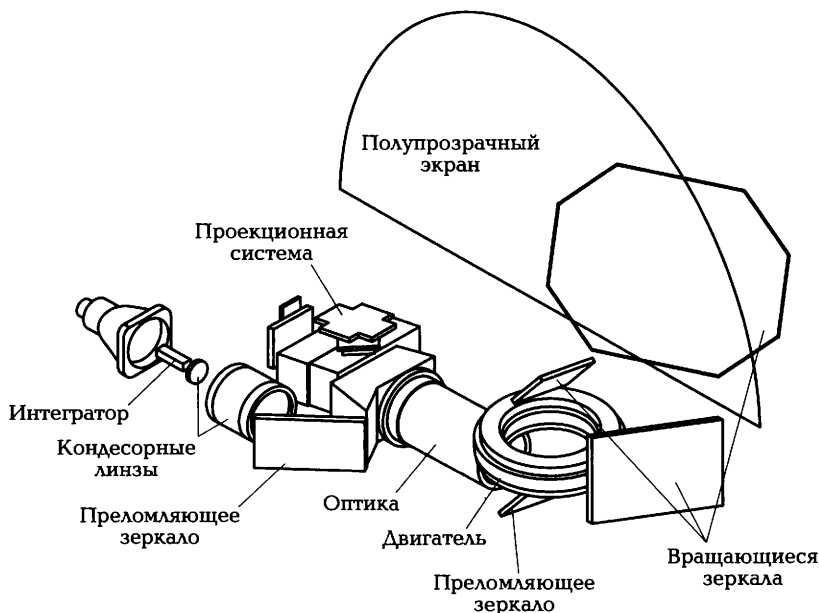


Рис. 4.21. Объемный монитор Perspecta

Компания Actuality Systems разработала виртуальную систему Perspecta 3D в виде *объемного монитора* (рис. 4.21). Угол обзора изображения для дисплея Perspecta составляет  $360^\circ$ . Объемное разрешение составляет  $768 \times 768 \times 198$ , т.е. 100 млн вокселей (*voxel* — воксель — элемент объемного изображения — «трехмерный пиксел»), частота обновления кадров равна 24 Гц. Встроенный графический процессор позволяет создавать изображения, которые в натуральном виде воспринимаются как несколько сотен цветов.

Монитор Perspecta (см. рис. 4.21) состоит из трех основных блоков: процессора обработки графического изображения, проектора и вращающейся системы, включающей двигатель, систему зеркал, полупрозрачный экран и внутренний купол. При скорости вращения 730 об./мин формируется объемное изображение. Проекционная система для этой конструкции обладает высокими значениями яркости и контрастности.

Основные алгоритмы формирования и вывода объемного изображения заключены в сочетании конструктивных особенностей данной модели, алгоритмов обработки и преобразования изображений.

### 4.3.4. 3D-проекторы

*3D-проекторы* предназначены для коллективного просмотра объемных изображений в больших аудиториях. Главными отличиями 3D-проекторов от мультимедийных являются сложная конструкция оптической системы и наличие специальных поляризационных фильтров (встроенных или внешних), при помощи которых производится селекция элементов стереопары.

Для создания объемного изображения применяются следующие методы.

Метод с *пассивными очками* предполагает использование двух LCD-проекторов, каждый из которых воспроизводит изображение для правого и левого глаз, что приводит к созданию стереоскопичной картинки и ортогонального направления поляризации светового потока, идущего на зрителя. Поляризация пассивных очков также ортогональна. В результате зритель видит раздельно изображения для левого и правого глаз, в результате формируется стереоскопическое изображение. Преимущество этой системы в том, что выходной световой поток LCD-проекторов уже поляризован, поэтому эффективность светового потока проекторов при таком методе высока. Недостатком является высокая стоимость устройства, содержащего два проектора.

При реализации метода с *активными очками* могут использоваться DLP-проекторы. Информация для каждого глаза передается поочередно при высокой частоте обновления кадра (96...120 Гц), что позволяет задействовать лишь один аппарат. В этом достоинство данного метода. Недостатком является конструкция активных очков с электронным obtюратором, разделяющим изображение для левого и правого глаз. Они могут быть некомфортны для зрителя после определенного периода просмотра. В 2008 г. компании Lightspeed Design и InFocus разработали две модели 3D-проекторов на базе DLP-технологии DepthQ-WXGA и DepthQ-XGA. Проекторы обладают яркостью на уровне 2000 ANSI-люмен и показателем контрастности 2000 : 1. Разрешения этих 3D-проекторов — 1280 × 720 и 1024 × 768 соответственно. Проекторы имеют портативное исполнение, их масса не более 4 кг.

## 4.4. ВИДЕОАДАПТЕРЫ

*Видеоадаптер (видеокарта)* является компонентом видеосистемы ПК, выполняющим преобразование цифрового сигнала, циркулирующего внутри ПК, в аналоговые электрические сигналы, по-

даваемые на монитор. По существу видеоадаптер выполняет роль интерфейса между компьютером и устройством отображения информации — монитором.

Совместно с монитором видеокарта образует видеоподсистему персонального компьютера. Видеокарта не всегда была компонентом ПК.

Физически видеоадаптер выполнен в виде отдельной дочерней платы, которая вставляется в один из слотов материнской платы и называется видеокартой. Видеоадаптер взял на себя функции видеоконтроллера, видеопроцессора и видеопамати. По мере развития ПК видеоадаптеры стали реализовывать аппаратное ускорение 2D- и 3D-графики, обработку видеосигналов, прием телевизионных сигналов и многое другое.

Существует ряд видеостандартов, различающихся по степени разрешения и числу цветов. Характеристика «разрешение» изображений в цифровой форме оценивает, насколько детальным является данное изображение или процесс его создания. Более высокое разрешение означает более высокий уровень детализации.

CGA (*Color Graphics Adapter*) — графическая карта, выпущенная IBM в 1981 г., и первый стандарт цветных мониторов для IBM PC. CGA поддерживает несколько графических и текстовых видеорежимов. Наивысшее разрешение среди всех режимов — 640 × 200, наибольшая цветовая глубина — 4 бит (16 цветов).

EGA (*Enhanced Graphics Adapter*) — стандарт мониторов и видеоадаптеров, выпущен IBM в 1984 г. для новой модели персонального компьютера IBM PC AT. Видеоадаптер EGA позволяет использовать от 16 до 64 цветов при разрешении 640 × 350 пикселей. Видеоадаптер оснащен 16-килобайтным ПЗУ для расширения графических функций BIOS.

VGA (*Video Graphics Array*) — стандарт выпущен IBM в 1987 г. для компьютеров PS/2 Model 50 и более старших. Видеоадаптер VGA подключается как к цветному, так и к монохромному монитору. Частота обновления экрана во всех стандартных режимах, кроме 640 × 480, — 70 Гц, в режиме 640 × 480 — 60 Гц.

Видеоадаптер имеет возможность одновременно выводить на экран 256 различных цветов, каждый из которых может принимать одно из 262 144 различных значений (по 6 бит на красный, зеленый и синий компоненты). Видеоадаптер VGA, в отличие от предыдущих видеоадаптеров IBM (CGA, EGA), использует аналоговый сигнал для передачи цветовой информации. Переход на аналоговый сигнал был обусловлен необходимостью сокращения числа проводов в кабеле.

SVGA (*Super Video Graphics Adapter*) — современный видеоадаптер, представляет собой универсальное графическое устройство, способное к разрешению  $800 \times 600$ .

XGA (*eXtended Graphics Array*) был создан IBM в 1990 г. и стал стандартом для видеокарт и дисплеев, способных к разрешению  $1024 \times 768$ . Его развитием стал стандарт SXGA (*Super eXtended Graphics Array*), обеспечивающий разрешение  $1280 \times 1024$  при 16,7 млн цветов.

UXGA (*Ultra eXtended Graphics Array*) — стандарт отображения графической информации, обеспечивающий разрешение  $1600 \times 1200$  при 16,7 млн цветов.

Видеоадаптер определяет следующие характеристики видеосистемы:

- максимальное разрешение и максимальное число отображаемых оттенков цветов;
- скорости обработки и передачи видеoinформации, определяющие производительность видеосистемы и ПК в целом.

Кроме того, в функцию видеоадаптера включается формирование сигналов горизонтальной и вертикальной синхронизации, используемых при формировании раstra на экране монитора.

Принцип действия видеоадаптера состоит в следующем.

Процессор формирует цифровое изображение в виде матрицы  $N \times M$   $n$ -разрядных чисел и записывает его в видеопамять. Участок видеопамати, отведенный для хранения цифрового образа текущего изображения (кадра), называется кадровым буфером, или фреймбуфером.

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 видеопамати осуществляется синхронно с перемещением электронного луча по экрану. В результате яркость каждого пиксела на экране монитора пропорциональна содержимому соответствующей ячейки памяти видеоадаптера.

По окончании просмотра ячеек, соответствующих одной строке раstra, видеоадаптер формирует импульсы строчной синхронизации, инициирующие обратный ход луча по горизонтали, а по окончании сканирования кадрового буфера формирует сигнал, вызывающий движение луча снизу вверх. Таким образом, частоты строчной и кадровой разверток монитора определяются скоростью сканирования содержимого видеопамати, т. е. видеоадаптером.

### 4.4.1. Режимы работы видеоадаптера

*Режимы работы видеоадаптера, или видеорежимы, представляют собой совокупность параметров, обеспечиваемых видеоадаптером: разрешение, цветовая палитра, частоты строчной и кадровой разверток, способ адресации участков экрана и др. Разрешение видеоадаптера определяет точность и детализацию визуального образа.*

Все видеорежимы подразделяются на графические и текстовые. Причем в различных режимах видеоадаптера используются разные механизмы формирования видеосигнала, а монитор в обоих режимах работает одинаково.

*Графический режим является основным режимом работы видеосистемы современного ПК, например под управлением Windows. В графическом режиме на экран монитора можно вывести текст, рисунок, фотографию, анимацию или видеосюжет. В графическом режиме в каждой ячейке кадрового буфера (матрицы  $N \times M$   $l$ -разрядных чисел) содержится код 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 АРА (*All Point Addressable* — все точки адресуемы). Иногда число  $l$  называют глубиной цвета. При этом число одновременно отображаемых цветов равно  $2^l$ , а размер кадрового буфера, необходимый для хранения цветного изображения с разрешением  $N \times M$  и глубиной цвета  $l$ , составляет  $N \times M$  бит.*

*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 boxes* — символьные ячейки), размером  $p \times q$ . В каждом из знакомест может быть отображен один из 256 символов. Таким образом, на экране умещается  $M/q = M_1$  символьных строк по  $N/p = N_1$  символов в каждой. Типичным текстовым режимом является режим  $80 \times 25$  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, называются передним планом, остальные — задним планом, или фоном. На рис. 4.22 показана символьная матрица  $8 \times 8$  пикселов. Допустив, что темной*

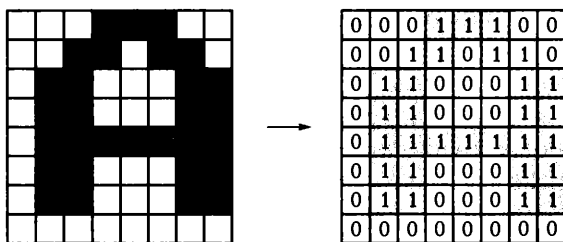


Рис. 4.22. Схема представления символа «А» в текстовом режиме в матрице  $9 \times 16$  и ячейке знакогенератора

клетке соответствует логическая единица, а светлой — логический нуль, каждую строку символьной матрицы представим 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 называется аппаратным знакогенератором.

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 используются два байта: один — для задания номера символа, второй — для указания атрибутов символа (цвета символа и фона, подчеркивания, мигания, отображения курсора). Если на экране имеется  $N \times M$  знакомест, то объем видеопамати, необходимый для хранения изображения, составит  $N_t \times M_t \times 2$  байт. Эту область видеопамати называют видеостраницей. Видеостраница является аналогом кадрового буфера в графическом режиме, но имеет значительно меньший объем.

В наиболее распространенном текстовом режиме ( $80 \times 25$  символов) размер видеостраницы составляет 4 000 байт, в режиме  $40 \times 25$  — 2 000 байт. На практике для удобства адресации под видеостраницу отводят 4 Кбайт = 4 096 байт и 2 Кбайт = 2 048 байт соответственно, при этом «лишние» байты (96 и 48) не используются.

Главная особенность текстового режима 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 симво-

лы 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 цветов.

Таким образом, в текстовом режиме предоставляется значительно меньше возможностей для отображения информации, чем в графическом. Однако важное преимущество текстового режима — значительно меньшие затраты ресурсов ПК на его реализацию.

Переход к более высокому разрешению и большей глубине цвета привел к увеличению загрузки центрального процессора и шины ввода-вывода. В целях разгрузки центрального процессора решение отдельных задач построения изображения было возложено на специализированный набор микросхем (*Chipset*) видеоадаптера, называемый графическим ускорителем, или акселератором. Акселератор аппаратным путем выполняет ряд действий, направленных на построение изображения.

#### 4.4.2. 2D- и 3D-акселераторы

*2D-акселератор* — графический ускоритель для обработки двумерных графических данных (2D), реализует аппаратное ускорение таких функций, как прорисовка графических примитивов, перенос блоков изображения, масштабирование, работа с окнами, мышью, преобразование цветового пространства. Первоначально видеоадаптеры с аппаратным ускорением графических функций делились на две группы: видеоадаптеры с графическим ускорителем (акселератором) и видеоадаптеры с графическим сопроцессором.

Графический акселератор — устройство, выполняющее заданные логические или арифметические операции по жесткому алгоритму, который не может быть изменен.

Графический сопроцессор — более универсальное устройство и работает параллельно с центральным процессором. Основное отличие графического сопроцессора от графического акселератора в том, что сопроцессор можно запрограммировать на выполнение различных задач, поскольку он является активным устройством: имеет возможность, как и центральный процессор, обращаться к системной оперативной памяти и управлять шиной ввода-вывода.

В современных видеоадаптерах объем и сложность графических функций, выполняемых графическим сопроцессором, стали соиз-

меримы с объемом задач, решаемых центральным процессором ПК. В связи с этим Chipset, составляющий основу современного видеоадаптера с аппаратной поддержкой графических функций, называют графическим процессором.

*3D-акселераторы* предназначены для обеспечения возможности видеть на экране проекцию виртуального (не существующего реально) динамического трехмерного объекта, например в компьютерных играх. Такой объект необходимо сконструировать, смоделировать его объемное изображение, т.е. задать математическую модель объекта (каждую точку его поверхности) в трехмерной системе координат, аналитически рассчитать всевозможные зрительные эффекты (угол падения света, тени и т.п.), а затем спроецировать трехмерный объект на плоский экран. 3D-акселератор необходим только в том случае, когда объемное изображение синтезируется компьютером, т.е. создается программно.

Совокупность приложений и задач, в рамках которых реализуется эта схема построения трехмерного изображения на экране монитора PC, называется *трехмерной графикой*, или *3D (3-Dimensional — трехмерный)*.

### 4.4.3. Устройство и характеристики видеоадаптера

Современный *videoadapter* (видеокарта) включает следующие основные элементы (рис. 4.23): графический процессор; видеопамять; программируемый цифроаналоговый преобразователь (ПЦАП, или *random access memory digital-toanalogue converter — RAMDAC*).

Графический процессор видеоадаптера представляет собой специализированные микросхемы, чипы, которые выполняют набор инструкций, посылаемых ЦП и интерпретируемых драйвером.

Видеопамять располагается непосредственно на плате видеоадаптера и решает ряд задач, связанных с быстрой перезаписью большого объема данных без прерывания процедуры считывания. При этом доступ к видеопамети осуществляется крупными блоками.

Программируемый цифроаналоговый преобразователь выполняет преобразование цифровых сигналов ПК в сигналы, формирующие изображение на мониторе.

Процесс формирования изображения на мониторе, т.е. обработка двоичных цифровых данных центральным процессором, включает следующие переходы (как показано на рис. 4.24):

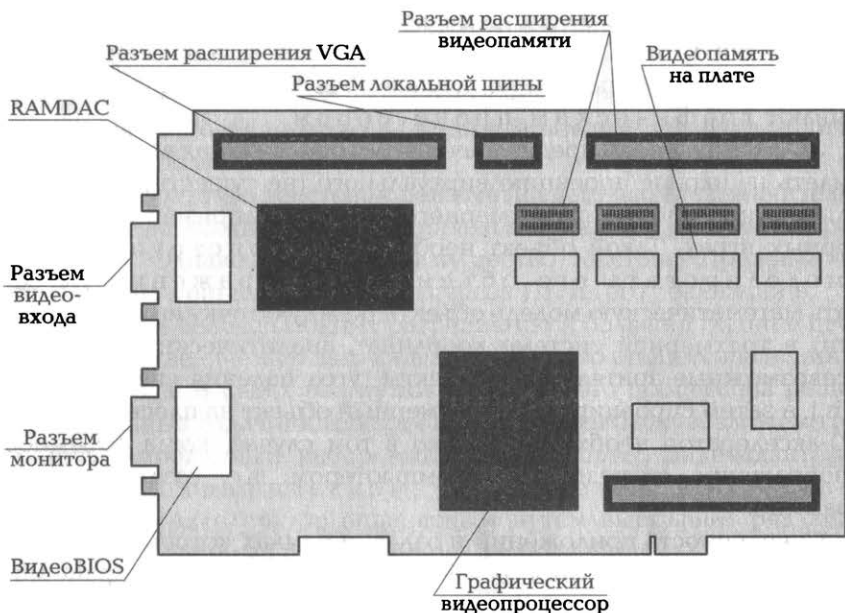


Рис. 4.23. Схема расположения компонентов видеоадаптера

- из шины в видеопроцессор, где обрабатывается цифровая информация;
- из видеосхемы в цифровом виде в видеопамять, в которой будет храниться отображение экрана;
- из видеопамяти в RAMDAC, при этом образ экрана преобразуется в форму, доступную монитору(цифровая информация);
- из цифроаналогового преобразователя в монитор (аналоговая информация).

В связи с появлением большого числа ЖК-дисплеев, сигнал которых в отличие от ЭЛТ не аналоговый, а цифровой, производители видеоадаптеров вынуждены обеспечивать новые интерфейсы — только цифровой, двойной цифровой, аналого-цифровой или аналоговый с цифровыми добавлениями. Проблема ухудшения характеристик качества сигнала при многократном аналого-цифровом и цифроаналоговом преобразовании была решена с появлением нового стандарта DVI (*Digital Video Interfase*), спецификация которого была представлена в 1999 г. Интерфейс DVI служит для подключения дисплеев любого типа к ПК, причем существуют два основных

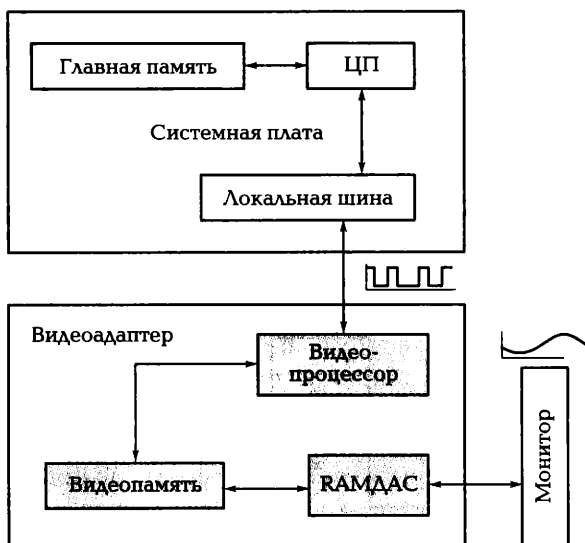


Рис. 4.24. Маршрут передачи данных в видеоканале

варианта коннекторов и интерфейса: только цифровой и цифровой с аналоговыми сигналами.

Спецификация DVI обеспечивает: передачу информации от источника к потребителю без потерь, независимость от типа дисплея, поддержку спецификаций Plug & play, EDID и DDC2B, поддержку цифровой и аналоговой передачи данных на одном соединении.

*Интегральным показателем качества видеоадаптеров*, сфера применения которых в основном трехмерные игры, является частота смены кадров (*frame per second — fps*). В каждой трехмерной игре этот показатель будет различным.

*Объем оперативной памяти* видеоадаптеров превышает 1 024 Мбайт. Типы памяти, используемой в видеоадаптерах, аналогичны специальным модификациям обычной оперативной памяти.

*Частота работы графического чипа и памяти видеоадаптера* может быть одинаковой или разной. Частота памяти популярных видеокарт 2008 г. превышала 2 200 МГц.

На компьютерном рынке России наиболее популярны видеокарты производителей Nvidia Corporation, ATI Technologies, Matrox Graphics Inc, Asustek Computer Inc, MSI, Sapphire, GigaByte.

Специализированные видеоадаптеры изготавливаются в интегральном исполнении с другими устройствами. В частности, видео-

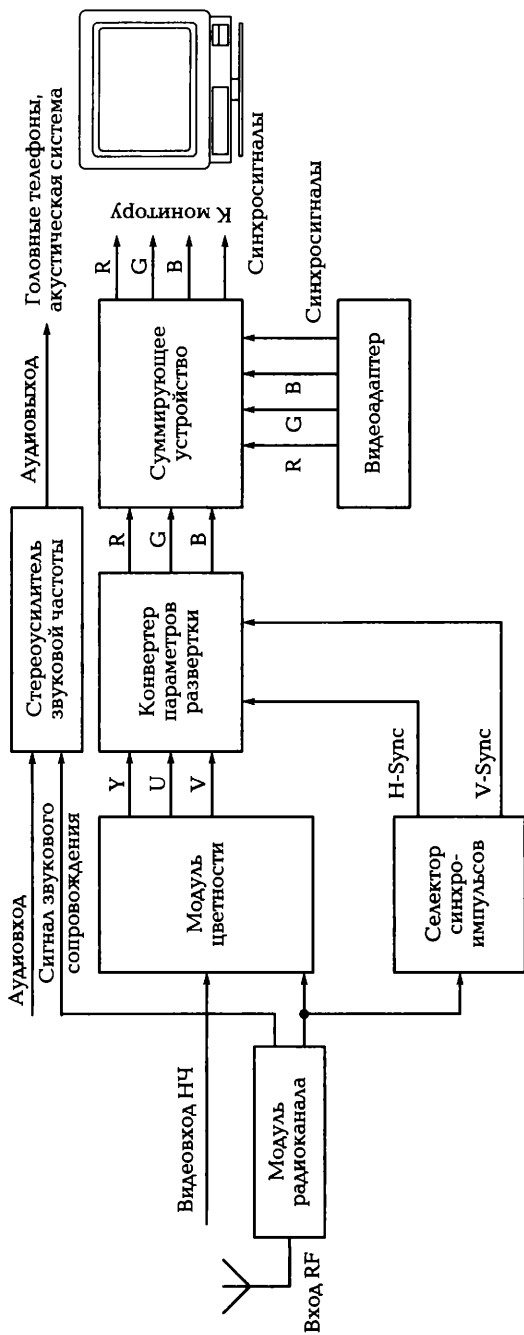


Рис. 4.25. Обобщенная структурная схема TV-тюнера, выполняющего прием и обработку телевизионного сигнала

карта и MPEG-декодер располагаются на одной плате. Такие MPEG-плееры позволяют воспроизводить видеофильмы, записанные на компакт или DVD-дисках.

TV-тюнер — это телевизионный приемник, выполненный в виде платы расширения ПК (чаще всего PCI) или внешнего устройства, которое работает с монитором напрямую, минуя компьютер и соответственно его операционную систему.

На рис. 4.25 представлена обобщенная структурная схема TV-тюнера, выполняющего прием и обработку телевизионного сигнала. Модуль радиоканала осуществляет поиск высокочастотного радиосигнала, принимаемого антенной, его усиление, преобразование по частоте и детектирование (демодуляцию). На выходе радиоканала формируется телевизионный сигнал, содержащий сигнал яркости, сигналы цветности и сигналы синхронизации, а также частотно-модулированный сигнал звукового сопровождения. Селектор выделяет из видеосигнала импульсы кадровой и строчной синхронизации, декодер выделяет сигнал яркости и два цветноразностных сигнала. На выходе декодера формируется компонентный видеосигнал, однако его формат отличен от принятых в видеоадаптерах RGB-формата.

Для преобразования формата представления, а также типа развертки (из чересстрочной в построчную) используется специальный конвертер. Специальные фильтры в его составе позволяют устранить эффект мерцания и снизить влияние как внешних помех, так и собственных шумов модуля радиоканала. Сформированные и отфильтрованные сигналы R, G, B подаются на суммирующее устройство, в котором объединяются с выходным сигналом видеоадаптера и затем поступают на монитор.

Способ объединения определяет форму представления телевизионного изображения на экране монитора: полноэкранную или в окне.

Встроенные TV-тюнеры в силу своей конструкции значительно более функциональны. Отдельные модели способны работать только в полноэкранном режиме, а многие имеют несколько стандартных размеров окон для воспроизведения видеосигнала. TV-тюнеры оснащаются FM-радио, имеют видеовход для видеоманитофона или камеры, линейный аудиовход, аудиовыход на колонки, а также антенный штекер.

Аудиовход используется для соединения тюнера со звуковой платой и служит для соединения с магнитофоном при оцифровке любых аудиоданных, которые хранятся на аналоговых носителях (например, магнитофонных кассетах).

Если источником видеосигнала является аналоговое устройство — телевизионный тюнер, видеоманитофон, видеокамера с аналоговым выходом, для компьютерной обработки таких сигналов необходимо выполнить их оцифровку, т. е. преобразование из аналоговой в цифровую форму. Для этого нужны карты ввода-вывода, принимающие входящий аналоговый видеосигнал и оцифровывающие его в реальном времени, затем эти данные необходимо сохранить на жестком диске. После сохранения оцифрованного изображения выполняют его редактирование. Эти функции осуществляет устройство захвата видеосигнала.

*Устройство захвата видеосигнала* — видеобластер (*Video Blaster*) представляет собой видеоплату, называемую также захватчиком изображений, устройством ввода видео, ТВ-граббером (*Grab* — захватывать), имидж-кепчером (*Image Capture* — захват изображения), и обеспечивает:

- прием низкочастотного видеосигнала (от видеокамеры, магнитофона или телевизионного тюнера) на один из программно-выбираемых видеовходов;
- отображение принимаемого видео в реальном времени в масштабируемом окне среды Windows ;
- замораживание кадра оцифрованного видео;
- сохранение захваченного кадра на винчестере или другом доступном устройстве хранения информации в виде файла в одном из принятых графических стандартов (TIF, TGA, PCX, GIF и др.).

Обобщенная схема устройства такого типа дана на рис. 4.26.

Видеодекoder обеспечивает прием сигнала с одного из входов, его оцифровку, цифровое декодирование согласно телевизионному стандарту и передачу полученных YUV-данных видеоконтроллеру.

Видеоконтроллер выполняет организацию потоков оцифрованных данных между элементами видеоплаты, осуществляет необходимые цифровые преобразования данных (например, YUV в RGB, масштабирование), организует их хранение в буфере собственной памяти, пересылку данных по шине компьютера при сохранении на винчестере, а также их передачу цифроаналоговому преобразователю.

Цифроаналоговый преобразователь совместно с видеоконтроллером участвует в формировании «живого» ТВ-окна на экране мо-

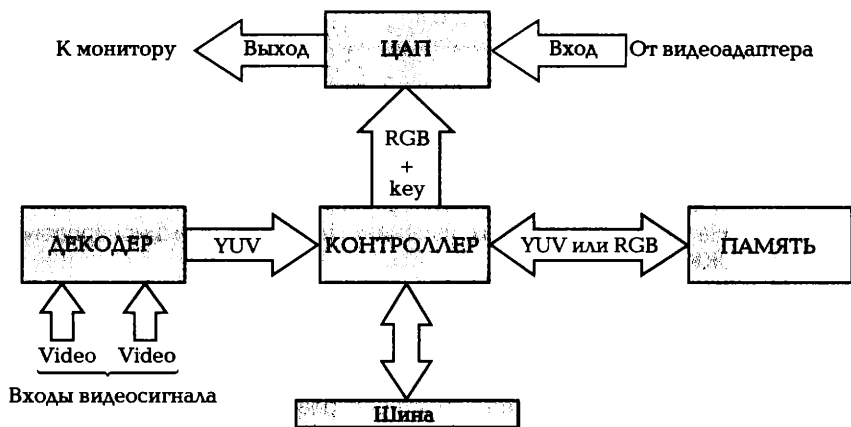


Рис. 4.26. Обобщенная структурная схема видеобластера

нитора, выполняет обратное аналоговое преобразование цифрового захваченного изображения, осуществляет передачу сигнала от видеоадаптера либо RGB-сигнала из буфера памяти на монитор.

Видеобластеры находят применение в модульных системах безопасности при формировании как локальных, так и распределенных систем видеонаблюдения, позволяющих производить настройку, осуществлять контроль и управлять всеми устройствами с любого рабочего места видеосети.

Например, профессиональный видеобластер TitanVN16® позволяет:

- получить 16 каналов видео реального времени или 32 канала видео в режиме мультиплексирования;
- получить 16 каналов аудио;
- контролировать состояние 32 охранных датчиков;
- управлять восемью реле;
- с помощью расположенного на видеобластере сторожевого таймера (*watchdog timer*) возможно осуществлять аппаратно-программный контроль работоспособности системы;
- максимальное разрешение оцифрованного изображения 768 : 576 (PAL);
- поток кадров до 400 кадр/с в шестнадцатиканальном режиме (до 190 кадр/с в режиме мультиплексора).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. В чем заключается принцип действия монитора на основе ЭЛТ?
2. Какие характеристики относятся к основным для ЭЛТ-мониторов?
3. В чем особенность мультимедийных мониторов?
4. На каких физических явлениях основано функционирование ЖК-мониторов?
5. Какие факторы необходимо принимать во внимание при выборе монитора?
6. В чем состоят особенности ЖК-панели оверхед-проектора по сравнению с ЖК-монитором?
7. В чем преимущества проекторов, реализующих DMD/DLP технологию?
8. Какие типы шлемов виртуальной реальности вам известны?
9. Каковы основные принципы синтеза трехмерного изображения?
10. В чем особенности функционирования известных вам 3D-проекторов?
11. Каковы назначение и принцип действия видеоадаптера?
12. Каковы основные этапы обработки видеосигнала?

# СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ АУДИОИНФОРМАЦИИ

## 5.1. ЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ПК

---

Звуковая система ПК в виде звуковой карты появилась в 1989 г., существенно расширив возможности ПК как технического средства информатизации.

Звуковая система ПК — комплекс программно-аппаратных средств, выполняющих следующие функции:

- запись звуковых сигналов, поступающих от внешних источников, например микрофона или магнитофона, путем преобразования входных аналоговых звуковых сигналов в цифровые и последующего сохранения на жестком диске;
- воспроизведение записанных звуковых данных с помощью внешней акустической системы или головных телефонов (наушников);
- воспроизведение звуковых компакт-дисков;
- микширование (смешивание) при записи или воспроизведении сигналов от нескольких источников;
- одновременная запись и воспроизведение звуковых сигналов (режим *Full Duplex*);
- обработка звуковых сигналов: редактирование, объединение или разделение фрагментов сигнала, фильтрация, изменение его уровня;
- обработка звукового сигнала в соответствии с алгоритмами объемного (трехмерного — *3D-Sound*) звучания;
- генерирование с помощью синтезатора звучания музыкальных инструментов, а также человеческой речи и других звуков;

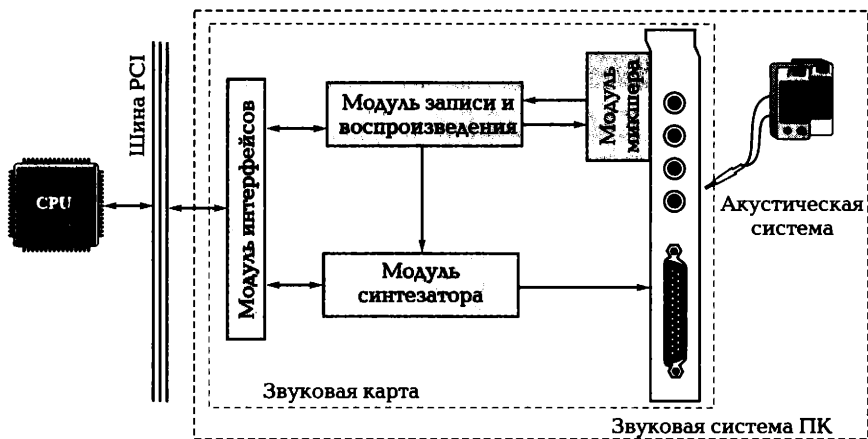


Рис. 5.1. Структура звуковой системы ПК

- управление работой внешних электронных музыкальных инструментов через специальный интерфейс MIDI.

Звуковая система ПК конструктивно представляет собой звуковые карты либо устанавливаемые в слот материнской платы, либо интегрированные на материнскую плату или карту расширения другой подсистемы ПК. Отдельные функциональные модули звуковой системы могут выполняться в виде дочерних плат, устанавливаемых в соответствующие разъемы звуковой карты.

Классическая звуковая система, как показано на рис. 5.1, содержит модуль записи и воспроизведения звука; модуль синтезатора; модуль интерфейсов; модуль микшера; акустическую систему.

Первые четыре модуля, как правило, устанавливаются на звуковой карте. Причем существуют звуковые карты без модуля синтезатора или модуля записи и воспроизведения цифрового звука. Каждый из модулей может быть выполнен либо в виде отдельной микросхемы, либо входить в состав многофункциональной микросхемы. Таким образом, Chipset звуковой системы может содержать как несколько, так и одну микросхему. Конструктивные исполнения звуковой системы ПК претерпевают существенные изменения.

Однако назначение и функции модулей современной звуковой системы (независимо от ее конструктивного исполнения) не меняются. При рассмотрении функциональных модулей звуковой карты принято пользоваться терминами «звуковая система ПК» или «звуковая карта».

Модуль записи и воспроизведения звуковой системы осуществляет аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразования в режиме программной передачи звуковых данных или передачи их по каналам DMA (*Direct Memory Access* — канал прямого доступа к памяти).

Звук, как известно, представляет собой продольные волны, свободно распространяющиеся в воздухе или иной среде, поэтому звуковой сигнал непрерывно изменяется во времени и 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.

Если при записи звука пользуются микрофоном, который преобразует непрерывный во времени звуковой сигнал в непрерывный во времени электрический сигнал, получают звуковой сигнал в аналоговой форме. Поскольку амплитуда звуковой волны определяет громкость звука, а ее частота — высоту звукового тона, постольку для сохранения достоверной информации о звуке напряжение электрического сигнала должно быть пропорционально звуковому давлению, а его частота должна соответствовать частоте колебаний звукового давления.

На вход звуковой карты ПК в большинстве случаев звуковой сигнал подается в аналоговой форме. В связи с тем что ПК оперирует только цифровыми сигналами, аналоговый сигнал должен быть преобразован в цифровой. Вместе с тем акустическая система, установленная на выходе звуковой карты ПК, воспринимает только аналоговые электрические сигналы, поэтому после обработки сигнала с помощью ПК необходимо обратное преобразование цифрового сигнала в аналоговый.

*Аналого-цифровое преобразование* представляет собой преобразование аналогового сигнала в цифровой и состоит из следующих основных этапов: дискретизации, квантования и кодирования. Схема аналого-цифрового преобразования звукового сигнала представлена на рис. 5.2.

Предварительно аналоговый звуковой сигнал поступает на аналоговый фильтр, который ограничивает полосу частот сигнала.

Дискретизация сигнала заключается в выборке отсчетов аналогового сигнала с заданной периодичностью и определяет

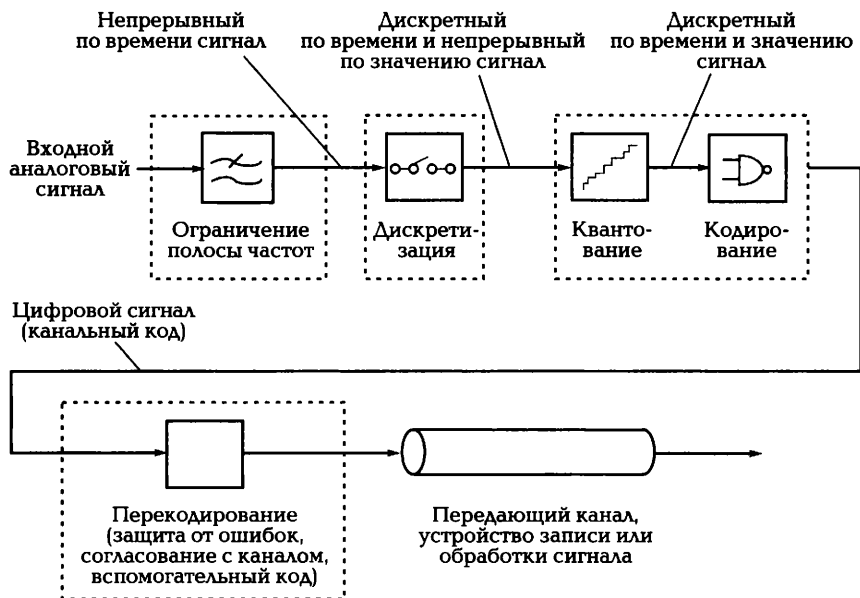


Рис. 5.2. Схема аналого-цифрового преобразования звукового сигнала

ся частотой дискретизации. Причем частота дискретизации должна быть не менее удвоенной частоты наивысшей гармоники (частотной составляющей) исходного звукового сигнала. Поскольку человек способен слышать звуки в частотном диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, максимальная частота дискретизации исходного звукового сигнала должна составлять не менее 40 кГц, т.е. отсчеты требуется проводить 40 000 раз в секунду. В связи с этим в большинстве современных звуковых систем ПК максимальная частота дискретизации звукового сигнала составляет 44,1 или 48 кГц.

**К в а н т о в а н и е** по амплитуде представляет собой измерение мгновенных значений амплитуды дискретного по времени сигнала и преобразование его в дискретный по времени и амплитуде. На рис. 5.3 показан процесс квантования по уровню аналогового сигнала, причем мгновенные значения амплитуды кодируются 3-разрядными числами.

**К о д и р о в а н и е** заключается в преобразовании в цифровой код квантованного сигнала. При этом точность измерения при квантовании зависит от числа разрядов кодового слова. Если значения амплитуды записать с помощью двоичных чисел и задать длину кодового слова  $N$  разрядов, число возможных значений кодовых



Рис. 5.3. Дискретизация по времени и квантование по уровню аналогового сигнала

слов будет равно  $2^N$ . Столько же может быть и уровней квантования амплитуды отсчета. Например, если значение амплитуды отсчета представляется 16-разрядным кодовым словом, максимальное число градаций амплитуды (уровней квантования) составит  $2^{16} = 65\,536$ . Для 8-разрядного представления соответственно получим  $2^8 = 256$  градаций амплитуды.

Аналого-цифровое преобразование осуществляется специальным электронным устройством — *аналого-цифровым преобразователем (АЦП)*, в котором дискретные отсчеты сигнала преобразуются в последовательность чисел. Полученный поток цифровых данных, т.е. сигнал, включает как полезные, так и нежелательные высокочастотные помехи, для фильтрации которых полученные цифровые данные пропускаются через цифровой фильтр.

*Цифроаналоговое преобразование* в общем случае происходит в два этапа, как показано на рис. 5.4. 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 с помощью фильтра низкой частоты, который подавляет периодические составляющие спектра дискретного сигнала.

Для записи и хранения звукового сигнала в цифровой форме требуется большой объем дискового пространства. Например, стереофонический звуковой сигнал длительностью 60 с, оцифрованный с частотой дискретизации 44,1 кГц при 16-разрядном квантовании, для хранения требует на винчестере около 10 Мбайт.

Для уменьшения объема цифровых данных, необходимых для представления звукового сигнала с заданным качеством, использу-

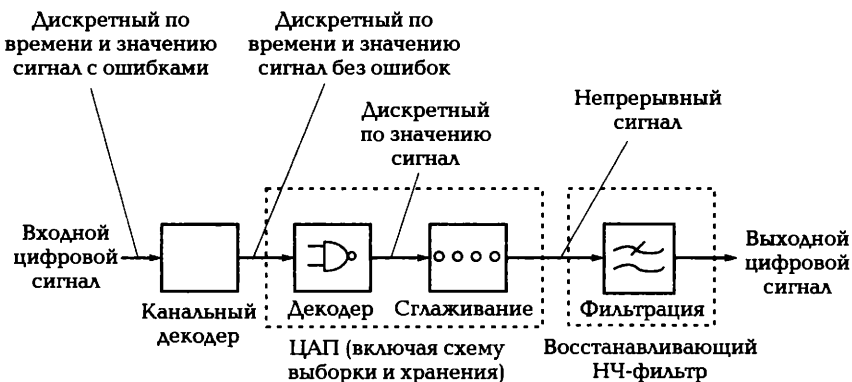


Рис. 5.4. Схема цифроаналогового преобразования

ют компрессию (сжатие), заключающуюся в уменьшении количества отсчетов и уровней квантования или числа битов, приходящихся на один отсчет.

Подобные методы кодирования звуковых данных с использованием специальных кодирующих устройств позволяют сократить объем потока информации почти до 20 % первоначального. Выбор метода кодирования при записи аудиоинформации зависит от набора программ сжатия — кодексов (кодирование-декодирование), поставляемых вместе с программным обеспечением звуковой карты или входящих в состав операционной системы.

Выполняя функции аналого-цифрового и цифроаналогового преобразований сигнала, модуль записи и воспроизведения цифрового звука содержит АЦП, ЦАП и блок управления, которые обычно интегрированы в одну микросхему, также 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 определяет максимальную частоту записываемого или воспроизводимого сигнала. Для записи и воспроизведения человеческой речи достаточно 6...8 кГц; музыки с невысоким качеством — 20...25 кГц; для обеспечения высококачественного звучания (аудиокомпакт-диска) частота дискретизации должна быть не менее 44 кГц. Практически все звуковые карты поддерживают запись и воспроизведение стереофонического звукового сигнала с частотой дискретизации 44,1 или 48 кГц.

Разрядность АЦП и ЦАП определяет разрядность представления цифрового сигнала (8, 16 или 18 бит). Большинство звуковых

карт оснащено 16-разрядными АЦП и ЦАП. Некоторые звуковые карты оснащаются 20- и даже 24-разрядными АЦП и ЦАП, что повышает качество записи-воспроизведения звука.

*Full Duplex* (полный дуплекс) — режим передачи данных по каналу, в соответствии с которым звуковая система может одновременно принимать (записывать) и передавать (воспроизводить) аудиоданные. Однако не все звуковые карты поддерживают этот режим в полном объеме, поскольку не обеспечивают высокое качество звука при интенсивном обмене данными.

### 5.3. МОДУЛЬ СИНТЕЗАТОРА

Электромusикальный цифровой синтезатор звуковой системы позволяет генерировать практически любые звуки, в том числе и звучание реальных музыкальных инструментов. Принцип действия синтезатора иллюстрирует рис. 5.5.

Синтезирование представляет собой процесс воссоздания структуры музыкального тона (ноты). Звуковой сигнал любого музыкального инструмента имеет несколько временных фаз. На рис. 5.5, а показаны фазы звукового сигнала, возникающего при нажатии

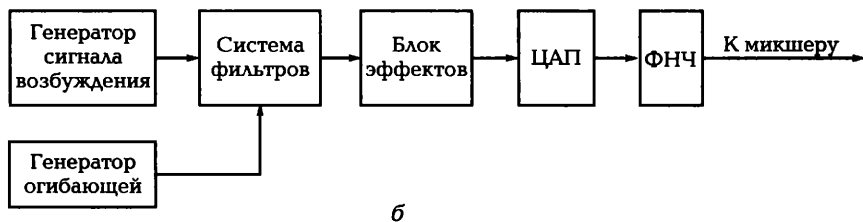
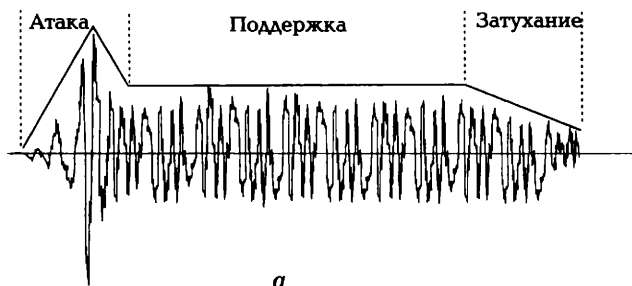


Рис. 5.5. Принцип действия современного синтезатора:  
а — фазы звукового сигнала; б — схема синтезатора

клавиши рояля. Для каждого музыкального инструмента вид сигнала будет своеобразным, но в нем можно выделить три фазы: атаку, поддержку и затухание. Совокупность этих фаз называется *амплитудной огибающей*, форма которой зависит от типа музыкального инструмента. Длительность а т а к и для разных музыкальных инструментов изменяется от единиц до нескольких десятков или даже до сотен миллисекунд. В фазе, называемой п о д д е р ж к о й, амплитуда сигнала почти не изменяется, а высота музыкального тона формируется во время поддержки. В последней фазе, з а т у х а н и ю, соответствует участок достаточно быстрого уменьшения амплитуды сигнала.

В современных синтезаторах звук создается следующим образом. Цифровое устройство, использующее один из методов синтеза, генерирует так называемый сигнал возбуждения с заданной высотой звука — ноту, которая должна иметь спектральные характеристики, максимально близкие к характеристикам имитируемого музыкального инструмента в фазе поддержки, как показано на рис. 5.5, б. Далее сигнал возбуждения подается на фильтр, имитирующий амплитудно-частотную характеристику реального музыкального инструмента. На другой вход фильтра подается сигнал амплитудной огибающей того же инструмента. Далее совокупность сигналов обрабатывается с целью получения специальных звуковых эффектов, например эха (реверберация), хорового исполнения (хорус). Далее производятся цифроаналоговое преобразование и фильтрация сигнала с помощью фильтра низких частот (ФНЧ). Основные характеристики модуля синтезатора:

- метод синтеза звука;
- объем памяти;
- возможность аппаратной обработки сигнала для создания звуковых эффектов;
- полифония — максимальное число одновременно воспроизводимых элементов звуков.

*Метод синтеза звука*, использующийся в звуковой системе ПК, определяет не только качество звука, но и состав системы. На практике на звуковых картах устанавливаются синтезаторы, генерирующие звук с использованием следующих методов.

Метод синтеза на основе частотной модуляции (*Frequency Modulation Synthesis* — FM-синтез) предполагает использование для генерации голоса музыкального инструмента как минимум двух генераторов сигналов сложной формы. Генератор несущей частоты формирует сигнал основного тона, частотно-моду-

лированный сигналом дополнительных гармоник, обертонов, определяющих тембр звучания конкретного инструмента. Генератор огибающей управляет амплитудой результирующего сигнала. FM-генератор обеспечивает приемлемое качество звука, отличается невысокой стоимостью, но не реализует звуковые эффекты.

Синтез звука на основе таблицы волн (*Wave Table Synthesis* — *WT-синтез*) производится с использованием предварительно оцифрованных образцов звучания реальных музыкальных инструментов и других звуков, хранящихся в специальной ROM, выполненной в виде микросхемы памяти или интегрированной в микросхему памяти WT-генератора. WT-синтезатор обеспечивает генерацию звука с высоким качеством. Этот метод синтеза реализован в современных звуковых картах.

*Объем памяти* на звуковых картах с WT-синтезатором может увеличиваться за счет установки дополнительных элементов памяти (ROM) для хранения банков с инструментами.

*Звуковые эффекты* формируются с помощью специального эффект-процессора, который может быть либо самостоятельным элементом (микросхемой), либо интегрироваться в состав WT-синтезатора. Для подавляющего большинства карт с WT-синтезом эффекты реверберации и хоруса стали стандартными.

## 5.4. МОДУЛЬ ИНТЕРФЕЙСОВ

Модуль интерфейсов обеспечивает обмен данными между звуковой системой и другими внешними и внутренними устройствами.

*Интерфейс PCI* обеспечивает широкую полосу пропускания (например, версия 2.1 — более 260 Мбит/с), что позволяет передавать потоки звуковых данных параллельно. Использование шины PCI позволяет повысить качество звука, обеспечив отношение сигнал/шум свыше 90 дБ. Кроме того, шина PCI обеспечивает возможность кооперативной обработки звуковых данных, когда задачи обработки и передачи данных распределяются между звуковой системой и CPU.

*Интерфейс MIDI* (*Musical Instrument Digital Interface* — цифровой интерфейс музыкальных инструментов) регламентируется специальным стандартом, содержащим спецификации на аппаратный интерфейс: типы каналов, кабели, порты, при помощи которых MIDI-устройства подключаются один к другому, а также описание порядка обмена данными — протокола обмена информацией между MIDI-устройствами. В частности, с помощью MIDI-команд мож-

но управлять светотехнической аппаратурой, видеооборудованием в процессе выступления музыкальной группы на сцене. Устройства с MIDI-интерфейсом соединяются последовательно, образуя своеобразную MIDI-сеть, которая включает контроллер — управляющее устройство, в качестве которого может быть использован как ПК, так и музыкальный клавишный синтезатор, а также ведомые устройства (приемники), передающие информацию в контроллер по его запросу. Суммарная длина MIDI-цепочки не ограничена, но максимальная длина кабеля между двумя MIDI-устройствами не должна превышать 15 м.

Подключение ПК в MIDI-сеть осуществляется с помощью специального MIDI-адаптера, который имеет три MIDI-порта: ввода, вывода и сквозной передачи данных, а также два разъема для подключения джойстиков.

Звуковая система ПК может иметь специальный интерфейс для подключения дочерних плат. За счет установки дочерней платы можно увеличить полифонию звуковой системы и изменить метод синтеза. В частности, если применялся FM-синтез, то можно добавить WT-синтез. В этом случае дочерняя плата устанавливается в специальный разъем на звуковой плате Wave Table Connector и обычно содержит WT-синтезатор и микросхему памяти с библиотекой инструментов.

Профессиональная звуковая система содержит последовательные интерфейсы *S/PDIF* (*Sony/Philips Digital Interface Format*) и (или) *AES/EBU* (*Audio Engineers Society/European Broadcast Union*) для обмена сигнала в звуковой форме с внешними устройствами.

*S/PDIF* — интерфейс фирм Sony и Philips для бытовой аппаратуры, который представляет собой упрощенный вариант для студийной звуковой и радиоаппаратуры.

*AES/EBU* обеспечивает передачу монофонического или стереофонического сигнала с переменной частотой и в соответствии с протоколами интерфейса RS-422.

В состав звуковой карты входит интерфейс для подключения приводов CD-ROM.

## 5.5. МОДУЛЬ МИКСЕРА

---

Модуль микшера звуковой карты выполняет:

- коммутацию (подключение/отключение) источников и приемников звуковых сигналов, а также регулирование их уровня;

- микширование (смешивание) нескольких звуковых сигналов и регулирование уровня результирующего сигнала.

К числу основных характеристик модуля микшера относятся:

- число микшируемых сигналов на канале воспроизведения;
- регулирование уровня сигнала в каждом микшируемом канале;
- регулирование уровня суммарного сигнала;
- выходная мощность усилителя;
- наличие разъемов для подключения внешних и внутренних приемников/источников звуковых сигналов.

Источники и приемники звукового сигнала соединяются с модулем микшера через внешние или внутренние разъемы. Внешние разъемы звуковой системы: *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.

Программное управление микшером осуществляется либо средствами Windows, либо с помощью программы-микшера, поставляемой в комплекте с программным обеспечением звуковой карты.

*Стангарм Sound Blaster* поддерживает приложения в виде игр для DOS, в которых звуковое сопровождение запрограммировано с ориентацией на звуковые карты семейства Sound Blaster.

*Стангарм Windows Sound System (WSS)* фирмы Microsoft включает звуковую карту и пакет программ, ориентированный в основном на бизнес-приложения.

## 5.6. ЦИФРОВАЯ ЗВУКОВАЯ СИСТЕМА

Основные направления развития звуковой системы ПК отражены в разработанной компанией Intel спецификации Audio Codec 97 (AC 97). Архитектура звуковой системы ПК в соответствии со спецификацией Audio Codec 97 дана на рис. 5.6. В такой звуковой системе имеет место разделение функций обработки аналоговых и цифровых сигналов между устройствами — звуковым кодеком (*Audio Codec, AC*), аналоговой микросхемой ввода-вывода и цифро-

### Источники цифровых звуковых сигналов

### Источники аналоговых звуковых

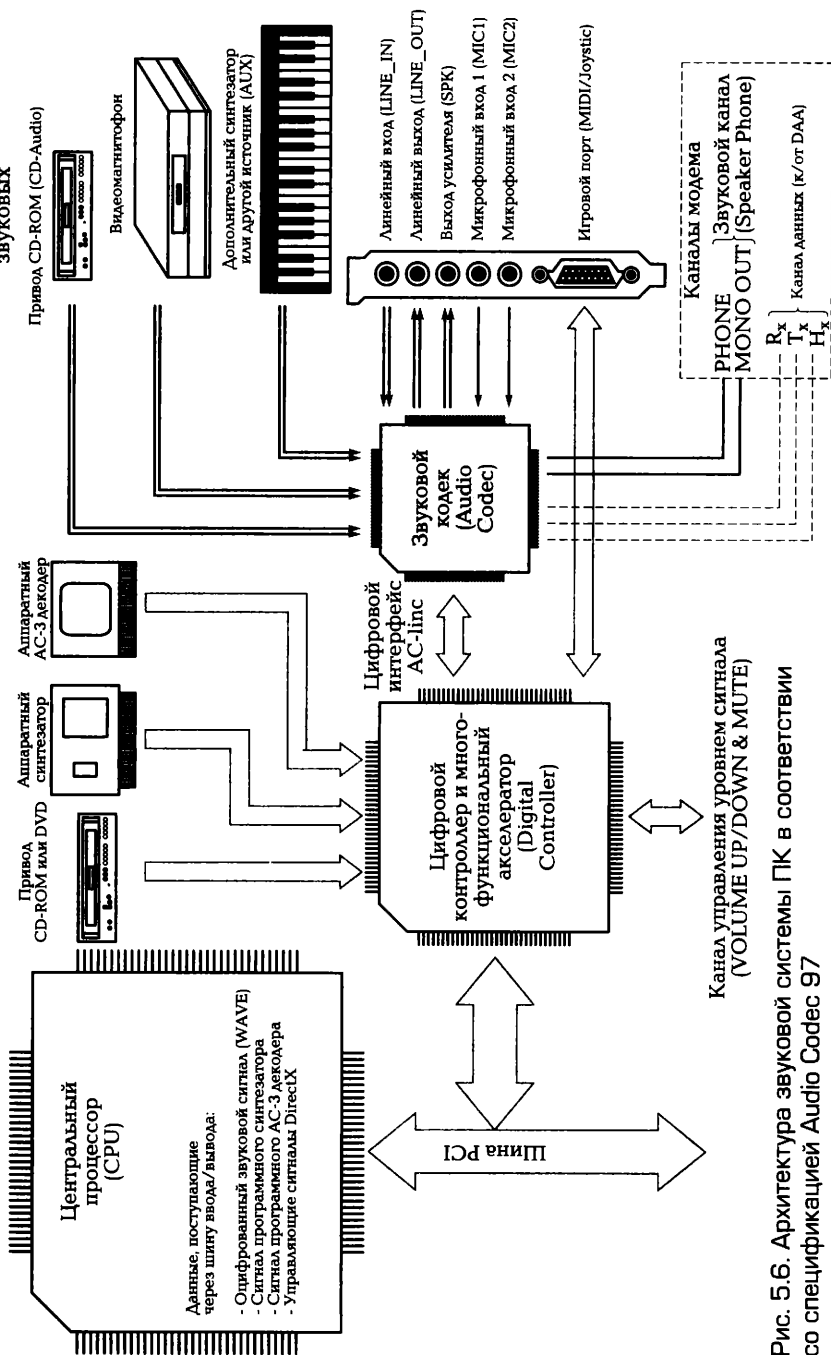


Рис. 5.6. Архитектура звуковой системы ПК в соответствии со спецификацией Audio Codec 97

вым контроллером (*Digital Controller, DC*). Соединяет эти устройства специальный цифровой интерфейс AC-linc. Качество звука значительно повышается за счет соединения аналоговой и цифровой микросхем с помощью цифровой линии связи, невосприимчивой к электрическим помехам, имеющим место внутри корпуса ПК. В звуковой системе используются шины с развитым интерфейсом и широкой полосой пропускания PCI, USB, IEEE 1394.

Спецификацией AC 97 предусмотрена возможность расширения архитектуры системы и построения многофункциональной системы ПК, выполняющей звуковые и телекоммуникационные функции.

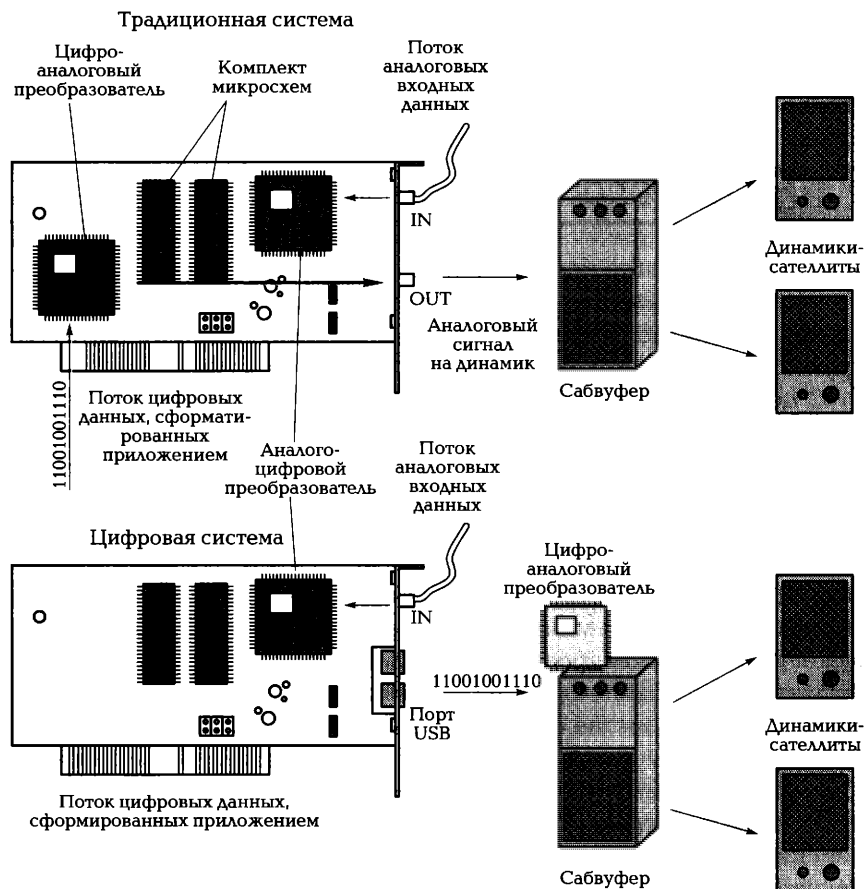


Рис. 5.7. Варианты подключения аналоговой и цифровой акустических систем на базе USB

При подключении цифровой акустической системы на базе USB цифроаналоговый преобразователь выносится за пределы насыщенного электрическими помехами корпуса ПК и размещается, например, в колонках акустической системы, как это показано на рис. 5.7. По кабелю передаются звуковые сигналы в цифровой форме, свободные от помех, повышается качество воспроизведения звука.

Системы *Digital Ready* являются следующим поколением PCI-звуковых систем. В этих системах цифровой контроллер и другие звуковые устройства с интерфейсом PCI обрабатывают потоки звуковой информации, а затем направляют их к внешним устройствам по интерфейсу USB или IEEE 1394. Звуковые системы *Digital Ready* могут иметь смешанную конфигурацию, т. е. включать как аналоговые, так и цифровые периферийные устройства.

Системы *Digital Only* выпускаются с интерфейсом USB и работают только с цифровым звуком. Для ввода-вывода данных применяются внешние микрофоны и колонки с интерфейсом USB.

## 5.7. ТЕХНОЛОГИЯ 3D-ЗВУКА

3D-звук является неотъемлемой частью мультимедийного компьютера. Понятие 3D-звук, или трехмерный звук, подразумевает расположение источников звука в трехмерном пространстве вокруг слушателя.

С целью повышения реалистичности звуковой модели для слушателя используются различные технологии.

Например, окклюзии (*occlusion* — звуки, проходящие через препятствие) используются для моделирования источников звука, расположенных в другом помещении или за стеной. При этом моделируют разнообразные типы стен различной толщины из разных материалов. Обструкции (*obstruction* — звуки, задерживаемые препятствием) используются для моделирования дифракции, т. е. явления огибания звуковой волной препятствия, в частности, колонн, балок и т. д.

Математическое моделирование процессов распространения звуков в пространстве и восприятия его человеком производится на базе HRTF-функций (*Head Related Transfer Function*). Эти функции являются фактически интегральным Фурье-преобразованием временной зависимости давления звуковой волны на барабанную перепонку от импульса сигнала источника звука — HRIR (*Head Related Impulse Response*). При различных положениях головы человека HRIR-функции для каждого уха будут разными, что требует при моделировании создания библиотеки HRTF-фильтров.

При использовании для прослушивания акустической системы возникает проблема обеспечения воспроизведения *бинаурального звука*, т.е. звуков, предназначенных для каждого уха. Для решения этой проблемы используется технология *transaural stereo*, чаще называемая алгоритмом *crosstalk cancellation (CC)* — устранение перекрестных помех, т.е. звуковых сигналов, не предназначенных для конкретного уха и являющихся для него помехой. Применение алгоритмов *CC* позволяет создать ощущение расположения источников звуков в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Действие *HRTF*-функции зависит от частоты звука, поскольку с помощью этой функции наиболее эффективно интерпретируются звуки в диапазоне 3... 10 кГц. Определение местоположения источника звука частотой ниже 1 кГц основано на определении времени задержки разных по фазе сигналов для каждого уха, что позволяет определить только общее расположение (слева или справа) источников звука, но не обеспечивает пространственное восприятие звучания. Восприятие звуков частотой свыше 10 кГц дано не каждому человеку, поскольку определяется индивидуальным строением ушной раковины.

Установлено, что для качественного воспроизведения 3D-звука необходимо использовать дискретизацию с частотой не менее 22 кГц, 16-разрядное кодирование, акустическую систему, содержащую не менее четырех колонок, *HRTF*-функции с алгоритмами *CC* и систему фильтров для воспроизведения звуков, насыщенных высокочастотными компонентами.

Различные компании используют свои оригинальные технологии для создания 3D-звука.

*Digital Ear (цифровое ухо)* — технология компании *Sensaura* заключается в том, что для измерения *HRTF*-функции используется математическая модель человеческого уха, построенная на основе экспериментальных исследований его работы. При моделировании принималось во внимание огромное многообразие размеров и форм ушей, что в дальнейшем использовалось для создания обширной библиотеки *HRTF*-функций. В результате каждый пользователь этой технологии сможет настроить воспроизведение 3D-звука с учетом индивидуальных особенностей.

*Multi Drive* — эта технология заключается в использовании *HRTF*-функций на всех парах акустических колонок с использованием алгоритмов *Transaural Cross-talk Cancellation (TCC)*, которые в отличие от стандартных алгоритмов *CC* обеспечивают лучшие характеристики звука в низкочастотной области. При этом у пользователя имеется возможность, управляя алгоритмом *TCC*, настраи-

вать звучание для себя. Для использования HRTF-функций с алгоритмами ТСС для всех пар акустических колонок требуется большой объем вычислительных ресурсов. Технология Malti Drive рассчитана на совместное применение с алгоритмами Masco FX и Zoom FX.

*Masco FX* — обеспечивает ощущение близкого расположения источника звука к слушателю, почти вплотную. Это достигается за счет точного моделирования распространения звуковой энергии в трехмерном пространстве вокруг головы слушателя. Алгоритм Masco FX предназначен для интерфейсов и игр. Если в драйвер звуковой карты встроена поддержка Masco FX, то можно услышать писк комара в ухе, свист ветра в ушах и другие аналогичные звуки.

*Zoom FX* — при моделировании предполагает не точечный источник звука, а наличие у него конечных размеров и определенной сложности, что достигается представлением одного источника звука в виде совокупности точечных источников.

*Environment FX* — технология, которая позволяет воспроизводить эффект реверберации, имитируя распространение звуковой волны в любом помещении и поле отраженных звуков, затухающее со временем. Environment FX позволяет моделировать различные типы акустики помещений и ориентирована на воспроизведение через многоколоночную акустическую систему с использованием технологии Malti Drive.

*Wavetracing* — технология компании Aureal, основана на расчете распространения отраженных и прошедших через препятствия звуковых волн на основе геометрии среды.

*Environmental Audio Extensions (EAX)* — технология компании Creative, направлена на создание звучания окружающей среды, чтобы обеспечить в играх ощущение реальности происходящего с помощью звука. Эта звуковая среда создается за счет моделирования отражения звуков и ревербераций, исходящих со всех сторон от слушателей.

## 5.8. АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Акустическая система (АС) непосредственно преобразует звуковой электрический сигнал в акустические колебания и является последним звеном звуковоспроизводящего тракта.

Практически все современные компьютерные колонки многополосные. Для воспроизведения широкого диапазона частот, воспринимаемых человеческим ухом, в один корпус устанавливается несколько динамиков, чаще всего два — высокочастотный (от 1 до

15... 20 кГц) и среднечастотный (от 200 Гц до 10 кГц). Низкочастотный динамик выносится в отдельный корпус, чтобы его звучание не мешало другим.

На рынке представлены колонки с двумя разными типами динамиков. В первом типе основой является так называемый конусный излучатель, или диффузор. Принцип действия таких динамиков основан на взаимодействии переменного магнитного поля магнитной катушки с полем постоянного магнита. В результате получается достаточно мощный звук и неплохие басы. В другом типе динамиков вместо диффузора используется плоская мембрана. В этом случае колонки теряют в мощности и широте частотного диапазона, зато приобретают очень миниатюрные размеры (особенно в глубину). Таким образом, динамики с плоской мембраной используются в основном в бюджетных системах в связке с сабвуфером.

В состав АС, как правило, входят несколько звуковых колонок, каждая из которых может иметь один или несколько динамиков. Число колонок в АС зависит от числа компонентов, составляющих звуковой сигнал и образующих отдельные звуковые каналы.

Например, стереофонический сигнал содержит два компонента — сигналы левого и правого стереоканалов, что требует не менее двух колонок в составе стереофонической акустической системы. 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 основном АС для ПК состоит из двух звуковых колонок, которые на начальном этапе обеспечивали воспроизведение стереофонического сигнала. Современные технологии пространственного позиционирования источника звука из числа рассмотренных в подразд. 5.7 позволяют с помощью двух колонок воспроизводить объемное звуковое поле.

Обычно каждая колонка в АС для ПК имеет один динамик. При этом современные модели акустических систем позволяют воспроизводить звук практически во всем слышимом частотном диапазоне благодаря применению специальной конструкции корпуса колонок или громкоговорителей. Воспроизведение низких частот достигается, в частности, путем применения или специальной конструкции корпуса колонок или громкоговорителей (*технология Bass Reflex*).

Для воспроизведения низких и сверхнизких частот с высоким качеством в АС помимо двух колонок используется третий звуко-

вой агрегат — сабвуфер (*Subwoofer*). Такая трехкомпонентная АС для ПК состоит из двух так называемых сателлитных колонок, воспроизводящих средние и высокие частоты (примерно от 150 Гц до 20 кГц), и сабвуфера, воспроизводящего частоты ниже 150 Гц.

Отличительная особенность АС для ПК — возможность наличия собственного встроенного усилителя мощности. АС со встроенным усилителем называется *активной*. *Пассивная* АС усилителя не имеет.

Главное преимущество активной АС состоит в возможности подключения к линейному выходу звуковой карты. Питание активной АС осуществляется либо от батареек (аккумуляторов), либо от электрической сети через специальный адаптер, выполненный в виде отдельного внешнего блока или модуля питания, устанавливаемого в корпус одной из колонок.

Выходная мощность акустических систем для ПК может изменяться в широком диапазоне и зависит от технических характеристик усилителя и динамиков. Если система предназначена для озвучивания компьютерных игр, достаточно мощности 10 Вт на колонку для помещения средних размеров. При необходимости обеспечения хорошей слышимости во время лекции или презентации в большой аудитории возможно использовать одну АС, имеющую мощность до 30 Вт на канал.

С развитием технологий и стандартов 3D-звука распространение приобрели *многоколоночные АС*. Первые многоканальные акустические системы имели обозначение 4.0, в состав которых соответственно входят четыре колонки: две фронтальные и две тыловые. Подобная акустика дает неплохие эффекты в играх, создавая трехмерный звук. В АС 4.1 входит сабвуфер, однако эти системы все равно четырехканальные: низкочастотные сигналы в них выделяются с помощью специального кроссовера (фильтра).

Системы 5.1 обладают полноценным 6-канальным звуком. В их состав помимо сабвуфера входят две фронтальные, две тыловые колонки для создания окружающего звукового фона и одна центральная колонка (центральный канал), который необходим для соответствия формату Dolby Digital, используемому в фильмах на DVD-дисках. Системы 5.1 минимально необходимы для домашнего кинотеатра. 8-канальные системы 7.1 и 7.2 в принципе очень похожи. В них добавлены еще два динамика — тыловые центральные. Кроме того, в системе 7.2 появился дополнительный сабвуфер, хотя «басовый» канал остался единым. Подобная акустическая система обеспечивает звук формата Dolby Digital Surround EX или DTS

Surround EX, как в кинотеатрах. Во многих качественных системах 5.1, 7.1 и 7.2 можно встретить звуковые процессоры, которые декодируют многоканальный звук в соответствии с определенными форматами: для акустики 5.1 — это Dolby Digital, DTS и Dolby Prologic, а для 7.1 и 7.2 — Dolby Digital Surround EX и DTS Surround EX. Именно наличие этого компонента позволяет использовать компьютерную акустику для домашнего кинотеатра.

Основные характеристики АС:

- полоса воспроизводимых частот;
- чувствительность;
- коэффициент гармоник;
- мощность.

Полоса воспроизводимых частот (*Frequency Response*) — это амплитудно-частотная зависимость звукового давления, или зависимость звукового давления (силы звука) от частоты переменного напряжения, подводимого к катушке динамика. Полоса частот, воспринимаемых ухом человека, находится в диапазоне от 20 до 20 кГц.

Чувствительность звуковой колонки (*Sensitivity*) характеризуется звуковым давлением, которое она создает 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 90... 95 дБ и более. АС с высокой чувствительностью достаточно хорошо воспроизводят как тихие, так и громкие звуки.

Коэффициент гармоник (*Total Harmonic Distortion — THD*) оценивает нелинейные искажения, связанные с появлением в выходном сигнале новых спектральных составляющих. Коэффициент гармоник нормируется в нескольких диапазонах частот. Например, для высококачественных АС класса Hi-Fi этот коэффициент не должен превышать: 1,5 % в диапазоне частот 250... 1 000 Гц; 1,5 % в диапазоне частот 1 000... 2 000 Гц и 1,0 % в диапазоне частот 2 000... 6 300 Гц. Чем меньше значение коэффициента гармоник, тем качественнее АС.

Электрическая мощность (*Power Handling*), которую выдерживает АС, является одной из основных характеристик. Однако нет прямой взаимосвязи между мощностью и качеством вос-

произведения звука. Максимальное звуковое давление зависит, скорее, от чувствительности, а мощность АС в основном определяет ее надежность.

Часто на упаковке АС для ПК указывают значение пиковой мощности акустической системы, которая не всегда отражает реальную мощность системы, поскольку может превышать номинальную в 10 раз. Вследствие существенного различия физических процессов, происходящих при испытаниях АС, значения электрических мощностей могут отличаться в несколько раз. Для сравнения мощностей различных АС необходимо знать, какую именно мощность указывает производитель продукции и какими методами испытаний она определена.

Среди производителей высококачественных и дорогостоящих АС — фирмы Creative, Yamaha, Sony, Aiwa. АС более низкого класса выпускают фирмы Genius, Altec, JAZZ Hipster.

Некоторые модели колонок фирмы Microsoft подключаются не к звуковой карте, а к порту USB. В этом случае звук поступает на колонки в цифровом виде, а его декодирование производит небольшой Chipset, установленный в колонках.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Какие основные функции выполняет звуковая система ПК?
2. Какие основные компоненты входят в состав звуковой системы ПК?
3. Исходя из каких соображений выделяется частота дискретизации сигнала в процессе аналого-цифрового преобразования?
4. Перечислите основные этапы аналого-цифрового и цифроаналогового преобразований.
5. Какие основные параметры характеризуют модуль записи и воспроизведения звука?
6. Какие применяются методы синтеза звука?
7. Какие функции выполняет модуль микшера, и что относится к числу его основных характеристик?
8. Каким образом производится математическое моделирование при создании 3D-звука?
9. Чем отличается структура 4.0 акустической системы от 5.1?

# УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ И ВВОДА ИНФОРМАЦИИ

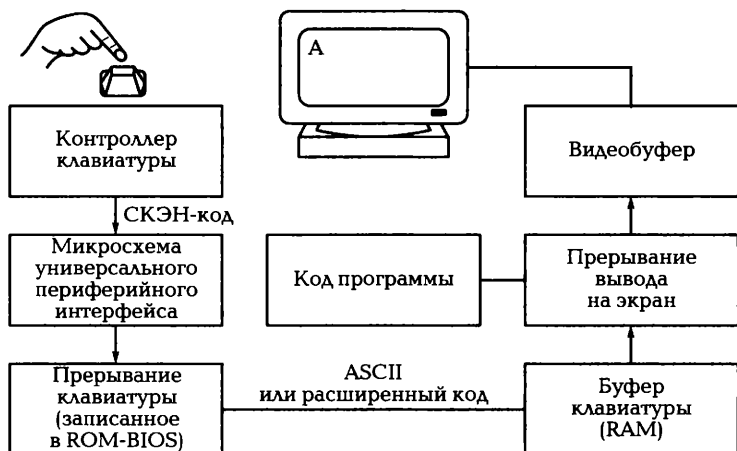
## 6.1. КЛАВИАТУРА

Для обработки информации с помощью ПК пользователь должен ввести информацию в компьютер. Основными устройствами ввода данных и управления системой являются клавиатура, мышь, джойстик. Широкое распространение получили такие устройства ввода информации, как сканер, цифровая камера, дигитайзер, сенсорная панель.

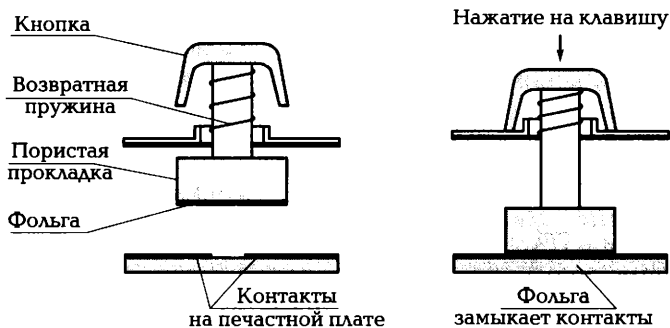
*Клавиатура (Keyboard)* является основным устройством ввода информации в ПК, хотя мышь все больше берет на себя выполнение функций управления.

Принцип действия клавиатуры представлен на рис. 6.1, а. Основным элементом клавиатуры являются клавиши. Сигнал при нажатии клавиши регистрируется 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 ПК для подключения клавиатуры также используется специальный контроллер.

Когда скэн-код поступает в контроллер клавиатуры, инициализируется аппаратное прерывание, процессор прекращает свою работу и выполняет процедуру, анализирующую скэн-код. Скэн-код трансформируется в код символа (так называемые коды ASCII). При этом обрабатываемая процедура сначала определяет установку клавишей и переключателей, чтобы правильно получить вводимый код (например, «ф» или «Ф»). Затем введенный код помещается в буфер клавиатуры, представляющий собой область памяти, способную запомнить до 15 вводимых символов. Контроллер клавиатуры выполняет функции самоконтроля в процессе загрузки си-



а



б

Рис. 6.1. Клавиатура ПК:

а — принцип действия клавиатуры; б — работа клавиатуры с пластмассовыми штырями

стемы. Процесс самоконтроля при загрузке отображается однократным миганием трех индикаторов клавиатуры.

По конструктивному исполнению клавиатуры подразделяются на клавиатуры с пластмассовыми штырями, со щелчком, с микропереключателями и сенсорные.

Клавиатуры с пластмассовыми штырями выполняются таким образом, что под каждой клавишей находится пластмассовый штырь, установленный вертикально, нижний конец которого выполнен в виде штемпеля (клейма), изготовленного из композиции резины с металлом. Ниже этого резинового штемпеля находится пластина с контактными площадками, выполненными на печатной

плате. При нажатии клавиши штемпель соприкасается с контактными площадками (рис. 6.1, б), замыкается электрическая цепь, что воспринимается контроллером клавиатуры. Недостатком такой клавиатуры является высокая чувствительность клавиши к вибрации при нажатии, что приводит к многократному отображению символа на экране при печати с высокой скоростью.

*Клавиатура со щелчком* выполнена так, что при нажатии клавиши ее механическое сопротивление становится тем больше, чем глубже она нажимается. Для преодоления этого сопротивления необходимо затратить определенную силу, после чего клавиша нажимается легко. Нажатие и отпускание клавиши сопровождается щелчком, отсюда и название. Клавиатуры со щелчком позволяют обеспечить уверенность в том, что клавиша нажата, а это повышает скорость ввода информации.

*Клавиатуры с микропереключателями* имеют характеристики, аналогичные клавиатурам со щелчком. Но микропереключатели, в том числе герконы (герметические контакты), характеризуются большей прочностью и длительным сроком службы.

Клавиатуры с герконами содержат переключатели клавишей с пружинными контактами из ферромагнитного материала, помещенными в герметизированный стеклянный баллон. Контакты приходят в соприкосновение (или размыкаются) под действием магнитного поля электромагнита, установленного снаружи баллона.

Принцип действия *сенсорной клавиатуры* основан на усилении разности потенциалов, приложенной к чувствительному элементу. Число этих элементов соответствует числу клавишей. В качестве чувствительных элементов используются токопроводящие контактные площадки в виде, например, одного или двух прямоугольников, разделенных небольшим зазором. В момент касания пальцем контактных площадок статический потенциал усиливается специальной схемой, на выходе которой формируется сигнал, аналогичный сигналу, возникающему при нажатии клавиши обычной механической клавиатуры. Сенсорные клавиатуры самые долговечные, поскольку в них отсутствуют какие-либо механические элементы и информация о нажатии «клавиши» формируется только электроникой.

*Драйвер клавиатуры* служит для отображения на экране набранной на клавиатуре информации и обычно является составной частью любой операционной системы.

Со времени появления первого персонального компьютера вплоть до 1995 г. внешний вид и структура клавиатуры оставались неизменными. Однако в 1995 г. после выхода операционной систе-

мы Windows 95 привычные 101-клавишные устройства были заменены клавиатурами со 104/105 клавишами. Клавиши, предназначенные для работы в операционной системе Windows, расположены в нижней части клавиатуры, рядом с клавишами Ctrl и Alt.

Конструктивных решений клавиатуры множество.

*Эргономическая клавиатура* отвечает требованиям эргономики, т. е. выполняется в соответствии с эргономическими показателями, т. е. с необходимостью соответствия новых клавиатур современным требованиям медицины. Появилось множество новых «эргономических» клавиатур самых причудливых форм: «разломанных» надвое, изогнутых, снабженных подставками для кистей рук.

*Клавиатуры с дополнительными возможностями* выполняются со встроенными калькулятором и часами, манипуляторами, обладают возможностью перепрограммирования клавиш. Мультимедийные модели могут включать более десяти дополнительных кнопок, выполняющих такие операции, как: уменьшение и увеличение громкости звука, пуск/пауза воспроизведения звука, стоп, трек вперед и трек назад для программных плееров. Интернет/офисные кнопки клавиатуры служат для быстрого вызова браузера, почтовой программы, поиска файлов, а также для перехода на предыдущий и последующий сайты.

*Беспроводные клавиатуры* стали достаточно распространены. Они содержат инфракрасный или радиопередатчик, при этом приемник с помощью кабеля подключен к разъему PS/2 или USB клавиатуры.

*Внешние клавиатуры* для карманных ПК (КПК) выпускаются в самом разнообразном исполнении. Например, они могут быть гибкими тканевыми, сворачивающимися вокруг КПК; могут быть выполнены столь миниатюрными, что помещаются в одной руке при печатании другой, а также предназначенными для печатания большим пальцем. Внешние клавиатуры выпускаются разборными для транспортировки и легко собирающимися для образования клавиатуры обычного размера.

*Клавиатуры со считывающим устройством* в виде прилагаемого карандаша или встроенного датчика используются для считывания штрихкодов или информации с магнитных карт.

Подключение клавиатуры к компьютеру выполняется с помощью порта PS/2 или USB.

Наибольшим успехом на российском рынке пользуются клавиатуры таких производителей, как Microsoft, Genius, Cherry, Acer America, Chicony, Keytronic, BTC.

### 6.2.1. Мышь

Мышь как первый в мире манипулятор была изобретена в 1968 г. Дугласом Энгельбартом. Неотъемлемой составляющей компьютера Apple Macintosh она стала в конце 1970-х гг., поскольку именно этот компьютер был укомплектован полноцветным графическим интерфейсом, где пользователь отдавал команды, щелкая мышью по значкам-пиктограммам. Поскольку ПК получил такой интерфейс позже, мышь в составе ПК появилась только в середине 1980-х гг. Вместе с тем в первых советских ЭВМ устройство аналогичного действия называлось «колобок».

По принципу действия мыши подразделяются на оптико-механические и оптические.

*Оптико-механическая мышь* состоит из следующих основных элементов. В нижней плоскости корпуса мыши находится отверстие, которое открывается поворотом пластмассовой шайбы. Под шайбой находится шарик диаметром 1,5...2 см, изготовленный из металла с резиновым покрытием (рис. 6.2). В непосредственном контакте с шариком находятся валики. Причем только один из валиков служит для управления шариком, а два других валика регистрируют механические передвижения мыши. При перемещении мыши по коврику шарик приходит в движение и вращает соприкасающиеся с ним валики. Оси вращения валиков взаимно-перпендикулярны. На этих осях установлены диски с прорезями, которые вращаются между двумя пластмассовыми цоколями. На одном цоколе находится источник света, а на другом — фоточувствительный элемент (фотодиод, фоторезистор или фототранзистор). С помощью такого фотодатчика растрового типа точно определяется относительное перемещение мыши. С помощью двух растровых датчиков устанавливается направление перемещения мыши (по последовательности освещения фоточувствительных элементов) и скорость перемещения в зависимости от частоты импульсов. Импульсы с выхода фоточувствительных элементов при помощи микроконтроллера преобразуются в совместимые с ПК данные и передаются на материнскую плату.

*Оптическая мышь* функционирует аналогично оптико-механической мыши, отличаясь тем, что ее перемещение регистрируется оптическим датчиком. Такой способ регистрации перемещения заключается в том, что оптическая мышь посылает луч на специаль-

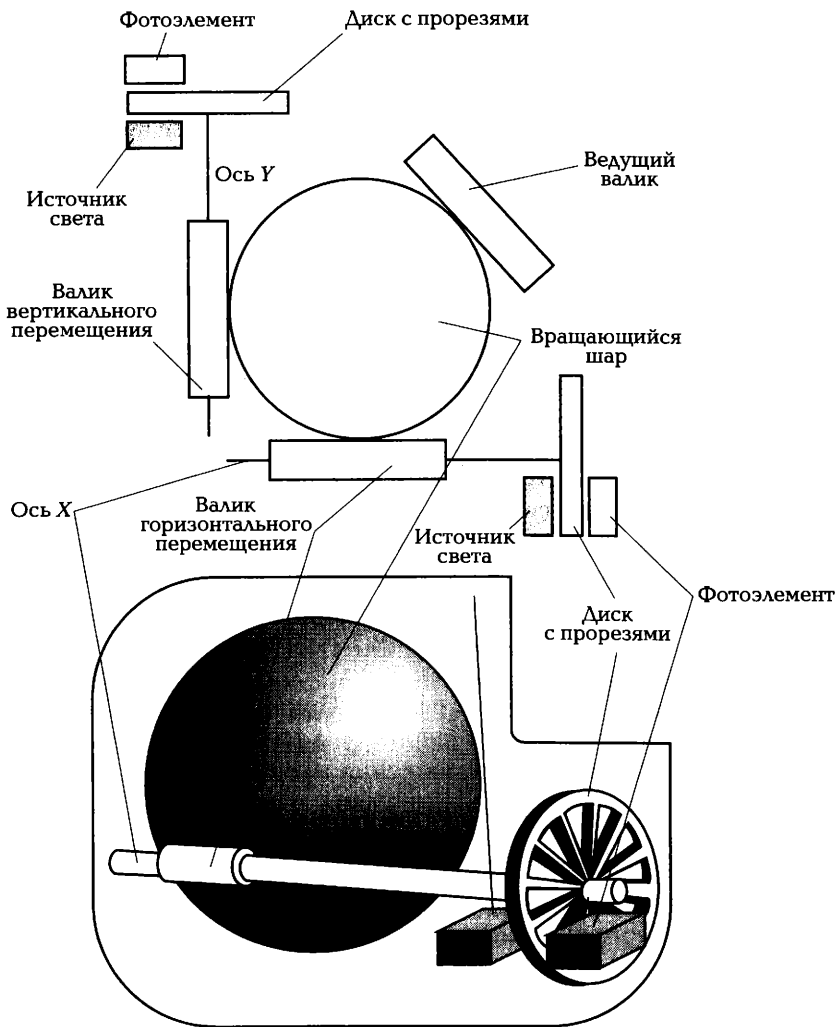


Рис. 6.2. Принцип действия оптико-механической мыши

ный коврик. Отраженный от коврика луч поступает на оптоэлектронное устройство, расположенное в корпусе мыши. Направление движения мыши определяется типом полученного сигнала. Конструктивно оптическая мышь устроена так, что внутри ее корпуса расположены две пары светодиодов и фотоэлементов. Один светодиод обычно излучает в красной области спектра, а другой — в инфракрасной. При этом каждый фотоэлемент регистрирует

отраженный от коврика луч в своей области спектра. Коврик для перемещения мыши серебристого цвета состоит из цветных горизонтальных (синих) и вертикальных (серых) линий. Если мышь находится между линиями сетки, то от серебристой поверхности одинаково отражаются лучи красного и инфракрасного светодиодов. При перемещении мыши на синюю линию излучение красного света поглощается и сигнала с соответствующего фотозлемента не поступает. Аналогично не поступает сигнал с фотозлемента, регистрирующего отраженный сигнал в инфракрасной линии спектра, при перемещении мыши на серую линию. При перемещении мыши по коврику фотозлемента поочередно вырабатывают сигналы, отражающие перемещение в двух координатах. Эти сигналы передаются в ПК, где с помощью драйвера преобразуются с целью управления движением курсора на экране. Преимуществами оптической мыши являются высокая точность определения позиционирования и надежность.

По принципу подключения к компьютеру мыши можно подразделить на проводные, связанные с компьютером электрическим кабелем («хвостатые» мыши), и бесконтактные (беспроводные, «бесхвостые»). Беспроводные мыши — это инфракрасные или радиомыши.

*Инфракрасная мышь* функционирует аналогично пульту дистанционного управления телевизора. Для этого рядом с компьютером или на самом компьютере устанавливается приемник инфракрасного излучения, который кабелем соединен с ПК. Движение мыши регистрируется рассмотренными ранее механизмами и преобразуется в инфракрасный сигнал, который затем передается на приемник. Преимущество использования инфракрасной мыши заключается в отсутствии дополнительного кабеля на рабочем столе. Однако для передачи инфракрасного сигнала пространство между передатчиком мыши и приемником компьютера не должно перекрываться, иначе мышь будет не в состоянии передать сигнал на ПК. Инфракрасные мыши работают от аккумулятора или обычной батарейки.

*Радиомышь* обеспечивает передачу информации от мыши с помощью радиосигнала. При этом нет необходимости в свободном пространстве между приемником и передатчиком. Радиомышь передает данные с помощью радиоволн на небольшой приемник, который подключен к разъему компьютера. Питание радиомыши осуществляется от батареек в ее корпусе.

Для нормального функционирования мыши необходимо обеспечить ее свободное перемещение по плоской поверхности, в ка-

честве которой обычно применяются специальные коврики (*Mouse Pad*). Однако выпускаются мыши, свободно работающие на любой поверхности.

Устройствами ввода сигнала мыши являются кнопки, расположенные на ней. В зависимости от модели мыши на ней имеется от двух до четырех кнопок.

Функциональное назначение кнопок мыши различно и зависит от выполняемого приложения. Помимо кнопок многие мыши оборудованы специальными устройствами для быстрой прокрутки (скроллинга) окон. Наиболее удобным и простым является скроллинг с помощью колес, которым обеспечивается большинство моделей.

Мыши подразделяются по способу подключения к ПК: подключаемые к COM-порту (*Serial Mouse* — последовательные мыши), подключаемые к PS/2 (PS/2-мыши) и мыши, подключаемые к порту USB. *Комбинированные мыши* можно подключать как к порту PS/2, так и к порту COM.

Наряду с эргономическими клавиатурами на компьютерном рынке появились *эргономические*, причудливо изогнутые мыши, форма которых призвана снизить нагрузку на кисть пользователя. Кроме того, выпускаются мыши различной причудливой формы, дополнительное назначение которых — создать у пользователя положительный эмоциональный настрой. В соответствии с тенденцией объединения в одном корпусе несколько устройств, прослеживающейся в мире компьютерной техники, корейская компания в корпусе своей мыши разместила собственно мышь и телефон.

Важной характеристикой мыши является разрешение, измеряемое числом точек на дюйм (тнд или dpi — *Dot Per Inch*). Разрешение 900 тнд означает, что при перемещении мыши вправо на 1 дюйм привод получает информацию от микроконтроллера о смещении на 900 единиц вправо.

Основными производителями мышей являются компании Microsoft, Mitsumi, A4Tech, Logitech и KEY Systems (торговая марка мышей Genius).

## 6.2.2. Трэкбол

*Трэкбол (Trackball)* по конструкции напоминает мышь, у которой шар расположен не внутри корпуса, а на верхней его части. Принцип действия и способ передачи данных трэкбола такой же, как у мыши. Обычно трэкбол использует оптико-механический принцип регистрации положения шарика. Большинство трэкболов управля-

ются через последовательный порт, причем назначение выводов аналогично разъему мыши. Основные отличия трэкбола от мыши в том, что трэкбол обладает стабильностью за счет тяжелого корпуса и не требует специальной площадки для движения. Для пользователей первых поколений ПК типа Notebook и Laptop предлагались внешние или встроенные трэкболы.

### 6.2.3. Джойстик

*Джойстик (joy stick)* — устройство ввода в области компьютерных игр. Создавался джойстик для использования на специальных военных тренажерах и обычно имитировал устройство управления какой-либо военной техникой.

*Цифровые джойстики*, как правило, применяются в игровых приставках и в игровых компьютерах.

Любой джойстик состоит из двух элементов: координатной части — ручки или руля, перемещение которой изменяет положение виртуального объекта в пространстве, и функциональных кнопок. Число кнопок может быть от трех до восьми, и большинству из них, кроме главной кнопки «Огонь» или гашетки, можно в зависимости от игры присваивать разные значения: смена оружия, коробка скоростей и т. д.

Для ПК в качестве устройства ввода (управления) в основном применяются *аналоговые джойстики*. Использование цифрового джойстика требует установки в компьютер специальной карты или применения переходника с одного разъема на другой. 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 обеспечивает более точное управление.

По конструктивному исполнению современные джойстики подразделяются на пять основных категорий:

- *кнопочные (joypads)* похожи на управляющие панели. На панели управления минимум две кнопки, и игроки-левши могут переворачивать ее для более естественного использования. Эти удобные, компактные и обычно дешевые джойстики — идеальное средство для игр в реальном времени с нападением и защитой;
- *настольные (desktop)*;

- джойстики в виде рычагов управления военных самолетов (*pistol-grip flightsticks*). Они, как правило, оснащены триггер-переключателем и кнопкой для большого пальца, а также регулятором скорости. Такие джойстики прекрасно работают в «кабинах самолетов», но довольно неудобны в спортивных, а также требующих нападения и защиты играх, где нужна точность, которой обладают настольные и кнопочные модели. Большинство джойстиков этого типа отражают серьезные потребности реальных компьютерных пилотных тренажеров;
- джойстики в виде штурвалов (*yokes*) обеспечивают ощущения, аналогичные испытываемым при управлении небольшими самолетами. Обычно они крепятся на столе с помощью специальных присосок или зажимов;
- комбинированные (*hybrids*) — это джойстики, которые можно использовать только в отдельных играх.

Отдельные модели джойстиков имеют своеобразную «обратную связь»: при использовании их для «стрельбы» ручка дает эффект «отдачи», какая бывает у настоящего оружия. Некоторые модели обладают ощутимым сопротивлением, имитирующим управление настоящим летательным аппаратом и позволяющим более точно регулировать перемещение виртуального объекта.

Лидерами рынка джойстиков в России являются фирмы Quick Shot и Genius.

## 6.3. СКАНЕРЫ

Сканер (*Scanner*) — устройство ввода в ЭВМ информации в виде текстов, рисунков, слайдов, фотографий на плоских носителях, а также изображения объемных объектов небольших размеров. Метод сканирования использовался при передаче фотографических изображений по телеграфу еще в 1850 г. Первый черно-белый сканер был создан в 1863 г., а цветной — в 1937 г.

### 6.3.1. Принцип действия и классификация сканеров

Сканер как оптоэлектронный прибор включает следующие функциональные компоненты: датчик, содержащий источник света, оптическую систему, фотоприемник, механизм перемещения

датчика (или оптической системы) относительно оригинала. Электронное устройство обеспечивает преобразование информации в цифровую форму. *Сканирование* представляет собой цифровое кодирование изображения, заключающееся в преобразовании аналогового сигнала яркости в цифровую форму.

В процессе сканирования оригинал освещается источником света. Светлые области оригинала отражают больше света, чем темные. Отраженный (или преломленный) свет оптической системой направляется на фотоприемник, который преобразует интенсивность принимаемого света в соответствующее значение напряжения. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой для дальнейшей обработки с помощью ПК.

Такое получение цифрового изображения оригинала для ввода в компьютер называют *оцифровкой (Digitizing)*. В процессе оцифровки изображение разбивается на элементарные частицы — пиксели, каждому из которых соответствует определенный код яркости и цветового оттенка.

Сканеры весьма разнообразны, и их можно классифицировать по целому ряду признаков. В основе классификации могут быть следующие признаки:

- способ формирования изображения (линейный, матричный);
- конструкция кинематического механизма (ручной, настольный, комбинированный);
- тип вводимого изображения (черно-белый, полутоновый, цветной; 2D, 3D);
- степень прозрачности оригинала (отражающий, прозрачный);
- аппаратный интерфейс (специализированный, стандартный);
- программный интерфейс (специализированный, TWAIN-совместимый).

### **6.3.2. Фотодатчики, применяемые в сканерах**

Сканер представляет собой периферийное устройство, основным элементом которого является фотодатчик, предназначенный для фиксирования количества отраженного света в каждой области оригинала.

В современных сканерах применяются фотодатчики двух типов: фотоэлектронные умножители — ФЭУ (*PMT — Photomultiplier Tube*) или приборы с зарядовой связью — ПЗС (*CCO — Charge-Coupled Device*).

Фотоэлектронный умножитель изобретен советским инженером Л. А. Кубецким в 1930 г. ФЭУ, изображенный на рис. 6.3, представляет электровакуумный прибор, внутри которого расположены электроды — катод, анод и диноды. Световой поток от объекта сканирования вызывает эмиссию электронов из катода. В соответствии с законом фотоэффекта фототок эмиссии прямо пропорционален интенсивности падающего на него светового потока. Вылетающие из катода электроны под воздействием разности потенциалов между катодом и ближайшим к нему электродом — динодом притягиваются к последнему и выбивают с его поверхности вторичные электроны, число которых многократно превышает первичный электронный поток с катода. Это обеспечивается благодаря тому, что диноды выполнены из материалов, имеющих высокий коэффициент вторичной эмиссии, а между ними приложены потенциалы, обеспечивающие усиление вторичной эмиссии. В результате через сопротивление нагрузки в анодной цепи ФЭУ протекает

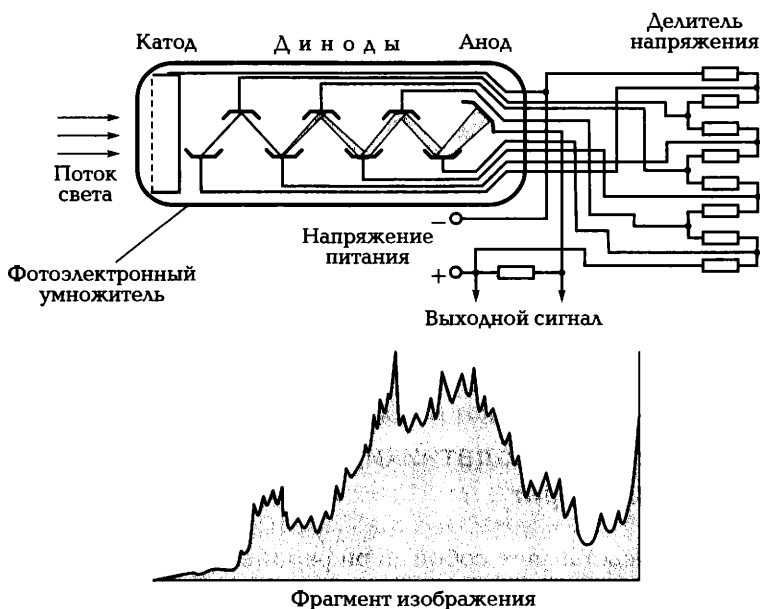


Рис. 6.3. Схема включения ФЭУ

усиленный ток. Коэффициент усиления фототока в ФЭУ достигает  $1 \cdot 10^8$ . Такое усиление достигается за счет подачи на ФЭУ напряжения от высоковольтного источника (в зависимости от числа диодов — от 500 до 1 500 В), причем потенциалы распределяются между электродами равномерно с помощью делителя напряжения. ФЭУ обладает высокой чувствительностью (1А/лм), а его спектральный диапазон, определяемый областью длин волн регистрируемого излучения, соответствует задачам сканирования, поскольку перекрывает видимый спектр световых волн.

*Прибор с зарядовой связью* — это твердотельный электронный фотоприемник, состоящий из множества миниатюрных фоточувствительных элементов, которые формируют электрический заряд, пропорциональный интенсивности падающего на них света, и конструктивно выполняются в виде матриц или линеек.

Работу ПЗС впервые продемонстрировали В. Бойл и Дж. Смит в 1970 г. Принцип действия ПЗС основан на зависимости электропроводности  $p-n$ -перехода полупроводникового диода от его освещенности. Устройство и принцип действия ПЗС-линейки показаны на рис. 6.4. ПЗС представляет собой полупроводниковый кристалл (как правило, кремний), на поверхность которого нанесена прозрачная оксидная пленка, выполняющая функцию диэлектрика в микроскопических конденсаторах. Одной из обкладок такого конденсатора является поверхность самого кристалла, а другой — нанесенные на диэлектрик металлизированные электроды толщиной не более 0,6 мкм.

К электродам в определенной последовательности подается низкое напряжение (5... 10 В). Это приводит к тому, что под электродами образуются так называемые потенциальные ямы в виде скопления электронов. Под воздействием света в результате внутреннего фотоэффекта появляются свободные электроны. Число электронов, скапливающихся под чувствительной площадкой каждого электрода, пропорционально интенсивности светового потока, падающего

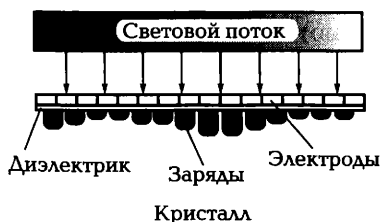


Рис. 6.4. Устройство и принцип действия ПЗС-линейки

на чувствительную площадку данного электрода. Электроны образуют зарядовый пакет. Если ПЗС выполнен в виде линейки, зарядовые пакеты передаются из одной потенциальной ямы в соседнюю, достигая последней ячейки, откуда поступают на предварительный усилитель. ПЗС-линейка может содержать до нескольких тысяч фоточувствительных ячеек. Размер элементарной ячейки ПЗС определяет разрешающую способность сканера. Область спектральной чувствительности ПЗС расположена в видимой части спектра, причем наибольшая чувствительность наблюдается ближе к красной области.

### 6.3.3. Типы сканеров

В зависимости от способа перемещения фоточувствительного элемента сканера и носителя изображения относительно друг друга сканеры подразделяются на две основных группы — *настольные (Desktop)* и *ручные (Hand-held)*.

К числу настольных сканеров относятся планшетные (*Flatbed*), роликовые (*Sheet-feed*), барабанные (*Drum*) и проекционные (*Overhead/Camera*) сканеры.

Планшетные сканеры, или сканеры плоскостного типа, используются для ввода графики и текста с носителей формата А4 или А3.

На рис. 6.5 показано устройство и механизм работы планшетного сканера. В планшетных сканерах оригинал располагается на его рабочей поверхности неподвижно. Освещение оригинала производится стабилизированным по интенсивности источником, в качестве которого используются лампы с холодным катодом или флуоресцентные лампы. В качестве фотоприемника обычно используются ПЗС-линейки. Лампа, ПЗС и оптическая система, направляющая на ПЗС световой поток, отраженный от оригинала, находятся на одной каретке и с помощью шагового механизма перемещаются вдоль оригинала. В основном все планшетные сканеры рассчитаны на получение копии с одного оригинала, однако к некоторым моделям сканеров прилагаются дополнительные приспособления для последовательной подачи и сканирования нескольких оригиналов.

Недостатками этого типа сканеров являются большая занимаемая площадь, сложность выравнивания оригинала с неровно размещенным на носителе изображением, невозможность сканирования прозрачных оригиналов.

Однако при этом планшетные сканеры — наиболее популярные устройства ввода текстовой и графической информации. Они обе-

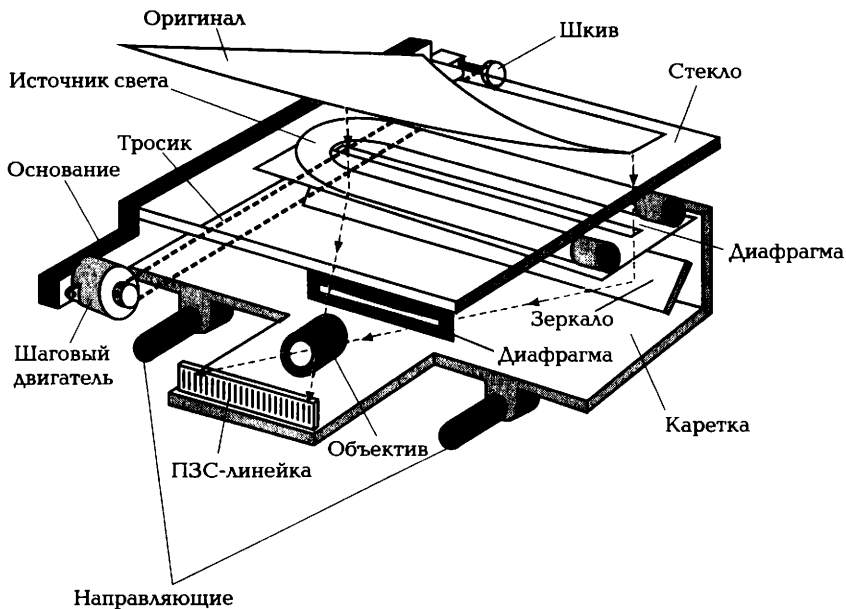


Рис. 6.5. Устройство и механизм работы планшетного сканера

спечивают необходимое качество изображений, используемых как в деловой корреспонденции, так и в высокохудожественных изданиях.

Для улучшения характеристик планшетных сканеров разработано несколько технологий, одна из которых — *оптическая система с изменяемым преломлением* — VAROS (Variable Refraction Optical System) предложена компанией Canon и позволяет удвоить аппаратное разрешение сканера, не усложняя конструкцию привода узла сканирующего элемента на основе ПЗС. В традиционной конструкции планшета луч белого света экспонирует сканируемую строку оригинала, направляя ее изображение для считывания линейкой ПЗС через сложную оптическую систему. Разрешающая способность сканера ограничена числом сенсоров ПЗС. Всего в сканирующем элементе на ПЗС может быть смонтировано порядка 8 000... 11 000 светочувствительных сенсоров.

Сканирующий элемент на основе технологии VAROS дополнен стеклянной пластиной, расположенной между линзами и ПЗС. Вначале осуществляется сканирование аналогично традиционной технологии. Затем стеклянная пластина поворачивается, и процесс сканирования повторяется. Подобное устройство дает сканеру воз-

возможность считать данные со смещением в полпиксела. Программное обеспечение, объединяющее результаты первого и второго этапов сканирования, позволяет получить вдвое больше данных, а реальное разрешение возрастает вдвое.

Другой вариант повышения разрешения — монтаж не одной, а двух линеек ПЗС, одна из которых рассчитана на среднее значение разрешения, наиболее часто используемое на практике, а другая — на высокое. Первая линейка обеспечивает высокую скорость сканирования, а вторая — низкую, что позволяет повысить общую производительность устройства.

Еще одна инновация компании Сапоп — использование для планшетных сканеров комплекта линз, называемых *линзами Галилео*. Подобное оптическое устройство представляет собой пятисегментную широкоугольную линзу, позволяющую сфокусировать отраженный луч в пятно очень малого диаметра, что обеспечивает существенное повышение разрешения сканера.

Роликовые сканеры осуществляют сканирование оригинала при его перемещении по специальным направляющим посредством роликового механизма подачи бумаги относительно неподвижных осветителя и ПЗС-линейки. Механизм работы роликового сканера показан на рис. 6.6. Сканирование в роликовом сканере, как и в планшетном, производится в отраженном свете. Этот принцип заложен в конструкции многих факсимильных аппаратов.

Сканеры, работающие в двух режимах — сканирования изображения и его факсимильной передачи, называются *факс-сканерами (Fax Scanner)*.

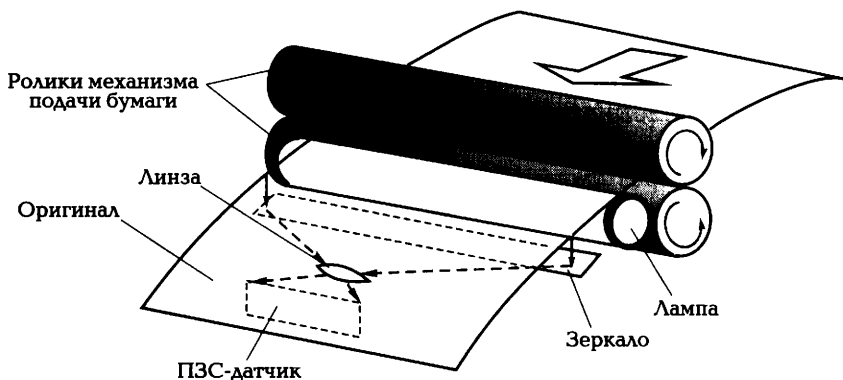


Рис. 6.6. Механизм работы роликового сканера

В отдельных моделях роликовых сканеров имеется устройство для подачи листов, которое позволяет сканировать в автоматическом режиме.

Большинство роликовых сканеров офисного применения предназначены для работы с оригиналами формата А4. Однако существуют широкоформатные роликовые сканеры, обеспечивающие сканирование оригиналов форматов А1 и А0.

Преимущества роликовых сканеров определяются их компактностью, удобством подключения и пользования, автоматической подачей листов оригинала, удовлетворительной скоростью сканирования и низкой стоимостью. В то же время эти сканеры имеют ряд недостатков, связанных с невозможностью без специальных приспособлений осуществлять сканирование сброшюрованных документов, книг, а также с опасностью повреждения оригинала.

Барабанные сканеры позволяют получать изображения прозрачных или отражающих оригиналов с высокой степенью детализации. Механизм работы барабанного сканера представлен на рис. 6.7.

Прозрачный оригинал в барабанных сканерах закрепляется с помощью специальной ленты или масла на поверхности прозрачного цилиндра из органического стекла (барабана), который для

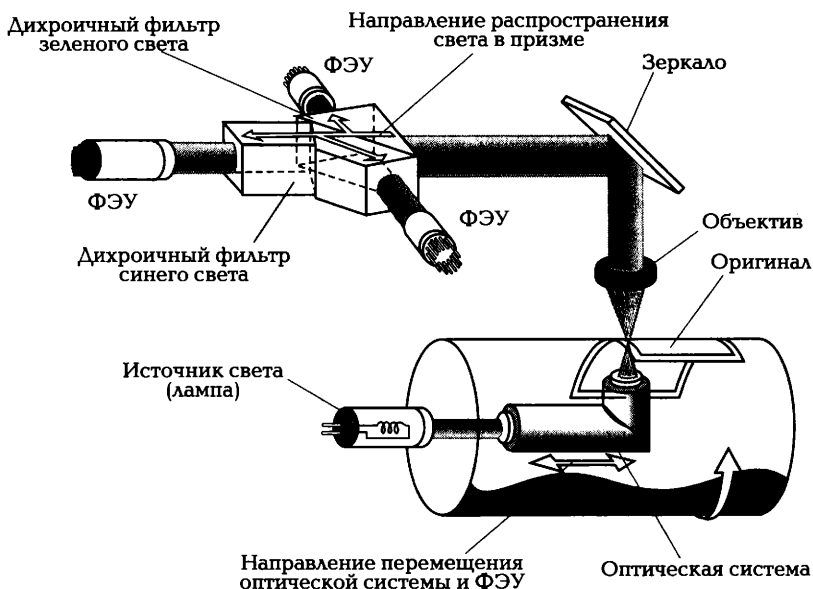


Рис. 6.7. Механизм работы барабанного сканера

обеспечения устойчивости укреплен на массивном основании. При вращении барабана с большой скоростью (от 300 до 1 350 об/мин) фотоприемник считывает изображение с высокой точностью. В большинстве барабанных сканеров в качестве фотоприемника используется ФЭУ, который перемещается с помощью винтовой пары вдоль барабана. Для освещения оригинала применяется мощный стабилизированный по интенсивности излучения ксеноновый или галогенный источник света. При сканировании отражающих оригиналов применяется источник света, расположенный вне барабана рядом с приемником излучения.

За счет высокой скорости вращения барабана имеется возможность фокусировать на оригинале достаточно мощный поток света без риска повреждения оригинала. В связи с этим отличительной особенностью барабанных сканеров является возможность сканировать с высоким разрешением оригиналы, имеющие высокую оптическую плотность (печатные издания, художественные работы, слайды, диапозитивы, негативные пленки), как в отраженном, так и в проходящем свете.

В отдельных моделях барабанных сканеров в качестве фотоприемника изображения используется набор ПЗС-линеек, неподвижно установленных на всю ширину барабана и построчно сканирующих оригинал в отраженном свете. В этих сканерах, как правило широкоформатных, барабан совершает только один оборот за все время сканирования. Сканеры, в которых реализована эта технология, выгодно отличаются от сканеров с ФЭУ, поскольку исключается необходимость решать проблему стабилизации конструктивных элементов, обусловленную высокой скоростью вращения барабана. Для гашения возникающих при этом вибраций применяются специальные амортизаторы, увеличивающие массу сканера до 250 кг и более.

Барабанные сканеры позволяют сканировать прозрачные или отражающие оригиналы. При этом автоматическая корректировка освещенности, настройка фокусного расстояния и высокая производительность достигаются за счет обработки изображения встроенным компьютером. Значительные габаритные размеры, необходимость предварительной подготовки обслуживающего персонала и высокая стоимость барабанных сканеров обуславливают ограничение их области применения профессиональной полиграфией и картографией.

Проекционные сканеры работают по принципу фотографической камеры. Механизм работы проекционного сканера показан на рис. 6.8. Оригинал располагается на подставке под ска-

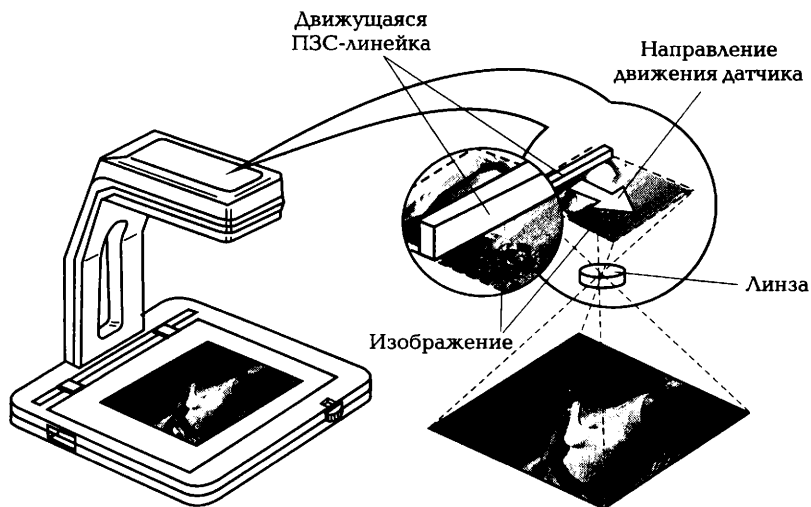


Рис. 6.8. Механизм работы проекционного сканера

нирующей головкой изображением вверх. Сканирующая головка, содержащая ПЗС-датчик и перемещающий его в фокальной плоскости линзы двигатель, закрепляется на вертикальном штативе и может перемещаться по стойке или по вертикальным направляющим. Перед началом сканирования камеру устанавливают в положение, соответствующее требуемому разрешению и размеру изображения. Точная настройка (фокусировка), определяющая разрешение сканирования, осуществляется специальной редуцирующей линзой. Обычно в проекционных сканерах внутренний источник освещения не используется. Освещение оригинала производится за счет естественного комнатного света.

Особенностью проекционных сканеров является возможность сканирования трехмерных объектов. При этом конструкция сканеров обеспечивает переменное разрешение сканирования: небольшие объекты можно сканировать с высоким разрешением; большие нестандартные объекты, изображения которых нельзя ввести с помощью других сканеров, также могут быть сканированы, хотя и с низким разрешением. Простота конструкции и удобство применения, невысокая стоимость и возможность комбинирования при сканировании плоских и небольших трехмерных объектов обуславливают достаточно широкое применение проекционных сканеров.

Ручные сканеры применяются для сканирования малоформатных оригиналов или фрагментов большого изображения.



Рис. 6.9. Устройство ручного сканера

Перемещение окна сканирования относительно оригинала производится за счет мускульной силы человека. Устройство ручного сканера показано на рис. 6.9. В небольшом корпусе шириной размещаются лишь датчик, линза и источник света. Ширина области сканирования определяется конструкцией сканера. Длина области сканирования ограничена лишь объемом доступной оперативной памяти компьютера. Принципы работы ручного и роликового сканеров во многом похожи.

Многофункциональные сканеры — это комбинированные устройства, сочетающие в себе возможности сканеров различных типов, а также других технических средств информатизации, служащих для решения таких задач, как оптическое распознавание символов, архивирование, электронная почта и факсимильная связь.

В комбинированных устройствах all-in-one в одном корпусе обычно объединены сканер, лазерный или струйный принтер, факс-модем. Эти устройства можно использовать в качестве факсимильного аппарата, принтера, сканера, копировального аппарата и внешнего модема для доступа к сети по линиям телефонной связи. Такое интегрирование является оптимальным решением для SOHO (*Small Office/Home Office* — небольшой офис/домашний офис), поскольку позволяет освободить площадь и сэкономить на приобретении компонентов в комплексе, которые по отдельности имеют более высокую стоимость.

### 6.3.4. Механизм цветопередачи в сканерах

Современные сканеры в основном предназначены для сканирования цветных оригиналов, но имеют режимы сканирования черно-белых и полутоновых изображений.

Задача цветного сканера сводится к различению основных цветов: красного (*Red*), зеленого (*Green*) и синего (*Blue*) — RGB. Для этого применяются различные технологии.

Например, в цветном сканере с одним источником света сканирование оригинала может осуществляться в три прохода с последовательным применением различных фильтров: красного (R), зеленого (G), синего (B), поочередно размещаемых между источником света и оригиналом. Сканируемое изображение освещается белым светом не непосредственно, а через вращающийся RGB-светофильтр. Для каждого из основных цветов последовательность операций практически не отличается от последовательности операций при сканировании полутонового изображения. Существенными недостатками данного метода являются увеличение времени сканирования в три раза и необходимость точного совмещения цветowych слоев, чтобы не допустить размывания отдельных деталей изображения.

В сканерах другого типа используются три источника света: красный, зеленый, синий, действующие поочередно для кратковременного освещения оригинала. Сканирование при этом производится однократно, что позволяет избежать несовмещения цветов, но требует подбора источников света со стабильными характеристиками.

В некоторых конструктивных решениях цветных сканеров используется один источник света, но сканирование цветных оригиналов осуществляется за один проход благодаря тому, что фотоприемник выполнен в виде фототранзисторов, размещенных в три линейки, а три цветных фильтра расположены перед ними так, что каждая линейка фототранзисторов освещается только своим цветом.

Однако наибольшее распространение получили цветные сканеры, оборудованные системой, состоящей из трех независимых фотодатчиков для каждого цвета. Оригинал освещается белым светом, а отраженный оригиналом свет попадает на фотоприемники через систему специальных фильтров, которые и разделяют белый свет на три составляющие. Принцип работы таких фильтров основан на использовании явления дихроизма, заключающегося в изменении окраски кристаллов в проходящем белом свете в зависимости от положения их оптической оси. После прохождения системы фильтров разделенные красный, зеленый и синий свет попадают каждый на свой фотоприемник, например ФЭУ. Путем последовательно выполняемых операций считывания тонового распределения по основным цветам получают информацию, необходимую для воспроизведения цветов изображения.

### 6.3.5. 3D-сканеры

*3D-сканер* — устройство, анализирующее физический объект и на основе полученных данных создающее его 3D-модель.

**Контактные 3D-сканеры** содержат механическое устройство — «щуп», при помощи которого в компьютер передаются координаты выбранных оператором точек. Система позиционирования и координатоисчисления таких сканеров построена на основе работы механических датчиков, аналогичных тем, что используются в оптико-механических манипуляторах «мышь». Они закреплены в каждом шарнире крепления «щупа», и от точности этих датчиков зависит точность пространственного сканирования в целом. Такие системы предназначены для сканирования сравнительно простых некрупных объектов.

Принцип работы контактного 3D-сканера состоит в том, что щупы отображают сканируемые поверхности как массивы трехмерных точек. На сегодняшний день механические контактные 3D-сканеры с экономической точки зрения кажутся оптимальным выбором для небольшой студии 3D-дизайна.

Сканер Active Piezo Sensor (активный пьезосенсор) способен сканировать и различать объекты толщиной в человеческий волос. Минимальный шаг сканирования составляет 0,025 мм по высоте; 0,05 мм по ширине и по длине. Благодаря высокой чувствительности пьезосенсора PICZA PIX-30 может сканировать широкий диапазон объектов, включая такие мягкие, как свежие фрукты и модели из пластилина, которые представляют трудность для обычных контактных сканеров. PICZA также может сканировать прозрачные предметы, что абсолютно невозможно для оптических сканеров, поскольку лучи света проходят насквозь, не отражаясь.

Отдельные конструктивные решения 3D-сканеров совмещают элементы рычажного и лазерного типов, когда лазерный сенсор с малым радиусом действия крепится на шарнирном «щупе». Многие устройства совмещают лазерные датчики, заменяющие механический «щуп», используемый в контактных 3D-сканерах, а также цифровой фотоаппарат, который применяется для большей точности сканирования и позволяет получить модели объектов с наложенными текстурами.

**Бесконтактные 3D-сканеры** являются сложными устройствами, в которых заложены алгоритмы создания пространственных каркасов. В качестве своеобразного «щупа» в бесконтактных сканерах используется излучение лазеров — ультразвуковое, магнитное. Наибольшее практическое применение находят *лазерные сканеры*.

Лазерный сканер измеряет расстояние до объекта и два угла, что, в конечном итоге, дает возможность вычислить координаты каждой точки объекта. Конструктивная схема такого сканера представлена на рис. 6.10, а.

Пучок света, генерируемый лазером, отражается от поверхности объекта и возвращается в приемник. Вращающаяся призма (или зеркало) распределяет пучок по вертикали с заранее заданным шагом (например,  $0,1^\circ$ ). Таким образом, в отдельном взятом вертикальном скане будут измерены все точки с дискретностью  $0,1^\circ$  (например, при максимальном вертикальном угле сканирования  $140^\circ$  их будет соответственно 1 400). Затем сервопривод поворачивает

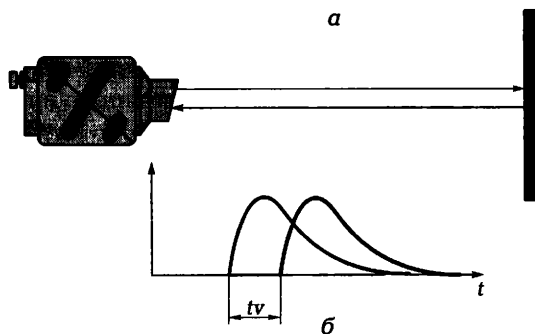
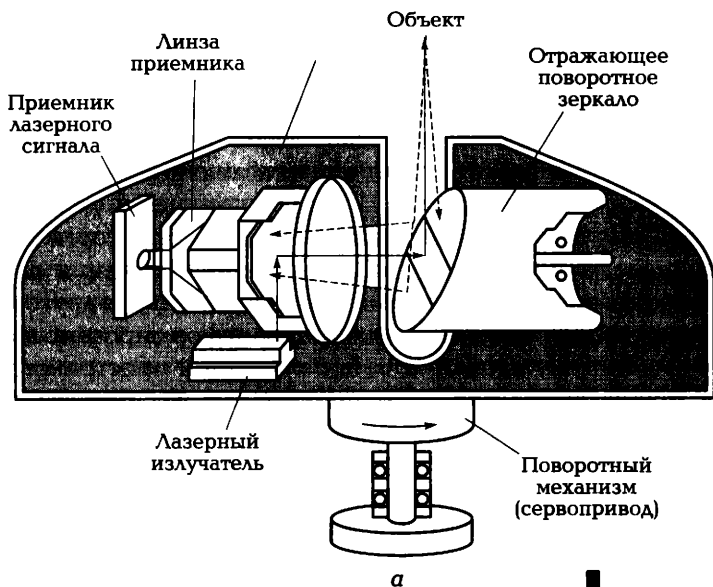


Рис. 6.10. Лазерный 3D-сканер:

а — конструктивная схема; б — принцип измерения расстояния до объекта

блок измерительной головки на угол, равный шагу измерения (при той же дискретности  $0,1^\circ$  полный оборот сканера состоит из 3 600 отдельных вертикальных плоскостей). Таким образом, полная цифровая картина пространства будет представлена в виде набора 5 040 000 точек. Пять миллионов точек за 5 мин не может представить никакой другой из известных способов. Зная скорость распространения лазерного излучения, а также время, прошедшее от момента выхода импульса до момента его приема, можно определить расстояние до объекта (рис. 6.10, б). Зная значение углового отклонения направляющего зеркала в момент излучения импульса, можно определить условные координаты той точки объекта, в которую попал начальный импульс.

В результате сканирования получают пространственную модель объекта, описанную огромным числом точек, каждая из которых имеет координаты  $X, Y, Z$ . Четвертой характеристикой для каждой точки является значение интенсивности отраженного излучения, выраженное в численном виде. Значение интенсивности отраженного сигнала зависит от составляющего материала объекта, его структуры, цвета и т. д. Пространственная модель объекта, описанная множеством точек, называется облаком точек. С помощью специализированного программного обеспечения полученные после съемки «облака точек» «сшиваются» друг с другом. Объединенное «облако точек» может быть трансформировано в любую требуемую систему координат. На полученной пространственной модели можно выполнять измерения различных геометрических параметров (расстояния, углы, диаметры и т. д.), а также строить разрезы и сечения.

Следующим этапом является построение векторных моделей. Это может быть достигнуто либо методом построения треугольников с вершинами в точках «облака» (триангуляционная или полигональная модель), либо используя набор примитивов (точка, вектор, плоскость, цилиндр, сфера и т. д.). В данном случае «облака точек» переводятся в векторную модель, состоящую из правильных геометрических тел.

Полученные данные экспортируются в такие программные пакеты, как AutoCad, ArcView, MicroStation и другие, для последующего использования. Кроме того, существует возможность анализа — наложения друг на друга «облаков точек» одного и того же объекта, полученных в разное время, с выдачей их несоответствия. Таким образом, можно проводить работы по деформационному мониторингу зданий, сооружений, оползневых участков, определять тепловые расширения конструкций и другие.

Обычно сканер устанавливается на штатив и нацеливается на снимаемый объект. Оператор использует КПК для программирования сканера, определения зоны сканирования и запуска сканирования. Его связь со сканером может осуществляться без проводов через Wi-Fi-порт или посредством кабеля. Все данные сканирования записываются на карту памяти, вставляемую в слот на сканера.

Технологию лазерного сканирования используют для создания реалистичных пространственных моделей сложных с точки зрения архитектуры зданий и сооружений. В последнее время начали появляться системы 3D-сканирования на базе ультразвуковых установок, преимуществом которых перед прочими системами является режим сканирования тел с внутренней структурой или тел, находящихся в какой-либо однородной среде. Активно ведутся разработки магнитных сканеров, использующих для определения пространственных координат изменение пространственного магнитного поля. Однако ультразвуковые и магнитные сканеры крайне чувствительны к различного рода шумам. Так, первые могут реагировать на погодные явления, звуковые волны, создаваемые другим оборудованием, кондиционерами или даже флуоресцентными лампами, а источником помех для вторых могут быть металлические объекты в помещении, не говоря об электропроводке. Что же касается решений 3D-сканеров на основе ультразвука, то широкодоступные системы пространственного ультразвукового сканирования 3D-изображений используются в сфере медицины.

### **6.3.6. Аппаратный и программный интерфейсы сканеров**

Сканеры с интерфейсом SCSI требуют установки в компьютер дополнительной платы SCSI-адаптера, которая поставляется в комплекте со сканером. Преимуществом интерфейса SCSI является обеспечение высокой скорости сканирования.

К компьютерам, оснащенным USB-портом, лучше подключать сканер с USB-интерфейсом. Скорость при этом несколько уступает интерфейсу SCSI, однако простота подключения сканера искупает этот недостаток.

Сканеры с интерфейсом параллельного порта подключаются к уже имеющемуся параллельному порту. Пропускная способность параллельного порта значительно меньше по сравнению с интерфейсом SCSI. Однако при этом нет необходимости устанавливать дополнительную плату.

В комплект поставки сканера входит специальная программа — *драйвер*, предназначенная для управления процедурой сканирования и настройки основных параметров сканера. Ведущие производители аппаратных и программных средств — компании Aldus, Caere, Eastman Kodak, Hewlett-Packard и Logitech — объединили свои усилия для создания собственного формата драйвера TWAIN. Стандарт TWAIN определяет порядок обмена данными между прикладной программой и драйвером сканера, что позволило решить проблему совместимости различных компьютерных платформ, сканеров разных моделей и форматов представления данных. С помощью TWAIN-совместимого сканера можно сканировать изображения из любой программы, например Photoshop, CorelDRAW, PageMaker, PhotoStyler и других.

### 6.3.7. Характеристики сканеров

При выборе типа и модели сканера следует принимать во внимание следующие основные характеристики.

*Разрешающая способность* определяется плотностью расположения распознаваемых точек и выражается в точках на дюйм (*dpi — dot per inch*). Сканеры имеют два параметра разрешающей способности: оптическое разрешение и программное.

*Оптическое разрешение* — показатель первичного сканирования. Программными методами можно в дальнейшем повысить разрешение. Например, оптическое разрешение сканера может быть 300 × 600 dpi, а программное — до 4 800 × 4 800 dpi. Оптическое разрешение имеет более важное значение для пользователя.

Оптическое разрешение зависит от размера элемента ПЗС-датчика и характеризует плотность, с которой производится выборка информации в заданной области оригинала.

*Область сканирования* — максимальный размер оригинала для данного сканера.

*Метод сканирования* определяет одно- или трехпроходный способ считывания информации в цветных сканерах.

*Скорость сканирования* — число страниц черно-белого оригинала, сканируемых в минуту с максимальным оптическим разрешением сканера.

*Разрядность сканера* измеряется в битах и определяет то количество информации, которое необходимо для оцифровки каждой точки изображения, а также количество цветов, которое способен распознать сканер. 24 бит соответствуют 16,7 млн цветов, а 30 бит —

миллиарду. Как правило, человеческий глаз не в состоянии отличить 16-битный цвет от 24-битного.

Лидером на российском рынке сканеров является Hewlett-Packard, однако модели Mustek Paragon, Epson, Canon, Lexmark также пользуются спросом. Для профессионального применения используются сканеры UMAX или Agfa.

## 6.4. ЦИФРОВЫЕ КАМЕРЫ

*Цифровая камера* — устройство для фото- или видеосъемки, в котором изображение регистрируется на систему матриц и сохраняется в цифровом виде.

Цифровая фотокамера имеет не только внешнее, но и функциональное сходство с обычной фотокамерой, применяемой в галогенно-серебряной (пленочной) фотографии, и содержит в светонепроницаемом корпусе матрицу, объектив, затвор, видоискатель, процессор, карту памяти.

*Матрица*, или *светочувствительная матрица*, — специализированная аналоговая или цифроаналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных элементов — фотодиодов. Она предназначена для преобразования спроецированного на нее оптического изображения в аналоговый электрический сигнал или при наличии АЦП непосредственно в составе матриц в поток цифровых данных. Матрица — основной элемент не только цифровых фотокамер, но и современных видеокамер, фотокамер, встроенных в мобильный телефон, камер систем видеонаблюдения и многих других устройств. Матрица также применяется в оптических детекторах перемещения компьютерных мышей, сканерах штрихкодов, планшетных и проекционных сканерах, системах астро- и солнечной навигации.

В зависимости от применяемой технологии матрицы цифровых камер подразделяются на следующие типы.

*ПЗС-матрица* (*CCD-матрица* — *Charge-Coupled Device*) состоит из поликремния, отделенного от кремниевой подложки, у которой при подаче напряжения через поликремниевые затворы изменяются электрические потенциалы вблизи электродов. Принцип действия ПЗС-матрицы и ПЗС-линейки, рассмотренный в подразд. 6.3.2, схож.

*КМОП-матрица* (*complementary metal-oxide-semiconductor* — *CMOS*) — светочувствительная матрица, выполненная на основе КМОП-технологии.

К 2008 г. КМОП-матрицы стали альтернативой ПЗС-матриц. К числу основных преимуществ КМОП-матриц относятся:

- низкое энергопотребление в статическом состоянии, что позволяет применять такие матрицы в составе энергонезависимых устройств, например в датчиках движения и системах наблюдения, находящих большую часть времени в режиме «сна» или «ожидания события»;
- единство технологии с остальными цифровыми элементами аппаратуры, что дает возможность объединения на одном кристалле аналоговой и цифровой части;
- наличие механизма произвольного доступа, с помощью которого можно выполнять считывание выбранных групп пикселей. Данная операция получила название кадрированного считывания (*англ.* windowing readout). Кадрирование позволяет уменьшить размер захваченного изображения и потенциально увеличить скорость считывания по сравнению с ПЗС-сенсорами, поскольку в последних для дальнейшей обработки необходимо выгрузить всю информацию.

Появляется возможность применять одну и ту же матрицу в принципиально различных режимах. В частности, быстро считывая только малую часть пикселей, можно обеспечить качественный режим живого просмотра изображения на встроенном в аппарат экране с относительно малым числом пикселей. Можно отсканировать только часть кадра и применить ее для отображения на весь экран. Тем самым получить возможность качественной ручной фокусировки. Есть возможность вести репортажную скоростную съемку с меньшим размером кадра и разрешением.

Live-MOS-матрица — светочувствительная матрица, построенная по МОП-технологии, имеющая благодаря ряду технических и топологических решений возможность «живого» просмотра изображения. Данный тип сенсора впервые был применен в фотокамерах Olympus E-330 и Panasonic L-1. Сейчас данную технологию используют ведущие производители фотокамер: Canon, Nikon, Fujifilm и другие.

В зависимости от конструктивного исполнения различают следующие цифровые камеры: с задней разверткой; трехкадровые; однокадровые с одной матрицей; однокадровые с тремя матрицами.

Принцип действия камеры с задней разверткой показан на рис. 6.11. Фотоприемник изображения в виде ПЗС-линейки перемещается в фокальной плоскости камеры вертикально, регистри-

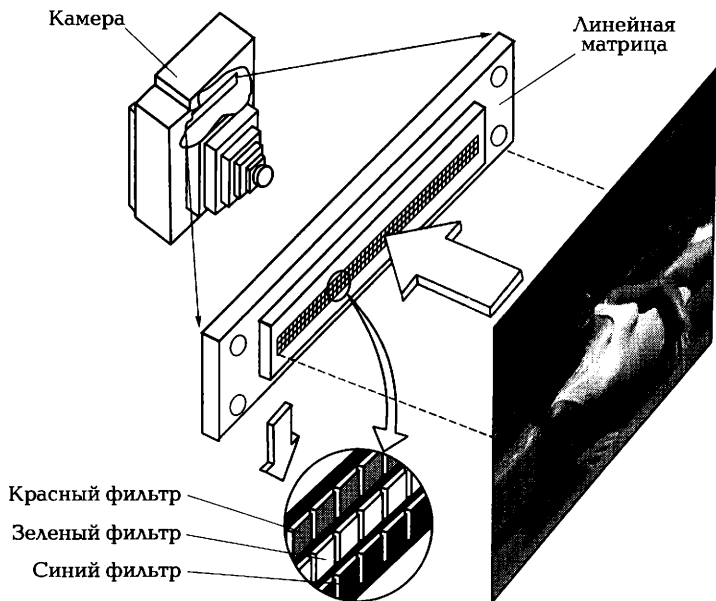


Рис. 6.11. Принцип действия камеры с задней разверткой

руя изображение построчно. Камеры такого типа довольно инерционны, что не позволяет использовать их для регистрации движущихся объектов, однако они обладают высоким разрешением и используются в профессиональной аппаратуре.

В *трехкадровых камерах* в качестве фотоприемника используется ПЗС-матрица. Для регистрации цветного изображения выполняются три экспозиции, регистрируя каждый раз изображение через отдельный светофильтр (красный, зеленый, синий). Такие камеры дают меньшее разрешение, чем камеры с задней разверткой, но экспозиция производится со скоростью, достаточной для использования вспышки.

В *однокадровой камере с одной матрицей* регистрация информации о цвете производится через нанесенный на поверхность ПЗС-матрицы пленочный фильтр, состоящий из RGB-элементов. Для регистрации изображения производится всего одна экспозиция, что позволяет производить съемку движущихся объектов, однако цветопередача в таких камерах уступает по качеству многоэкспозиционной технологии.

Принцип действия *однокадровой камеры с тремя матрицами*, как показано на рис. 6.12, а, состоит в расщеплении изображения с

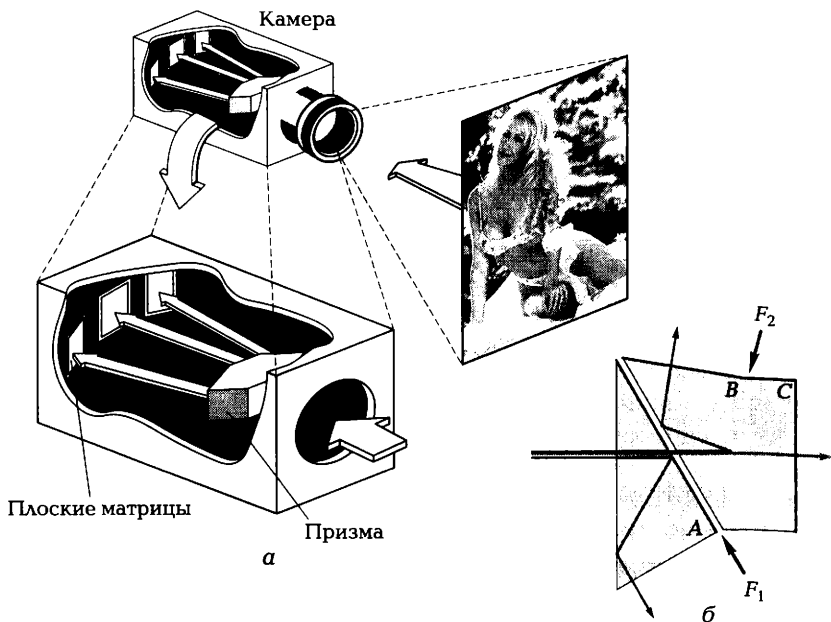


Рис. 6.12. Однокадровая камера с тремя матрицами:  
 а — принцип действия; б — система цветоделительных призм

помощью системы специальных призм (рис. 6.12, б) на красную, зеленую и синюю составляющие. Поступающий в камеру свет, попадая на пару дихроичных систем, делится на три основных цвета: красный, зеленый и синий. Каждая монохромная составляющая изображения регистрируется своей ПЗС-матрицей. Цифровые камеры такого типа применяются в цифровых камерах среднего и высокого классов.

Преимуществами трехматричных цифровых камер по отношению к одноматричным являются: лучшая передача цветовых переходов, более высокое разрешение, светочувствительность и уровень шумов. При этом такие камеры имеют большие габаритные размеры и не могут быть использованы с зеркальными видоискателями.

Объектив цифровой камеры несущественно отличается от объективов пленочных. В настоящее время массовое применение получил современный тип объективов с переменным фокусным расстоянием, называемый вариообъективом (англ. Zoom — трансфокатор, «зум»). Главное достоинство — возможность оперативно-

го изменения масштаба изображения часто позволяет получить изображение более качественное, нежели увеличение фрагмента с матрицы.

З а т в о р цифровых камер является электронным эквивалентом механического затвора и встроен в матрицу. В дорогостоящих камерах вмонтированы два затвора, и механический служит для предотвращения попадания на сенсор света после окончания времени выдержки, что позволяет избежать появления оптических эффектов, ухудшающих изображение. В некоторых цифровых фотоаппаратах при нажатии клавиши затвора наполовину происходит срабатывание систем автоматики. Автофокус и система определения экспозиции фиксируют параметры съемки и ждут полного нажатия.

В и д о и с к а т е л ь — элемент фотоаппарата, показывающий границы будущего снимка и в некоторых случаях резкость и параметры съемки. Если в оптическую схему видоискателя входит зеркало, перенаправляющее световой поток от объектива в окуляр или на матовое стекло, то такой аппарат называется *зеркальным*. Основным отличием от других типов фотоаппаратов является именно зеркальная система, которая позволяет использовать сменные объективы. Электронные видоискатели выполняются в виде жидкокристаллических (*LCD*) или органических светодиодных (*OLED*) дисплеев. Изображение может наблюдаться либо непосредственно (например, в компактных цифровых фотоаппаратах), либо через окуляр (например, в видеокамерах).

Наиболее распространенной является *однообъективная зеркальная камера, SLR-камера (single-lens reflex camera)*, схема которой дана на рис. 6.13. В процессе выбора объекта съемки и наведения резкости фотограф наблюдает через окуляр видоискателя 8 реальное изображение, воспринимаемое объективом камеры 1 и проецируемое зеркалом 2 на матовое стекло 5.

Соответствие границ изображения, наблюдаемого через видоискатель, тому, что проецируется на пленку или матрицу — поле зрения видоискателя — является важной характеристикой качества зеркальной камеры. У хороших камер оно составляет 90... 100%. Меньшие показатели заставляют фотографа делать мысленную поправку, учитывая, что реально снятый кадр будет несколько больше того, что он видит в видоискателе. Пентапризма 7 (придающая характерные очертания большинству зеркальных фотокамер) обеспечивает переворот изображения в естественное положение, соответствующее тому, что фотограф видит невооруженным глазом. После окончания наводки при нажатии на спуск специальный механизм убирает зеркало 2 из оптического тракта

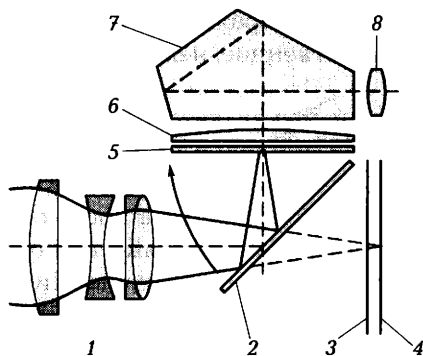


Рис. 6.13. Схема зеркального цифрового фотоаппарата:

1 — объектив; 2 — зеркало; 3 — затвор; 4 — матрица; 5 — матовое стекло; 6 — линза; 7 — пентапризма; 8 — окуляр

камеры, затвор 3 открывается на время выдержки, и изображение проецируется на матрицу 4.

Процессоры в цифровых камерах выполняют следующие функции:

- управление работой затвора;
- управление объективом в автоматическом и ручном режимах съемки;
- выбор баланса белого, измерение освещенности объекта;
- управление работой вспышки;
- управление брекетингом — возможностью серийной съемки (обычно сериями по 3 или 10 кадров);
- управление специальными эффектами из имеющегося набора (сепия, черно-белая съемка, устранение эффекта красных глаз и др.);
- формирование и выдача на дисплей информации о выбранных режимах съемки, настройках, самого изображения и т. д.

Процессоры цифровых камер входят в состав микроконтроллера (MCU), сочетающего как функции процессора, так и периферийных устройств, содержащего ОЗУ и ПЗУ.

Карта памяти — носитель информации, который обеспечивает длительное хранение данных большого объема, в том числе изображений, получаемых цифровой камерой. Носителем информации в цифровых камерах обычно служат карты флэш-памяти,

данные из которой не исчезают при отключении питания, а могут быть стерты только специальным электрическим импульсом.

Конструктивные решения некоторых моделей камер позволяют одновременно использовать многокадровую и однокадровую технологии экспонирования.

К числу важнейших характеристик цифровых камер можно отнести следующие: разрешение; поддержка интерфейсов SCSI, Wi-Fi, USB; объем носителя информации.

*Цифровая видеочка* — это устройство для получения оптических образов снимаемых объектов на светочувствительном элементе (матрице), приспособленное для записи движущихся изображений. Обычно она оснащается микрофоном для параллельной записи звука. Принцип действия и конструктивные решения цифровой видеочка мало отличаются от фотокамеры. Цифровые видеочка совмещают в себе функции фотокамер, сканеров и MP3, а оборудованные интерфейсом Bluetooth могут соединяться с Internet как через мобильный телефон, так и по наземной линии связи, обеспечивая доступ к электронной почте.

Высоким качеством отличаются цифровые камеры Canon, Olympus, Nikon, Sony. Недорогостоящие модели производят Casio, Fuji и Minolta.

## 6.5. Web-КАМЕРЫ

*Web-камера* представляет собой цифровое устройство, производящее видеосъемку, оцифровку, сжатие и передачу по компьютерной сети видеоизображения.

Информация о Web-камере как новом периферийном устройстве ПК появилась в печати в 1992 г. В настоящее время они стали вполне штатными техническими средствами информационно-коммуникационных технологий.

Типичная Web-камера содержит (рис. 6.14): объектив, оптический фильтр, фоточувствительную матрицу, схему цифровой обработки изображения, схему компрессии изображения и Web-сервер для подключения к сети. Каждая сетевая Web-камера имеет свой собственный IP-адрес, вычислительные функции и встроенное программное обеспечение, что позволяет ей функционировать как Web-сервер, FTP-сервер, FTP-клиент и клиент e-mail. Наиболее современные сетевые видеочка включают и много других привлекательных функций, таких как детектор движения, вход-выход тревоги и поддержка e-mail. Некоторые модели камер имеют поворотные устрой-

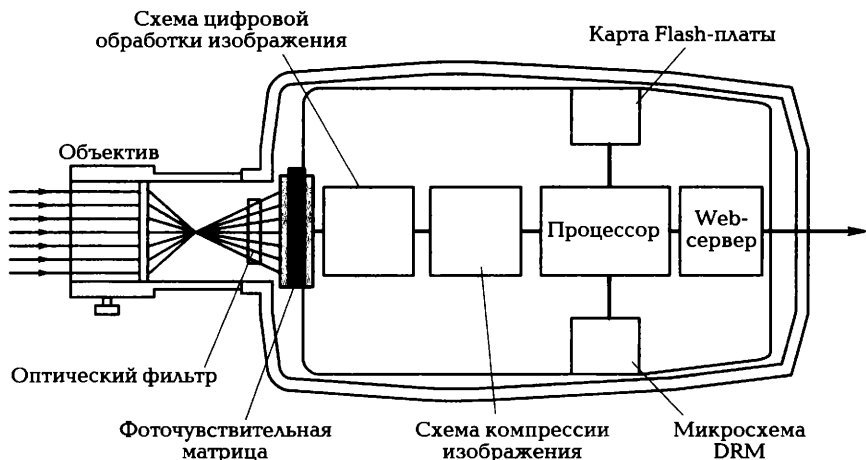


Рис. 6.14. Основные блоки Web-камеры

ства и могут выполнять круговое видеонаблюдение, а также имеют вариофокальный объектив, которым можно управлять по сети.

Принцип работы Web-камеры аналогичен любой цифровой камере.

*ПЗС(CCD)- или КМОП(CMOS)-матрица* — основной элемент Web-камер.

*Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)* — также обязательный компонент Web-камеры, основное назначение которого — преобразовывать аналоговые сигналы матрицы, т. е. напряжение в цифровой код.

*Схема компрессии данных* и подготовки к передаче в нужном формате является важным элементом камеры. В Web-камерах видеоданные передаются в компьютер по USB-интерфейсу, т. е. заключительной схемой камеры должен быть контроллер USB-интерфейса. Учитывая низкую пропускную способность USB-шины (всего 12 Мбит/с, из которых Web-камера использует не более 8 Мбит/с), данные необходимо сжимать перед непосредственной передачей в компьютер. Очевидность этого следует из следующего расчета. При разрешении кадра  $320 \times 240$  пикселей и глубине цвета 24 бит размер кадра в несжатом виде будет составлять 1,76 Мбит. При ширине полосы пропускания USB-канала 8 Мбит/с в несжатом виде можно передавать кадры со скоростью не более 4,5 кадров/с. Однако для получения качественного видео необходима скорость передачи 24 кадров/с и более. Таким образом, без аппаратного сжатия передаваемой информации функционирование камеры было бы

невозможно. Поэтому любой контроллер камеры должен обеспечивать необходимую компрессию данных для передачи их по USB-интерфейсу. Собственно компрессия — это и есть основное назначение USB-контроллера. Обеспечивая необходимую компрессию в реальном времени, контроллер, как правило, позволяет передавать видеопоток со скоростью 10... 15 кадров/с при разрешении 640 × 480 и со скоростью 30 кадров/с при разрешении 320 × 240 и меньшем.

*Детектор движения* — это программный модуль для обнаружения перемещающихся в поле зрения Web-камеры объектов. Детектор определяет габаритные размеры объекта и скорость его движения. Его можно настроить на обнаружение перемещения объектов с предельной минимизацией ложных срабатываний и задать гибкую логику обработки тревог (тревожная запись, интеграция с другим охранным оборудованием).

*Передача аудиосигнала* по сети в большинстве случаев осуществляется за счет наличия в камере аудиоканала или встроенного микрофона, а при отсутствии аудиоканала — подключением к Web-камере дополнительного аудиомодуля.

*Защита паролем* служит для ограничения прав доступа к Web-камере. По умолчанию видеоизображение с камеры можно просматривать с любого сетевого компьютера, на котором установлен стандартный Web-браузер, например Internet Explorer или Netscape Navigator. Однако можно ограничить число лиц с правами доступа к Web-камере, введя пароль на уровне пользователя. Многие Web-камеры поддерживают многоуровневую защиту паролем для разграничения прав доступа и администрирования.

В зависимости от функций, которые возлагаются на Web-камеру, возможны различные варианты ее подключения.

Чтобы подключить Web-камеру по локальной сети для наблюдения в помещении (рис. 6.15, а) необходимы следующие компоненты: компьютер, свитч, сетевая камера и локальная сеть Ethernet. Свитч позволяет различным устройствам из сети общаться непосредственно друг с другом и дает возможность устройствам из локальной сети иметь отдельные IP-адреса. Возможны варианты беспроводного подключения Web-камеры.

Для подключения Web-камеры к сети Интернет требуются устройства: широкополосный модем, широкополосный маршрутизатор, который еще может называться Интернет-шлюзом, и свитч (рис. 6.15, б). Широкополосный маршрутизатор позволяет пользователям локальной сети совместно использовать единственное подключение к Интернету. Он также служит как интерфейс между Интернетом, провайдером и локальной сетью. Большинство широ-



*a*



*б*



*в*

Рис. 6.15. Варианты подключения Web-камеры:

*a* — по локальной сети для наблюдения в помещении; *б* — к сети Интернет; *в* — в системе безопасности объекта

копосных маршрутизаторов имеет встроенную функцию свитчера, таким образом, отдельное оборудование не требуется.

При построении системы безопасности предприятия с помощью Web-камер (рис. 6.15, в) возможно обеспечить решение следующих задач:

- получение службой охраны информации от Web-камер через монитор в течение рабочего дня;
- отдаленное наблюдение в ночное время, выходные и праздничные дни на пункте центрального наблюдения, обслуживающем несколько организаций;
- в случае тревоги руководитель службы безопасности может рассмотреть изображения на самом близком к нему компьютере или удаленно через подключение к Интернету.

Изображения могут храниться в компьютере на предприятии или на сервере поставщика интернет-сервиса (провайдера). Web-камеры могут также посылать изображения автоматически главному компьютеру, или главный компьютер сам может отыскивать изображения с камер. Обычно используют специальное программное обеспечение, разработанное для сетевых камер. Программа может отображать картинку в реальном времени или работать с архивами.

Web-камеры находят все более широкое применение. Их используют при построении видеосистем для охраны как территориально больших, так и малых объектов. Особенно незаменимы они при контроле и мониторинге удаленных точек, где существует необходимость применения необслуживаемого оборудования.

Web-камера используется в бизнесе, менеджменте, образовательной деятельности, обеспечивая организацию виртуальной выставки на сайте компании, проведение видео-конференций или дистанционного обучения, визуализацию общения по Интернету.

Наиболее известные в России производители Web-камер — Logitech, Microsoft, Creative, Teac, Silver Line, Philips.

## 6.6. ДИГИТАЙЗЕРЫ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛАНШЕТЫ

*Дигитайзер (Digitazer), или графический планшет,* — устройство для оцифровки графических изображений, позволяющее преобразовывать в векторный формат изображение, полученное в результате движения руки оператора.

Дигитайзеры используются в системах автоматизированного проектирования (САПР) для ввода в компьютер графической информации в виде чертежей и рисунков: проектировщик водит пером-курсором по планшету, а изображение фиксируется в виде графического файла.

Дигитайзер состоит из двух элементов: основания (планшета) и устройства указания, перемещаемого по поверхности основания, курсора (рис. 6.16, а) или пера, называемого также стило (рис. 6.16, б). При нажатии на кнопку курсора или пера его положение на поверхности планшета фиксируется и координаты передаются в компьютер.

Принцип действия дигитайзера основан на регистрации местоположения курсора с помощью встроенной в планшет сетки, состоящей из печатных проводников с шагом между соседними проводниками от 3 до 6 мм. Механизм регистрации обеспечивает получение высокого разрешения дигитайзера, определяемого шагом считывания информации, достигающим до 100 линий на миллиметр.

Дигитайзеры подразделяются на электростатические и электромагнитные в зависимости от механизма определения местоположения устройства указания.

В электростатических дигитайзерах регистрируется локальное изменение электростатического потенциала сетки под курсором.

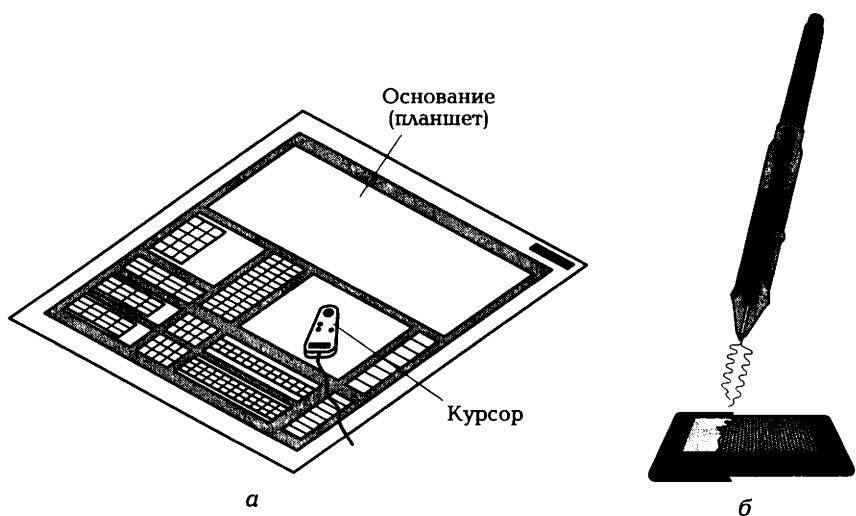


Рис. 6.16. Дигитайзер:  
а — с курсором; б — с пером

В электромагнитных дигитайзерах курсор является источником излучения электромагнитного сигнала, воспринимаемого сеткой, что делает дигитайзеры этого типа чувствительными к помехам, создаваемым внешними источниками, например мониторами.

Графические планшеты дигитайзеров выполняются на твердой (планшетные дигитайзеры) и гибкой основах (гибкие дигитайзеры). Дигитайзеры на гибкой основе имеют меньшую массу, более компактны, удобны при транспортировке и более дешевые.

Размеры рабочего поля планшетов от А4 до А0. Точность существующих планшетов колеблется в пределах от 0,005 до 0,03 дюйма. В среднем точность электромагнитных дигитайзеров выше, чем электростатических.

Устройства указания в дигитайзерах выполняются в виде курсора или пера.

Перо представляет собой указку, снабженную одной, двумя или тремя кнопками. Существуют перья, определяющие усилие, с которым наконечник пера прижимается к планшету, и имеющие 256 градаций степени нажима, что особенно удобно для выполнения художественных работ. От степени нажима зависит толщина линии, цвет в палитре и его оттенок. Для реализации художественных возможностей необходимо программное обеспечение типа Adobe Photoshop, Aldus PhotoStyler, Fauve Matiss, Fractal Design Painter, Autodesk Animator Pro, CorelDRAW и др. Дигитайзеры с перьями используют преимущественно для выполнения художественных графических работ.

Курсоры применяются в основном проектировщиками в САПР. Они выполняются 4-, 8-, 12-, 16-кнопочными. Обычно используются от двух до четырех кнопок, остальные программируются в программах-приложениях, например в Autocad.

Как курсоры, так и перья бывают с проводом и беспроводными. Для подключения планшета обычно используется последовательный порт.

Драйверы дигитайзеров могут работать тремя способами: эмулируя мышь, т.е. работая в режиме относительного задания координат; как стандартный драйвер планшета ADI независимо от того, какое устройство является системным; как драйвер WinTab.

Для устройств рукописного ввода информации характерна такая же схема работы, только введенные образы букв дополнительно преобразуются в буквы при помощи специальной программы распознавания, а размер площадки для ввода меньше. Устройства перьевого ввода информации чаще используются в сверхминиатюр-

ных компьютерах PDA (*Personal Digital Assistant*) или HPC (*Handheld PC*), в которых нет полноценной клавиатуры.

Графические планшеты (дигитайзеры) производят компании CalComp, Mutoh, Wacom и др. Признанным лидером по продажам дигитайзеров на российском рынке является фирма Wacom.

Корейская компания выпустила электронный планшет, на котором можно от руки писать текст. Такое устройство с габаритными размерами не более обычного блокнота удобно студентам, журналистам и другим людям, привыкшим пользоваться авторучкой. Ввод информации осуществляется специальным стилусом. При этом компания обещает, что электронный планшет способен распознавать почерк настолько быстро, что пользователь не заметит разницы по сравнению с письмом в обычной тетради.

## 6.7. СЕНСОРНЫЕ УСТРОЙСТВА ВВОДА

*Сенсорное устройство ввода* основано на введении информации в ПК при прикосновении к экрану.

Первое сенсорное устройство ввода было создано в 1970 г. Джордж Херст, преподаватель Университета штата Кентукки, создал устройство сенсорного ввода, основанное на резистивном принципе определения координат, которое было, скорее, дигитайзером и использовалось для автоматизации считывания данных с лент самописцев. В 1983 г. впервые ПК HP-150, выпущенный компанией Hewlett-Packard, был оснащен сенсорным экраном, реализующим инфракрасную сенсорную технологию.

Современные сенсорные устройства представляют собой сенсорные экраны и сенсорные мониторы. Сенсорные мониторы содержат сенсорный экран, установленный на стекле экрана дисплея.

Основными компонентами сенсорного экрана являются:

- сенсорная панель, выполняющая функцию датчика, генерирующего сигналы, указывающие, к какому участку произведено прикосновение;
- контроллер, обрабатывающий сигналы датчика и транслирующий их в данные, которые передаются в процессор ПК через интерфейсы RS232 или USB;
- программный драйвер, обеспечивающий интерфейс с операционной системой ПК.

В этих устройствах используются четыре базовые сенсорные технологии — резистивная, емкостная, акустическая и инфракрасная.

<sup>1</sup> *Резистивная технология* является наиболее распространенной. Принцип работы этих экранов основывается на измерении электрического сопротивления части системы в момент прикосновения. Выполненный в соответствии с геометрией монитора, резистивный экран состоит из стеклянной панели, покрытой слоем пластика, как показано на рис. 6.17. Пространство между стеклом и пластиком разделено микроизоляторами, которые равномерно распределены по активной области экрана и надежно изолируют проводящие поверхности. При легком прикосновении поверхности соприкасаются. Контроллер регистрирует изменение сопротивления, преобразует его в координаты прикосновения ( $X$  и  $Y$ ) и передает их на системную шину. Когда контроллер ожидает нажатия, резистивное покрытие сенсорного экрана находится под напряжением 5 В, а подложка заземлена, за счет микроизоляторов между этими поверхностями сохраняется высокое сопротивление. Когда ничто не касается сенсорного экрана, напряжение на подложке равно нулю. Уровень напряжения подложки постоянно преобразовывается аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) и отслеживается микропроцессором контроллера.

*Инфракрасная технология* основана на перекрывании инфракрасного излучения в момент касания сенсорного экрана. Инфракрасный сенсорный экран содержит с одной стороны ряд источников инфракрасного излучения в виде светодиодов, а с противоположной — фотоприемники излучения. При касании происходит перекрывание луча света, это приводит к изменению сигнала с соответствующих фотоприемников, что используется для определения координат точки касания. Инфракрасные сенсорные экраны являются самыми дорогостоящими, однако имеют ряд принципиальных преимуществ.

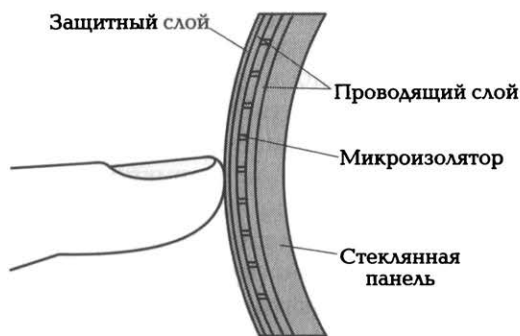


Рис. 6.17. Устройство резистивного сенсорного экрана

ществ. Во-первых, такие экраны абсолютно прозрачны и пропускают 100 % света. Во-вторых, они имеют практически неограниченный ресурс работы. Все эти преимущества связаны с тем, что инфракрасный сенсорный экран является чисто оптической системой и не имеет движущихся изнашиваемых элементов. Эти экраны выдерживают суровые условия эксплуатации: вандало- и износостойчивы, настраиваются на изменение условий освещения, включая прямой солнечный свет.

*Емкостная сенсорная технология* предусматривает наличие на стеклянной панели однородного проводящего слоя. Electroды, расположенные вокруг краев панели, равномерно распределяют низкое напряжение по проводящему слою, создавая однородное электрическое поле. Прикосновение к экрану «притягивает» ток из углов экрана. Контроллер измеряет изменение электрического тока в углах и вычисляет местоположение прикосновения. Прозрачное защитное покрытие делает датчик стойким к трению и затиранию. На работу емкостного экрана не влияет попадание на поверхность грязи, пыли, жидкости, конденсата. Экран реагирует только на прикосновение электропроводящего пальца или металлического указателя.

*Acoustic Pulse Recognition (APR)* совмещает в себе лучшие характеристики акустической и резистивной технологии. Технология APR работает по принципу распознавания звука в момент касания экрана в определенной точке. Сенсор генерирует уникальный звук в любой точке экрана. Четыре датчика, закрепленные по краям сенсорных экранов, принимают сигнал сенсора. Звук оцифровывается, затем передается контроллером и сравнивается со списком ранее записанных сигналов для каждой точки экрана. Курсор мгновенно перемещается в точку, соответствующую месту касания. APR игнорирует звуки окружающей среды и любые внешние звуки, если они не входят в ранее сохраненный список. APR-экраны характеризует отличное качество изображения, износостойкость, стабильная работа, возможность работы от прикосновения руки, а также руки в перчатке, кредитной карты и т.д. Экран устойчив к загрязнениям на жировой и водной основах; обладает пыле- и водоотталкивающими свойствами; при возникновении царапин на поверхности стекла продолжает стабильно работать.

Область применения сенсорных технологий для устройств ввода информации все более и более расширяется, например экраны в сотовых телефонах, коммуникаторах, смартфонах, КПК, информационно-справочных системах. Сенсорный интерфейс в силу своей вандалоустойчивости применяется в киосках, игровых автоматах.

В медицинском оборудовании сенсорные экраны не имеют аналогов. В банковском секторе использование сенсорных мониторов на рабочем месте оператора существенно упрощает взаимодействие оператора со сложной программной средой.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. На каких принципах действия работают известные типы клавиатур?
2. Какие основные элементы входят в конструкцию оптико-механической мыши?
3. Какие фотодатчики применяются в сканерах?
4. Как происходит сканирование с помощью планшетного сканера?
5. Опишите механизм сканирования барабанным сканером.
6. Как работает бесконтактный 3D-сканер?
7. Сравните конструктивные варианты цветных сканеров. Какие преимущества дает применение в цифровых камерах вместо ПЗС-матриц интегральных микросхем на основе КМОП-технологии?
8. Дайте характеристику известным конструктивным вариантам цифровых камер.
9. Дайте сравнительный анализ электростатических и электромагнитных дигитайзеров.
10. Какие физические принципы положены в основные сенсорные технологии?
11. Какие возможности открывает применение сенсорных экранов технических средств информатизации в различных сферах человеческой деятельности?

## ПЕЧАТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

## 7.1. ПРИНТЕРЫ

Печатающие устройства как периферийные устройства персональных компьютеров широко используются в различных областях: управленческой, инженерной, дизайнерской.

*Принтеры* — устройства вывода данных из ЭВМ, преобразующие информационные ASCII-коды в соответствующие им графические символы и фиксирующие эти символы на бумаге.

Принтеры обычно работают в двух режимах: текстовом и графическом. При работе в *текстовом режиме* принтер принимает от компьютера коды символов, которые необходимо распечатать из знакогенератора самого принтера. Многие изготовители оборудуют свои принтеры большим количеством встроенных шрифтов. Эти шрифты записаны в ROM принтера и считываются только оттуда. В *графическом режиме* на принтер направляются коды, определяющие последовательности и местоположение точек изображения.

По способу нанесения изображения на бумагу принтеры подразделяются на основные типы: принтеры ударного действия, струйные, фотозлектронные и термические.

## 7.1.1. Принтеры ударного типа

*Принтеры ударного действия*, или Impact-принтеры, создают изображение механическим давлением на бумагу через ленту с красителем. В качестве ударного механизма применяются либо шаблоны символов (типы), либо иголки, конструктивно объединенные в матрицы.

В *матричных принтерах (Dot-Matrix-Printer)* изображение формируется несколькими иголками, расположенными в го-

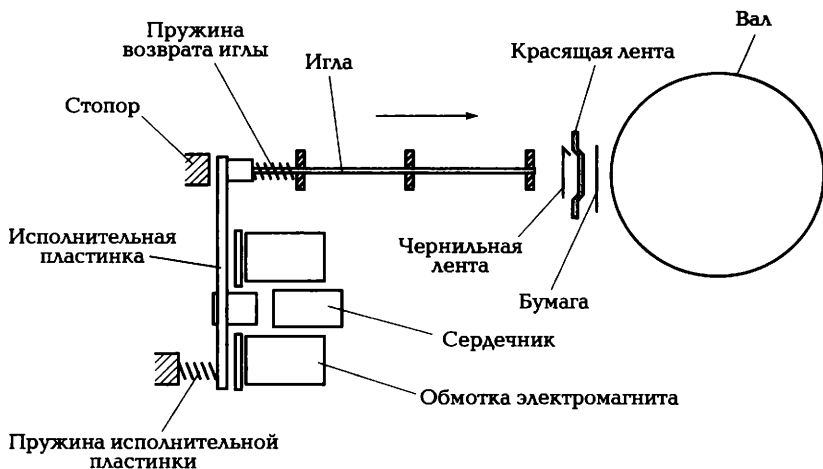


Рис. 7.1. Принцип действия иглы матричного принтера

ловке принтера. Иголки обычно активизируются электромагнитным методом. Каждая ударная игла приводится в движение независимым электромеханическим преобразователем на основе соленоида. Принцип действия иглы матричного принтера показан на рис. 7.1. Головка движется по горизонтальной направляющей и управляется шаговым двигателем. Бумага втягивается валом, а между бумагой и головкой принтера располагается красящая лента. Многие принтеры выполняют печать как при прямом, так и при обратном ходе. Качество печати матричных принтеров определяется числом иголок в печатающей головке: 9, 18 или 24.

К числу преимуществ матричных принтеров относится возможность печати одновременно нескольких копий документа с использованием копировальной бумаги. Эти принтеры предназначены для эксплуатации в промышленных условиях и могут печатать на карточках, сберегательных книжках и других носителях из плотного материала.

Существенным недостатком матричных принтеров как принтеров ударного действия является шум. В настоящее время матричные принтеры широкого практического применения уже не находят.

## 7.1.2. Струйные принтеры

По принципу действия струйные принтеры отличаются от матричных безударным режимом работы за счет того, что их печатающая головка представляет собой набор тонких сопел, диаметры ко-

торых составляют десятые доли миллиметра. В этой же головке установлен резервуар с жидкими чернилами, которые через сопла, как микрочастицы, переносятся на материал носителя. Хранение чернил обеспечивается двумя конструктивными решениями. В одном из них головка принтера объединена с резервуаром для чернил, причем замена резервуара с чернилами одновременно связана с заменой головки. Другое предусматривает использование отдельного резервуара, который через систему капилляров обеспечивает чернилами головку принтера.

В струйных принтерах в основном используются следующие методы нанесения чернил: пьезоэлектрический, метод газовых пузырей и метод «Drop-on-Demand».

*Пьезоэлектрический метод* основан на управлении соплом с использованием обратного пьезоэффекта, который, как известно, заключается в деформации пьезокристалла под действием электрического поля.

Для реализации этого метода в каждое сопло установлен плоский пьезокристалл, связанный с диафрагмой. При печати находящийся в сопле пьезоэлемент, разжимая (рис. 7.2, а) и сжимая (рис. 7.2, б) сопло, наполняет его чернилами. Чернила, которые отжимаются назад, перетекают обратно в резервуар, а чернила, которые вышли из сопла в виде капли, оставляют на бумаге точку. Подобные устройства в основном выпускают компании Epson, Brother.

Хотя струйный принцип печати известен уже давно, устройства с его использованием не нашли бы столь широкого применения, если бы не изобретение, ставшее основой для распространения струйной технологии. Первый и основной патент на нее принадлежит компании Canon. Hewlett-Packard также владеет рядом важных

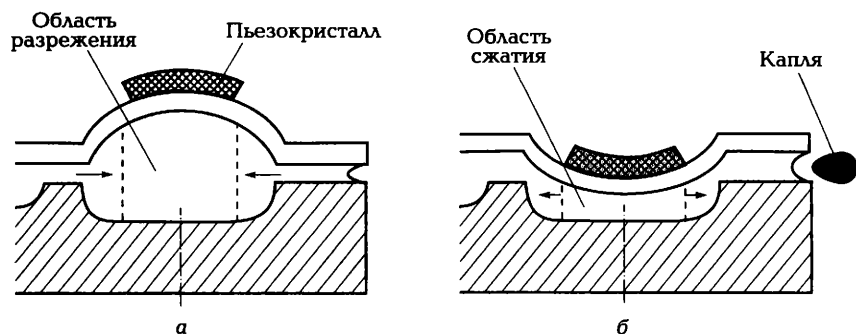


Рис. 7.2. Принцип действия струйного принтера с пьезоэлементами

патентов в этой области, она создала первый струйный принтер с использованием пузырьковой технологии ThinkJet в 1985 г. Путем обмена лицензиями эти две компании получили подавляющее преимущество над конкурентами — сейчас им принадлежит 90 % европейского рынка струйных принтеров.

*Метод газовых пузырей* является термическим и называется *методом инжектируемых пузырьков (Bubble-Jet)*, или *пузырьковой технологией печати*, которая проиллюстрирована на рис. 7.3. Каждое сопло печатающей головки принтера оборудовано нагревательным элементом в виде тонкопленочного резистора, который при пропускании через него тока за 7... 10 мкс нагревается до высокой температуры. Температура, необходимая для испарения чернил, например в принтерах фирмы Hewlett-Packard, достигает примерно 330 °С. Возникающий при резком нагревании чернильный паровой пузырь (*Bubble*) стремится вытолкнуть через выходное отверстие сопла необходимую каплю жидких чернил диаметром менее 0,16 мм, которая переносится на бумагу. При отключении тока тонкопленочный резистор быстро остывает, паровой пузырь уменьшается в размерах, что приводит к разрежению в сопле, куда и поступает новая порция чернил.

Последовательность нанесения чернил с использованием пузырьковой технологии печати показана на рис. 7.3. Эту технологию

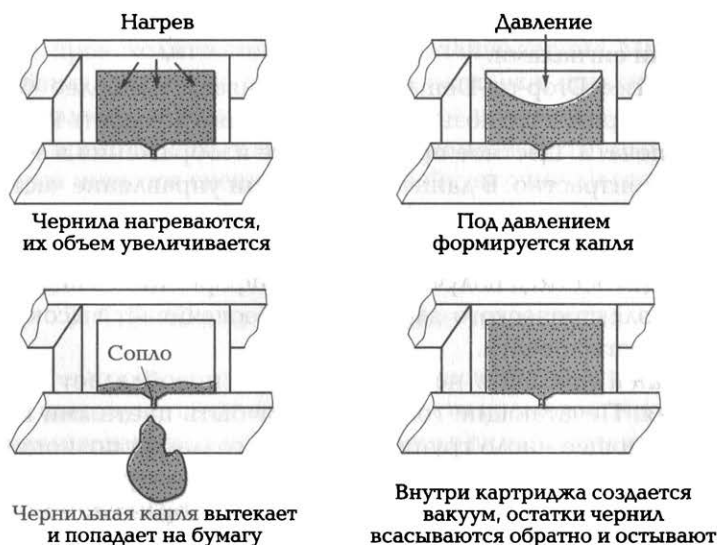


Рис. 7.3. Принцип нанесения чернил с использованием пузырьковой (Bubble-Jet) технологии печати

используют фирмы Canon, Hewlett-Packard, Lexmark. В механизмах печати принтеров, реализующих метод газовых пузырей, меньше конструктивных элементов, чем в тех, что используют пьезоэлектрическую технологию, такие принтеры обладают большей надежностью и ресурсом. Кроме того, использование пузырьковой технологии позволяет добиться более высокой разрешающей способности печати. Применение струйных принтеров, механизм печати которых основан на методе газовых пузырей, целесообразно при необходимости распечатки графиков, гистограмм и других видов графической информации без полутоновых графических изображений. Для получения более качественной печати следует выбирать струйные принтеры, реализующие метод Drop-on-Demand.

*Метод Drop-on-Demand*, разработанный фирмой Hewlett-Packard, использует, так же как и метод газовых пузырей, нагревательный элемент для подачи чернил из резервуара на бумагу. Однако в методе Drop-on-Demand для подачи чернил дополнительно применен специальный механизм, реализованный на базе следующих физических явлений.

Как правило, в частицах жидкой фазы действует поверхностное натяжение, поддерживающее сферичность. У заряженных частиц чернил поверхностное натяжение снижается, что приводит к делению частицы на более мелкие. Свойство частиц расщепляться используется для получения мелкодисперсных частиц чернил, которые поступают к выходным отверстиям сопел, управляемых электрическими сигналами.

Технология Drop-on-Demand обеспечивает наиболее быстрое нанесение чернил, что позволяет существенно повысить качество и скорость печати. Цветное представление изображения в этом случае более контрастно. В данной технологии управление частицами чернил производится при постоянном отклоняющем поле путем регулирования их электрического заряда. Поэтому вылетающая из сопла каждая частица получает «свою» информацию в виде разной величины электрического заряда, что обеспечивает высокую скорость и качество печати.

В *цветной печати* в настоящее время преобладает струйная технология. Печатающие головки могут быть цветными и иметь соответствующее число групп сопел. Для создания полноцветного изображения используется стандартная для полиграфии цветовая схема CMYK. Согласно этой схеме цветное изображение формируется при печати наложением один на другой трех основных цветов: зелено-голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow). Теоретически их наложение должно давать черный цвет, но на

практике в большинстве случаев получается серый или коричневый. Поэтому в качестве четвертого основного цвета добавляют ведущий цвет Key — черный (Black). Такую цветовую модель называют CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Key). Оттенки различных цветов могут быть получены путем сгущения или разрежения точек соответствующего цвета в фрагменте изображения (аналогичный способ используется для получения различных оттенков серого цвета при выводе монохромных изображений). Качество струйной цветной печати таково, что полученный полноцветный плакат практически невозможно отличить от изданного в типографии.

Уровень шума, создаваемый только двигателем, управляющим головкой струйного принтера, значительно ниже, чем у матричных принтеров. Качество печати для моделей струйных принтеров с большим числом сопел достигает качества печати лазерного принтера.

Минимальные размеры капли чернил струйных принтеров колеблются от 1...1,5 до 4...5 пиколитров, а в некоторых моделях принтеров не превышают одного пиколитра (по толщине эта величина составляет не более одной десятой толщины человеческого волоса, т. е. порядка 1/100 мм).

Основным недостатком струйных принтеров является высыхание чернил внутри сопла. В этом случае необходимо заменять печатающую головку. Принтеры некоторых типов нельзя выключать во время эксплуатации, поскольку в головке, оставшейся в промежуточной позиции, происходит интенсивное высыхание чернил. Многие модели струйных принтеров имеют режим парковки, при котором печатающая головка возвращается в исходное положение внутри принтера, что предотвращает высыхание чернил. В некоторых струйных принтерах имеются специальные устройства очистки сопел.

Подключение струйных принтеров к ПК производится через LTP-порт или через порт USB.

### 7.1.3. Фотоэлектронные принтеры

Фотоэлектронные способы печати основаны на освещении заряженной светочувствительной поверхности промежуточного носителя и формировании на ней изображения в виде электростатического рельефа, притягивающего частицы красителя, которые далее переносятся на бумагу. Для освещения поверхности промежуточного носителя в лазерных принтерах используется полупроводниковый лазер, в светодиодных — светодиодная матрица, в принтерах с жидкокристаллическим затвором — люминесцентная лампа.

Лазерные принтеры обеспечивают более высокое качество печати, чем струйные принтеры. Наиболее известными фирмами — разработчиками лазерных принтеров, являются Hewlett-Packard, Lexmark, Epson, Canon, Ricoh.

Принцип действия лазерного принтера основан на методе сухого электростатического переноса изображения, изобретенном Ч. Ф. Карлсоном в 1939 г. и реализуемом также в копировальных аппаратах. Функциональная схема лазерного принтера приведена на рис. 7.4, а. Основным элементом конструкции является вращающийся барабан, служащий промежуточным носителем, с помощью которого производится перенос изображения на бумагу. Барабан представляет собой цилиндр, покрытый тонкой пленкой светопроводящего полупроводника. Обычно в качестве такого полупроводника используется оксид цинка или селен. По поверхности бара-

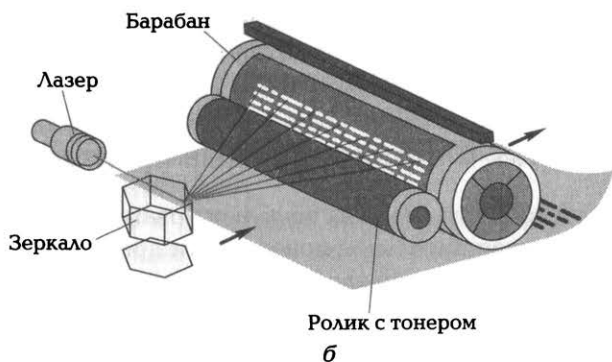
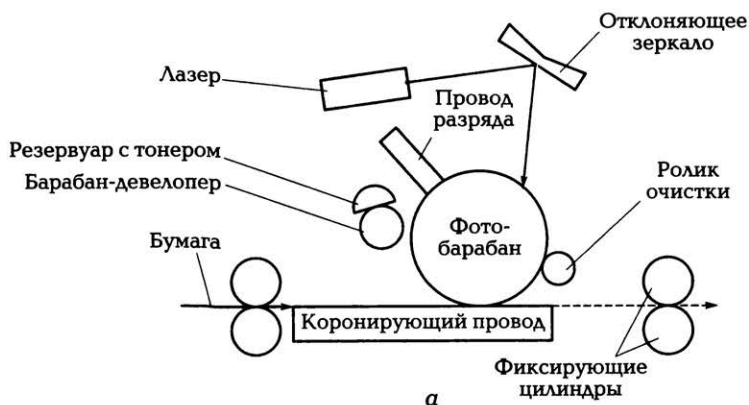


Рис. 7.4. Лазерный принтер:

а — функциональная схема лазерного принтера; б — сканирование фотобарабана лучом лазера в процессе зарядки

бана равномерно распределяется статический заряд. Это обеспечивается тонкой проволокой или сеткой, называемой коронирующим проводом, или коротроном. На этот провод подается высокое напряжение, вызывающее возникновение вокруг него светящейся ионизированной области, называемой короной.

Лазер (рис. 7.4, б), управляемый микроконтроллером, генерирует тонкий световой луч, отражающийся от вращающегося зеркала. Развертка изображения происходит так же, как и в телевизионном кинескопе: движением луча по строке и кадру. С помощью вращающегося зеркала луч скользит вдоль цилиндра, причем его яркость меняется скачком: от полного света до полной темноты, и так же скачкообразно (поточечно) заряжается цилиндр. Этот луч, достигнув барабана, изменяет его электрический заряд в точке прикосновения. Размер заряженной площади зависит от фокусировки луча лазера. Фокусируется луч с помощью объектива. Признаком хорошей фокусировки считается наличие четких кромок и углов на изображении. Для некоторых типов принтеров в процессе подзарядки потенциал поверхности барабана уменьшается от 900 до 200 В. Таким образом, на барабане — промежуточном носителе — возникает скрытая копия изображения в виде электростатического рельефа.

На следующем этапе на фотонаборный барабан наносится тонер — краска, представляющая собой мельчайшие частицы. Под действием статического заряда частицы легко притягиваются к поверхности барабана в точках, подвергшихся экспозиции, и формируют изображение уже в виде рельефа красителя.

Бумага втягивается из подающего лотка и с помощью системы валиков перемещается к барабану. Перед самым барабаном коротрон сообщает бумаге статический заряд. Затем бумага соприкасается с барабаном и притягивает благодаря своему заряду частички тонера, нанесенные ранее на барабан.

Для фиксации тонера бумага пропускается между двумя роликами с температурой около 180 °С. После окончания процесса печати барабан полностью разряжается, очищается от прилипших лишних частиц для осуществления нового процесса печати. Лазерный принтер является постраничным, т.е. формирует для печати полную страницу.

Процесс работы лазерного принтера с момента получения команды от компьютера до выхода отпечатанного листа можно разделить на несколько взаимосвязанных этапов, во время которых оказываются задействованными такие функциональные компоненты принтера, как центральный процессор; процессор развертки; плата управления двигателем зеркала; усилитель яркости луча;

блок управления температурой; блок управления подачей листа; плата управления протяжкой бумаги; интерфейсная плата; блок питания; плата кнопок и индикации управляющей панели; дополнительные платы расширения ОЗУ. По сути функционирование лазерного принтера подобно компьютеру: тот же центральный процессор, на котором сосредоточены главные функции взаимосвязи и управления; ОЗУ, где размещаются данные и шрифты, интерфейсные платы и плата управляющей панели, осуществляющие связь принтера с другими устройствами, узел печати, выдающий информацию на лист бумаги.

При включении принтера происходит подготовка картриджа к печати: все основные узлы картриджа приходят в движение, как в процессе печати, но пока лазерный луч не проецируется на барабан и вследствие этого изображение не формируется. Когда узлы картриджа приходят в состояние покоя, принтер переходит в состояние Ready (готов к печати).

*Цветное изображение* с помощью лазерного принтера получается по стандартной схеме СМΥК, используемой в струйных принтерах. В цветном лазерном принтере изображение формируется на светочувствительной фотоприемной ленте последовательно для каждого цвета. Имеются четыре емкости для тонеров и от двух до четырех узлов проявления.

Лист печатается за четыре прохода, что существенно сказывается на скорости печати. Цветные лазерные принтеры 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 достаточно сложные и дорогие устройства.

Таким образом, лазерный черно-белый принтер рекомендуется использовать для получения высококачественной черно-белой распечатки, а для цветного изображения оптимальным является применение цветного струйного принтера.

Уровень шума лазерного принтера составляет в среднем 40 дБ, причем в режиме off-line это значение меньше.

Разрешение лазерного принтера по горизонтали и вертикали зависит от следующих факторов. Вертикальное разрешение определяется шагом вращения барабана и в основном составляет 1/300... 1/600 дюйма (1 дюйм = 2,54 см). Горизонтальное разрешение определяется числом точек в одной строке и ограничено точностью фокусировки лазерного луча.

Скорость печати лазерного принтера измеряется в страницах в минуту и зависит от двух факторов: времени механической протяжки бумаги и скорости обработки данных, поступающих от ЭВМ, при формировании растровой страницы для печати. Как правило, лазерный принтер оснащен собственным процессором. Скорость печати определяется не только работой процессора, но и существенно зависит от объема памяти, которой оснащен принтер.

Память лазерного принтера, который обрабатывает информацию постранично, должна обеспечивать большое количество вычислений. Например, при разрешении 300×300 dpi на странице формата А4 насчитывается почти 9 млн точек, а при разрешении 1 200 × 1 200 — более 140 млн. В основном используются принтеры с памятью от 8 до 16 Мбайт, причем цветные лазерные принтеры обладают значительно большей памятью. Сетевой лазерный принтер имеет еще и внешнюю память (винчестер).

Интерфейс лазерных принтеров фирмы Hewlett-Packard выполнен в основном в виде USB-порта, а фирмы Samsung — в виде LTP-порта. В отдельных моделях лазерных принтеров применяется беспроводный интерфейс на основе инфракрасных приемопередатчиков, который позволяет передавать файлы без кабеля.

Язык принтера является для него тем, чем для ПК командный язык операционной системы, поскольку компьютер поставляет принтеру информацию лишь в виде битов, а дальнейшая ее обработка выполняется самим принтером. Набор команд языка принтера обычно содержится в ROM принтера и соответственно интерпретируется его CPU. Наиболее распространенными языками для лазерных принтеров являются: PCL6 (Printer Control Language версии 6), HP-GL (Hewlett-Packard Graphic Language), а также PostScript — стандартизованный язык описания страницы, который предполагает мощное аппаратное обеспечение.

Лазерный принтер в случае необходимости удобно использовать в качестве сетевого. Для рабочих групп, насчитывающих до 20 пользователей, целесообразно применять принтеры с допустимой рабочей нагрузкой не менее 20 000 страниц в месяц.

*Светодиодные принтеры, или LED-принтеры (Light Emitting Diode), основаны на том же принципе действия, что и лазерные. Конструктивное отличие в том, что барабан освещается не лучом лазера, развертка которого обеспечивается механически управляемыми зеркалами, а неподвижной диодной строкой, состоящей из 2 500 светодиодов. Эта строка описывает не каждую точку, а целую строку. Светодиодная технология используется в принтерах фирм OKI и Panasonic. Светодиодная технология более надежна, поскольку*

ку ее конструктивная реализация является достаточно простой. Кроме того, принтеры со светодиодной панелью более компактны. По этой же причине светодиоды часто используются в ксерографических цифровых плоттерах. Однако лазерные принтеры работают быстрее, в то время как светодиодные — экономичнее.

В принтерах с *жидкокристаллическим затвором* источником света служит люминесцентная лампа. Свет лампы экспонируется через жидкокристаллический затвор, своеобразный прерыватель света, управляемый от ПК. Скорость печати такого принтера ограничена скоростью срабатывания жидкокристаллического затвора.

### 7.1.4. Термические принтеры

*Термические принтеры* — цветные принтеры высокого класса — применяются для получения цветного изображения с качеством, близким к фотографическому.

В термических принтерах используются следующие основные технологии цветной термопечати: контактный перенос расплавленного красителя (термовосковая печать); термоперенос красителя (сублимационная печать) и технология твердых чернил.

*Термовосковая печать*, или технология *Thermal Wax Transfer*, реализуется в принтерах с термопереносом. Принцип действия такого принтера в том, что термопластичное красящее вещество, представляющее собой краситель, растворенный в воске, наносится на тонкую лавсановую пленку толщиной 5 мкм. Пленка перемещается лентопротяжным механизмом, конструкция которого аналогична конструкции лентопротяжного механизма матричного принтера. На бумагу краситель переносится в том месте, где нагревательными элементами (аналогами сопел в струйных принтерах и игл в матричных) обеспечивается температура 70...80 °С. Для получения цветного изображения применяется метод СМΥК, т. е. выполняются четыре прохода: по одному проходу для нанесения каждого первичного цвета и один — для черного цвета. В связи с этим скорость цветной печати принтеров с термопереносом невелика. Стоимость выведенной на печать страницы с изображением выше, чем у струйных принтеров, поскольку используется специальная бумага. Преимуществом принтеров с термопереносом является получение высококачественных цветных изображений с воспроизведением до 16,7 млн цветов как на бумаге, так и на пленке.

*Сублимационная печать (Thermal Sublimation)* основана на сублимации, т. е. на переходе вещества из твердого состояния в газо-

образное, минуя жидкую фазу. При генерации изображения краситель переносится с ленты на специальную фотобумагу путем нагрева красителя термоголовкой с изменяющейся температурой. В зависимости от температуры происходит перенос большего или меньшего количества красителя. В газообразном состоянии красители смешиваются и осаждаются на бумаге термопринтера, а цвет формируется путем смешивания трех прозрачных красителей по методу СМΥК (желтого, пурпурного и голубого), чем достигается цветовая палитра фотографического качества. В цветном термопринтере механизм 3—4 раза протягивает термобумагу и ленту красителя с различными цветами мимо термоголовки, которая и наносит краситель на термобумагу (рис. 7.5). В процессе термосублимационной печати на фотобумаге образуются различные оттенки цвета (до 16,7 млн цветов).

К числу самых известных производителей сублимационных принтеров относятся Mitsubishi, Toshiba, Sony.

Термосублимационные принтеры используются везде, где необходима фотореалистичная печать не только цифровых фотографий, но и видеоизображений, передаваемых с устройств медицинской техники, видеокамер, видеомагнитофонов, телевизоров и т. д. Наиболее часто термосублимационные принтеры применяются для печати цифровых фотографий на паспорт гражданина Российской Федерации и другие документы, в рекламных агентствах для печати наклеек и мультимедиа, в настольных издательских системах, системах компьютерного проектирования, системах безопасности и печати почтовых открыток.

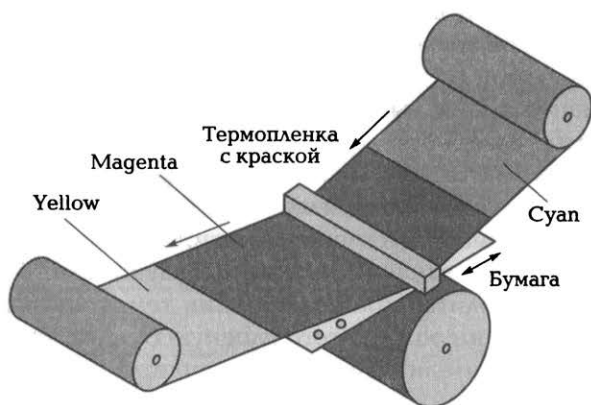


Рис. 7.5. Формирование изображения в цветном термосублимационном принтере

Существуют также принтеры, совмещающие в себе как сублимационную, так и термовосковую технологии (они различаются тем, что при термовосковой печати, как правило, используется специальная бумага с восковым покрытием, а при сублимационной она не нужна).

*Твердочернильные принтеры (Solid Ink Printers).* В таких принтерах краситель представляют собой твердые кубики, цвет которых соответствует модели СМУК. Принцип работы твердочернильного принтера проиллюстрирован на рис. 7.6. Каждый кубик находится в собственном отделении. Чернила расплавляются и подаются в печатающую головку, которая представляет собой блок сопел, например по 112 на каждый цвет, снабженных пьезоэлементами. При срабатывании пьезоэлемента капля расплавленных чернил попадает на барабан. Нагревание твердых чернил до вязкого состояния происходит один раз, в начале рабочего цикла, что позволяет сократить время вывода первого отпечатка. Капли создают изображение на алюминиевом барабане, с которого оно полностью переносится на бумагу. Ширина печатающей головки равна ширине листа и на каждый дюйм длины приходится порядка 18-ти сопел каждого цвета. Для обеспечения высокого разрешения головка с помощью специального механизма движется вдоль поверхности барабана на величину, равную расстоянию между двумя соседними соплами. Как только 25...30 % изображения нанесено на барабан, начинается подача листа бумаги для переноса цветного изображения. Предварительно нагретый лист движется относительно головки, которая переносит на него краситель. Скорость печати в цвете доходит до 30 страниц формата А4 в минуту с разрешением до 1 200 dpi/2 400 dpi (в режиме FinePoint) при максимальной нагрузке до 85 тыс. страниц в месяц с качеством печати лучшим, чем у цветных лазерных принтеров начального уровня.

В настоящее время цветные твердочернильные принтеры выполняют самые разнообразные задачи — от распечатки офисных и домашних документов до сложной крупноформатной печати с использованием графических приложений. Твердочернильные принтеры выпускает преимущественно компания Хегох.

*Термоавтохромные принтеры* не используют краску или чернила. Печать производится при воздействии температуры на специально предназначенную для этого слоеную бумагу, три слоя которой содержат красители голубого, пурпурного и желтого цветов. Причем каждый из слоев чувствителен к собственному температурному диапазону. Выполняется трехкратный нагрев бумаги до фиксированных температур с последующим «закреплением» каж-

Брикет с твердыми чернилами

Барабан

Система подогрева

Резервуар с разогретыми чернилами

Головка

Чернила  
переносятся на барабан

*а*

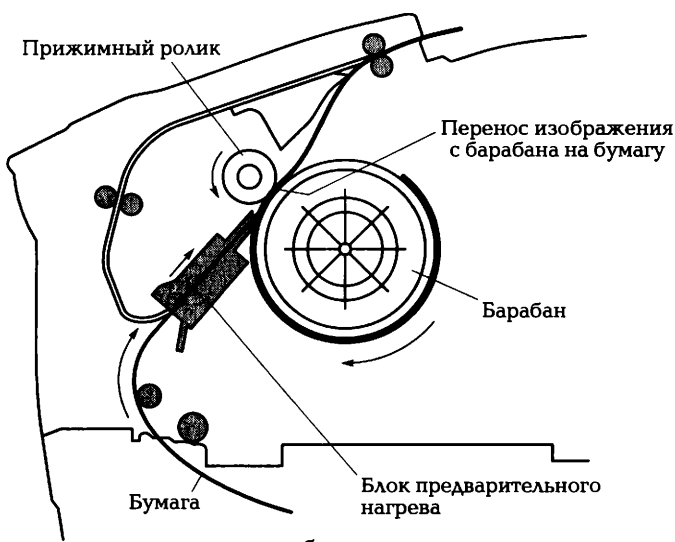


Рис. 7.6. Принцип работы твердочернильного принтера:

*а* — нанесение расплавленного красителя на барабан; *б* — нанесение красителя на подогреваемый лист бумаги

дого слоя ультрафиолетовым излучением. Отпечатки уступают качеству сублимационной печати. Кроме того, технология преимущественно используется в фотопринтерах. Фирмы Fargo, Fuji и Panasonic выпускают подобные модели принтеров и расходные материалы к ним.

## 7.1.5. Рекомендации по выбору принтера

На первом этапе рекомендуется определиться с технологией выбираемого принтера применительно к условиям его эксплуатации.

После выбора технологии принтера при оценке конкретной модели следует обратить внимание на следующие факторы:

- функциональные возможности, необходимые для решения задач конкретного пользователя (объемы выполняемых работ, наличие нужных шрифтов, русифицированность);
- формирование цветного изображения;
- необходимое качество изображения, т. е. разрешающую способность;
- производительность или скорость печати;
- надежность и удобство эксплуатации;
- стоимость;
- эксплуатационные затраты, включающие стоимость носителя, расходных материалов, обслуживания, потребляемой энергии.

При анализе характеристик *струйного принтера* важно обратить внимание на разрешение. Например, если в описании принтера указано разрешение до  $4\ 800 \times 1\ 200$  dpi — это означает, что минимальное расстояние между каплями составляет  $1/4\ 800$  дюйма. Чем меньше размер капли, тем меньше виден растр, т. е. промежутки между соседними точками. Важной характеристикой струйного принтера является число цветов, используемых при печати — от трех до девяти. Рекомендуют использовать трехцветные принтеры для печати текстов и картинок, тогда как многоцветные — для фотопечати. Не менее важен и параметр «скорость печати». В 2008 г. средняя скорость печати струйного принтера составляла 35 страниц черно-белого текста в минуту, фото печатается в среднем от 10 с.

Если принтер обеспечивает технологию Pictbridge, то к нему можно подключить фотокамеру без участия компьютера и печатать фото напрямую. Некоторые модели принтеров оснащены кардридерами для тех же целей, а также LCD-дисплеями. Важным моментом при выборе струйного принтера является качество программного обеспечения и драйверов. Эксперты утверждают, что самые стабильные драйверы у принтеров Canon, самые простые в установке у Lexmark, самые сложные в установке, но при этом еще и самые функциональные — у Hewlett-Packard.

*Черно-белые лазерные принтеры*, как правило, выбирают для домашнего пользования. Они экономичны: перезаправка картриджей принтеров обходится довольно дешево. Средняя скорость печати бюджетного лазерного принтера в 2008 г. — 18... 25 страниц в минуту, время выдачи первого листа (время прогрева) около 5 с. Важной характеристикой принтера является месячный ресурс. У бюджетного принтера выпуска 2008 г. OKI B2200 ресурс составляет 2 500 страниц в месяц.

Экономическую целесообразность использования того или иного типа принтера и конкретной модели следует просчитать. В 2008 г. производители указывали максимальный ресурс печатающих головок матричных принтеров — до 200 тыс. страниц, струйных принтеров — более 50... 60 тыс. страниц, лазерных черно-белых принтеров — 2 млн страниц.

## 7.2. ПЛОТТЕРЫ

*Плоттер*, или *графопостроитель*, — устройство вывода из ЭВМ графической информации типа чертежей, схем, рисунков, диаграмм на бумажный или иной вид носителя. Помимо обычной бумаги для плоттеров используются носители в виде специальной пленки, электростатической или термореактивной бумаги.

Благодаря появлению первых перьевых плоттеров, разработанных фирмой CalComp в 1959 г., стало возможным автоматизированное проектирование, создание САПР в различных областях деятельности.

Современные плоттеры — широкий класс периферийных устройств для вывода графической информации, которые можно классифицировать по ряду признаков.

По принципу формирования изображения:

- плоттеры векторного типа, в которых пишущий узел относительно носителя перемещается по двум координатам;
- плоттеры растрового типа, в которых пишущий узел перемещается относительно носителя только в одном направлении и изображение формируется из последовательно наносимых точек.

Конструктивно, в зависимости от вида носителя, плоттеры подразделяются на планшетные и рулонные.

В планшетных плоттерах носитель размещается неподвижно на плоскости, над которой располагается конструкция, позво-

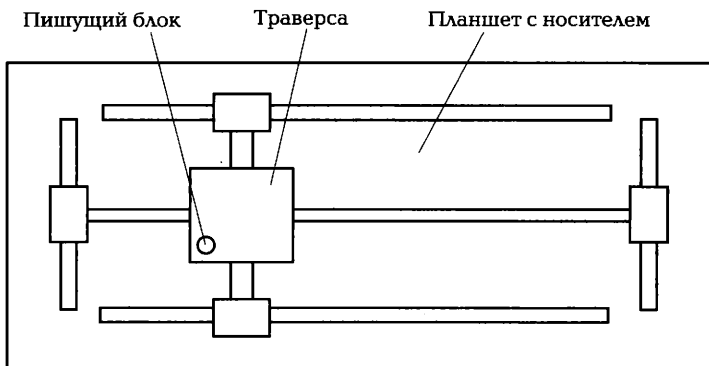
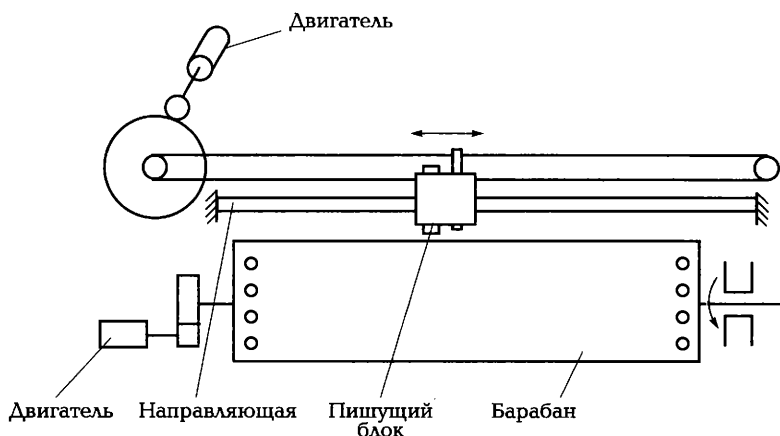


Рис. 7.7. Конструктивная схема планшетного плоттера

ляющая перемещать пишущий блок одновременно по двум координатам. Конструктивная схема планшетного плоттера показана на рис. 7.7. Пишущий блок укреплен на траверсе и перемещается в горизонтальном направлении относительно планшета, на котором закреплен носитель. В свою очередь, траверса с пишущим элементом перемещается в вертикальном направлении по другой траверсе. Перемещения осуществляются через блочно-тросовые системы, ходовые винты и зубчатые рейки двумя реверсивными двигателями, один из которых установлен на траверсе, а другой — на планшете.

В рулонных плоттерах, как показано на рис. 7.8, носитель размещается на барабане, который приводится во вращение в обе



7.8. Конструктивная схема рулонного плоттера

стороны реверсивным двигателем, а пишущий блок, приводимый в движение шаговым двигателем, перемещается по направляющей вдоль оси барабана.

Несмотря на то, что принципиально планшетные плоттеры могут обеспечивать более высокую точность вывода информации, на рынке больших плоттеров (формата А0 и А1) преобладают рулонные плоттеры, поскольку их характеристики удовлетворяют требованиям большинства задач. Дополнительные преимущества рулонных плоттеров следующие: они более компактны и удобны, работают с чертежами очень большой длины (более 10 м) или выводят несколько десятков чертежей один за другим, автоматически отмаывая и отрезая от рулона лист необходимого размера. Плоттеры малого формата (А3) обычно планшетные.

В зависимости от типа пишущего блока плоттеры подразделяются следующим образом:

- перьевые, ПП (*Pen Plotter*);
- струйные, СП (*Ink-Jet Plotter*);
- электростатические, ЭП (*Electrostatic Plotter*);
- прямого вывода изображения, ПВИ (*Direct Imaging Plotter*);
- лазерные, ЛП (*Laser/LED Plotter*).

Перьевые плоттеры являются электромеханическими устройствами векторного типа и создают изображение при помощи пишущих элементов, обобщенно называемых перьями. Пишущие элементы отличаются один от другого используемым типом жидкого красителя (одноразовые и многоцветные; шариковые, фибровые, пластиковые; с чернилами на водной или масляной основе; заполненные под давлением) и крепятся в держателе пишущего узла, который имеет одну степень свободы перемещения в рулонных плоттерах и две степени свободы перемещения в планшетных.

Отличительной особенностью ПП является высокое качество получаемого изображения, в том числе цветного при использовании цветных пишущих элементов.

Ведущие изготовители перьевых плоттеров: CalComp, Mutoh (карандашно-перьевые плоттеры), Summagraphics (Houston Instruments).

Кроме перьевых плоттеров, которые являются векторными, все остальные типы плоттеров — растровые, т. е. используют дискретный способ создания изображения.

Струйные плоттеры являются устройствами вывода графической информации, использующими различные струйные техно-

логии печати. Из всего разнообразия струйных технологий печати наибольшее распространение в пишущих узлах плоттеров получила «пузырьковая». Существует три разновидности струйных плоттеров: монохромные, цветные (полноцветные) и с возможностью цветной печати (color capable).

Струйные плоттеры с возможностью цветной печати позволяют выполнять чертежи с цветными линиями и однотонно закрашенными областями. Они являются струйным аналогом обычных перьевых плоттеров.

Для широкоформатной печати, применяемой при изготовлении рекламной продукции, используют струйные плоттеры, называемые с о л в е н т н ы м и. Чернила этих плоттеров не водорастворимые, как во многих других, а растворяются в ацетоне, обеспечивая устойчивость распечатанного изображения к атмосферным воздействиям. Сольвентные плоттеры, представленные на российском рынке преимущественно компанией Mimaki Engineering Co., Ltd., обеспечивают высокоскоростную и высококачественную струйную широкоформатную печать на самом широком спектре носителей: виниловых баннерах, сетках, самоклеящихся пленках, холсте, некоторых видах бумаги и текстиля, а также на носителях из некоторых видов пластмасс.

Приемлемая цена, высокое качество печати и большие возможности сделали струйные плоттеры серьезным конкурентом перьевых устройств. Ведущие изготовители струйных плоттеров — CalComp, Hewlett-Packard, Summagraphics, Encad.

Однако данные устройства, как и перьевые плоттеры, не вполне устраивают пользователей с большими объемами выводимой графической информации. Для высокой производительности целесообразно применять плоттеры прямого вывода или лазерные.

Электростатические плоттеры основаны на технологии создания скрытого электрического изображения (потенциального рельефа) на поверхности носителя, представляющего собой специальную электростатическую бумагу, рабочая поверхность которой покрыта тонким слоем диэлектрика, а основа пропитана гидрофильными солями, позволяющими получать требуемую для нее влажность и электропроводность. Для записи информации используются пишущие узлы, представляющие собой блоки электродов.

Потенциальный рельеф образуется при осаждении на поверхность диэлектрика свободных зарядов, образующихся при возбуждении электродов высоковольтными импульсами напряжения. Когда бумага проходит через проявляющий узел с жидким намагниченным тонером, его частички остаются на заряженных участках

бумаги. Полная цветовая гамма получается за четыре цикла создания скрытого изображения и прохода носителя через четыре проявляющих узла с соответствующими тонерами согласно технологии СМУК.

Отличительные особенности данного типа плоттеров — скорость, надежность, качество и производительность. Их применяют при высокой степени автоматизации проектных работ. Изображение, полученное на ЭП, весьма устойчиво и не выгорает под воздействием ультрафиолетовых лучей, а стоимость электростатической бумаги соответствует стоимости высококачественной типографской бумаги. Однако электростатические плоттеры отличаются высокой себестоимостью и необходимостью их тщательного обслуживания.

Плоттеры прямого вывода изображения, или термографические, используют в качестве носителя специальную термобумагу, темнеющую под воздействием тепла. Монохромное изображение создается миниатюрными нагревателями, сформированными в виде «гребенки», каждый из которых имеет самостоятельное управление. При перемещении термобумаги относительно «гребенки» ее цвет изменяется в местах нагрева.

Простота механизма печати обеспечивает высокую скорость вычерчивания и хорошее разрешение. Термобумага обычно подается из рулона. ПВИ применяются в крупных проектных организациях как для вывода проверочных копий, так и для изготовления окончательного пакета чертежей изделия.

Высокая надежность, производительность наряду с низкими эксплуатационными затратами способствуют расширению их применения при инженерном проектировании, в архитектуре, строительстве.

Плоттеры на основе термопередачи также используют термическую технологию, однако в них между термонагревателями и бумагой (или прозрачной пленкой) размещается донорный цветоноситель — тонкая пленка толщиной 5... 10 мкм (например, лавсановая), установленная красящим слоем на восковой основе к бумаге. Особенностью пленки является низкая (менее 100 °С) температура плавления.

На донорском цветоносителе нанесены области каждого из основных цветов в последовательном порядке. При выводе информации бумажный лист, соприкасаясь с лентой, проходит под печатной головкой, которая состоит из множества (до нескольких тысяч) мельчайших нагревательных элементов. Восковой слой цветоносителя в местах нагрева расплавляется и пигмент остается на листе.

За один проход наносится только один цвет, а полностью изображение формируется за четыре прохода.

Отпечатки, получаемые с помощью технологии термомпередачи, достаточно дорого стоят. В связи с этим плоттеры на основе термомпередачи используются в системах картографии, в составе средств САПР, требующих высокого качества воспроизведения цветов.

Лазерные плоттеры базируются на электрографической технологии, реализованной в лазерных принтерах. В качестве источника излучения в плоттерах применяются лазеры и полупроводниковые светодиодные матрицы (*Light Emittet Diod — LED*).

LED-плоттеры относятся к классу растровых, когда каждой точке строки изображения соответствует свой светодиод (например, при разрешении 400 точек на дюйм линейка для формата А1 состоит из 9 600 диодов).

Лазерные и LED-плоттеры ввиду высокого быстродействия (лист формата А1 выводится менее чем за 30 с) в первую очередь рекомендуются пользователям с большими объемами работ. Для повышения эффективности такие плоттеры чаще всего используются как сетевые устройства. К числу их преимуществ относится возможность работать на обычной бумаге, что сокращает удельные затраты при эксплуатации.

Области применения LED-плоттеров: сложный технический дизайн, архитектура, документооборот, картография.

Принимая во внимание, что широкоформатные сольвентные плоттеры представляют опасность окружающей среде с точки зрения вредных ацетоносодержащих выбросов, для широкоформатных рулонных плоттеров предлагаются новые технологии. Например, Mimaki Engineering Co. Ltd. в 2008 г. анонсировала новый 60-дюймовый струйный плоттер с ультрафиолетовыми (УФ) отверждаемыми чернилами. В плоттере используются две передовые технологии: экологичная UV-LED-технология, при которой практически не происходит выделения тепла и озона, и новые эластичные УФ-чернила. Светоизлучающие УФ-диоды, используемые вместо УФ-ламп, практически не нагревают материал, на который наносится изображение, что позволяет использовать плоттер для печати на теплочувствительных материалах, таких, например, как пленки ПВХ. Кроме того, специальные эластичные УФ-чернила могут растягиваться до 200 %, что позволяет печатать на термопластичных носителях и пленках, значительно расширяя возможности УФ-печати. UV-LED-технология исключает озонирование воздуха, снижает потребление энергии по сравнению с традиционными УФ-лампами.

При выборе плоттера следует принимать во внимание те же основные характеристики, что и при выборе принтера.

## 7.3. ТРЕХМЕРНЫЕ ПРИНТЕРЫ

*Трехмерный*, или *3D-принтер*, — это устройство вывода трехмерных данных (как правило, объемной геометрии). Фактически результатом его работы является некоторый физический объект, а не информация в двумерном виде (текст, чертежи, изображения, фотографии).

### 7.3.1. Назначение и общие принципы трехмерной печати

Необходимость в выводе данных из ПК в трехмерном виде обусловлена тем, что в процессе разработки новой продукции часто возникает необходимость в опытных образцах или в так называемых «моделях-прототипах» изделия, его отдельных деталей и узлов. Модели-прототипы требуются различным службам предприятия: маркетинговым и рекламным, а также дизайнерским, конструкторским и технологическим подразделениям.

Изготавливают прототипы по-разному: на одних предприятиях детали фрезеруют из пластмасс, мягких металлов или дерева на станках с ЧПУ, на других — полагаются на золотые руки умельцев-модельщиков. Но все эти методы требуют задействования производственных мощностей, использования высококвалифицированного ручного труда и, как правило, больших временных затрат. Появление на рынке 3D-принтеров позволяет быстро, качественно и недорого изготавливать модели новых изделий, их узлов и деталей, внедряя технологии быстрого прототипирования.

*Быстрое прототипирование (Rapid Prototyping, RP)* — это послойное построение физической модели (прототипа) в соответствии с геометрией CAD-модели, заложенной в ПК. Основное отличие этой технологии от традиционных методов изготовления моделей заключается в том, что модель создается не отделением материала от заготовки, а послойным наращиванием материала, составляющего модель, включая входящие в нее внутренние и даже подвижные части.

Впервые технология RP была реализована в конце 1980-х гг., когда американская компания 3D-Systems вывела на рынок свою первую установку SLA (Stereo Lithography Apparatus), создающую

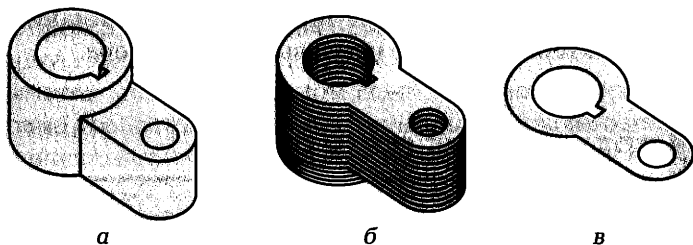


Рис. 7.9. Формирование сечений для печати 3D-принтера:  
 а — CAD-данные; б — образование сечений; в — одно сечение

модели методом послойного отвердевания фотополимера под воздействием луча лазера.

Все современные системы быстрого прототипирования работают по схожему алгоритму:

- считывание трехмерной геометрии из 3D-CAD-систем (рис. 7.9, а) в формате STL (обычно твердотельные модели или модели с замкнутыми поверхностными контурами). Все CAD-системы твердотельного моделирования могут выдавать файлы STL (рис. 7.9, б);
- разбиение трехмерной модели на поперечные сечения (слои) с помощью специальной программы, поставляемой с оборудованием или используемой как приложение (рис. 7.9, в);
- построение сечений детали слой за слоем снизу вверх, до тех пор, пока не будет получен физический прототип модели.

Слои располагаются снизу вверх, один над другим, физически связываются между собой. Построение прототипа продолжается до тех пор, пока поступают данные о сечениях CAD-модели.

### 7.3.2. Классификация материалов трехмерной печати

Технологии трехмерной печати принято подразделять по типу расходных материалов (жидкие, порошкообразные и листовые твердотельные).

Процессы, использующие жидкие расходные материалы, подразделяются, в свою очередь, на процессы отверждения посредством

контакта с лазером, отверждения электроразряженных жидкостей или отверждения предварительно расплавленного материала.

Процессы, использующие порошкообразные материалы, осуществляют скрепление частиц посредством воздействия лазером или выборочного нанесения связующих компонентов.

Процессы, использующие в качестве расходных материалов твердотельные листовые, могут быть классифицированы по способу их соединения — лазером либо слоем адгезива.

### 7.3.3. Основные технологии и принтеры для трехмерной печати

*Стереолитография (StereoLithography — SLA)* стала первой и наиболее распространенной технологией трехмерной печати. Принцип был изобретен и запатентован Чарльзом Халлом (Charles Hull) еще в 1986 г.

Суть стереолитографии в следующем: в рабочей зоне принтера находится жидкий фотополимер. При освещении ультрафиолетовым светом фотополимер затвердевает и превращается в достаточно прочный пластик. Для засветки полимера используется либо ультрафиолетовый лазер, либо обычная ультрафиолетовая лампа.

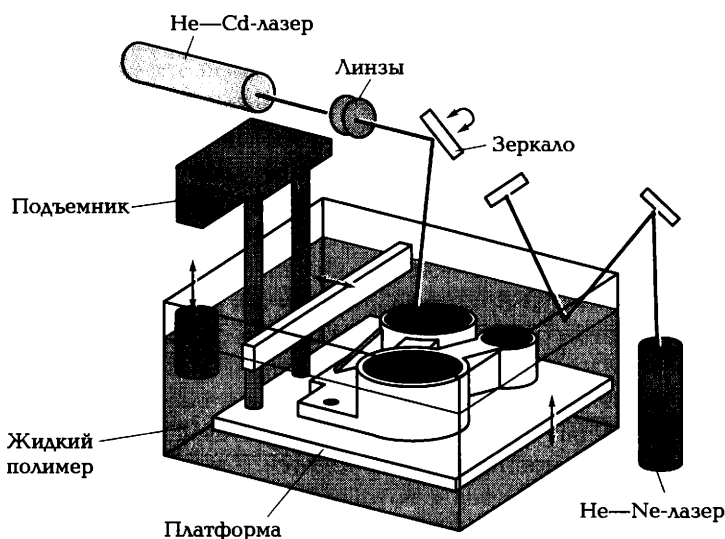


Рис. 7.10. Схема трехмерного принтера, реализующего стереолитографическую технологию SLA

Луч лазера (рис. 7.10) фактически попиксельно сканирует рабочую плоскость и формирует отдельные твердые «пиксели», пока не нарисует на пластике сечение модели. Затем уровень фотополимера повышается за счет опускания рабочего стола вместе со сформированной частью модели, и поверх него рисуется следующий слой, пока модель не будет полностью готова. Стереолитография позволяет получить точность «отпечатка» порядка десятых долей миллиметра, хорошо воспроизводит мелкие детали и обеспечивает достаточно ровную поверхность объекта. Недостатками стереолитографической технологии является то, что трехмерные принтеры, основанные на этом методе, а также расходные материалы достаточно дороги. К тому же обрабатываемый материал ограничивается только фотополимерами.

Скоростной трехмерный принтер как систему быстрого прототипирования Prefactory разработан, например, немецкой компанией Envisiontec. Засветка производится при помощи технологии DLP (Digital Light Processing), аналогичной используемым в компьютерных проекционных системах (см. гл. 4). Разрешение (для одного рабочего слоя) составляет  $1\,280 \times 1\,024$  пиксела при размере пиксела 150 или 90 мк. Толщина слоев варьируется от 150 до 50 мк. С помощью Prefactory можно изготавливать объемные модели размером около  $190 \times 152 \times 230$  мм, а скорость печати составляет до 15 мм/ч (в высоту). Управляется принтер встроенным компьютером под управлением Linux, а связь идет через локальную сеть по Ethernet, что позволяет Prefactory выполнять функции сетевого принтера. Принтер занимает всего 0,3 м<sup>2</sup> площади.

*Лазерное спекание (Selective Laser Sintering — SLS)* — еще одна технология трехмерной печати, которая была разработана в конце 1980-х гг. в Техасском университете в Остине и запатентована в 1989 г. В трехмерных SLS-принтерах также используется лазер, но в качестве рабочего материала выступает не фотополимер, а порошок какого-нибудь относительно легкоплавкого пластика. Пластик в рабочем объеме SLS-принтера нагревается почти до температуры плавления, а чтобы он не загорелся и не стал окисляться, в рабочую зону подается азот (рис. 7.11). Затем мощный, например, CO<sub>2</sub>-лазер рисует по пластиковому порошку сечение детали, пластик нагревается выше температуры плавления и спекается. Сверху насыпается следующий слой и процедура повторяется. В конце работы лишний порошок просто удаляется с готовой модели. Лазерное спекание обеспечивает достаточно высокое качество деталей, хотя поверхность у них получается пористой. Вместе с тем полученные методом SLS модели — самые прочные, и эту технологию в принципе мож-

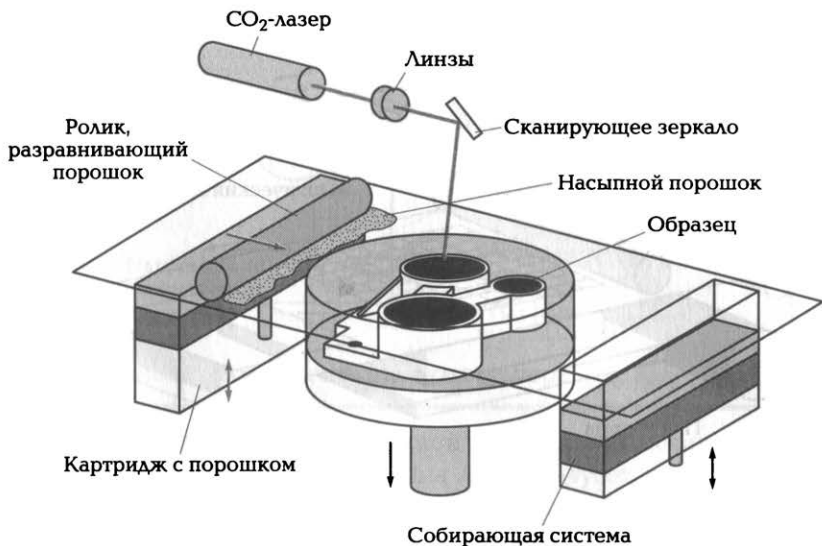


Рис. 7.11. Схема трехмерного принтера, реализующего технологию лазерного спекания SLS

но использовать для мелкосерийного производства. Однако SLS-принтеры достаточно сложные и дорогие, а скорость изготовления модели составляет всего несколько сантиметров (высоты) в час, при этом несколько часов требуется на нагревание и остывание установки.

SLS-технология позволяет изготавливать модели с подвижными частями, например с работающими петлевыми соединениями, нажимающимися кнопками. Кроме того, для SLS-принтеров разработаны специальные материалы, позволяющие напрямую изготавливать металлические детали. В качестве порошка здесь используются микрочастицы стали, покрытые сверху слоем связующего пластика. Спекание пластика происходит как обычно, а затем «отпечатанная» деталь обжигается в печи. При этом пластик выгорает, а освободившиеся поры заполняются бронзой. В результате получается объект, состоящий на 60 % из стали и на остальные 40 % — из бронзы. По своим механическим характеристикам он превосходит алюминий и приближается к классической нержавеющей стали. Фактически SLS-принтеры уже сейчас позволяют производить полноценные металлические предметы достаточно сложной формы. Кроме того, имеется аналогичный материал с керамической или стеклянной сердцевиной — из него можно делать модели, устойчивые к высоким температурам и агрессивным химическим веществам.

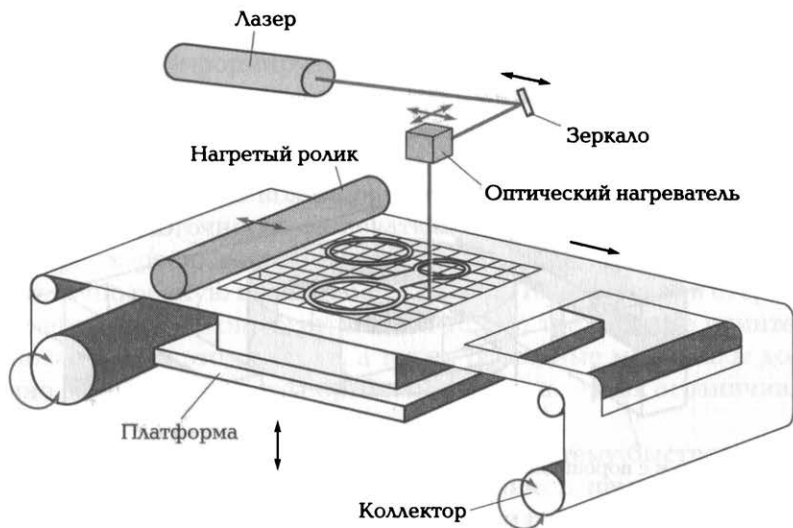


Рис. 7.12. Схема трехмерного принтера, реализующего технологию ламинирования LOM

*Ламинирование (Laminated Object Manufacturing — LOM)* как технология объемной печати с использованием лазера разработана компанией Helysis. Суть технологии такова — в принтер по очереди закладываются тонкие листы рабочего материала, из которого затем лазером вырезаются слои будущей модели. После резки слои склеиваются друг с другом. В качестве материала первоначально использовалась специальная бумага со слоем клеящего вещества. Однако таким образом можно также нарезать тонкий пластик, керамику и даже металлическую фольгу. Принцип работы трехмерного принтера, реализующего LOM-технологию, показан на рис. 7.12.

*Струйная лазерная трехмерная печать (Fused Deposition Modeling — FDM)* разработана в 1988 г. Скоттом Крампом и основана на том, что печатающая головка выдавливает на охлаждаемую платформу-основу капли разогретого термопластика (в качестве материала может использоваться практически любой промышленный термопластик), как показано на рис. 7.13. Капли быстро застывают и слипаются друг с другом, формируя слои будущего объекта, поскольку печать также ведется послойно. Технология FDM позволяет с достаточно высокой точностью (минимальная толщина слоя 0,12 мм) изготавливать полностью готовые к использованию детали довольно большого размера (до 600×600×500 мм). Ведущим производителем FDM-принтеров является компания Stratasys.

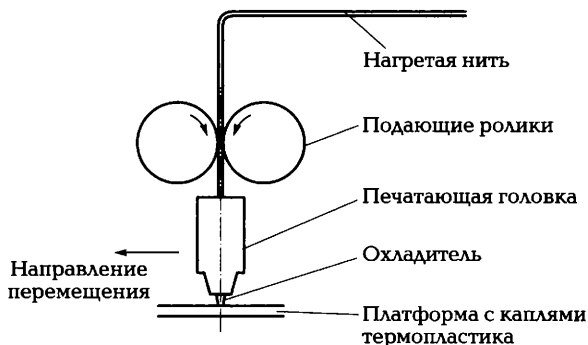


Рис. 7.13. Схема трехмерного струйного принтера

Технология трехмерной струйной печати с использованием порошковых материалов разработана в Массачусетском технологическом институте. В принтере специальная струйная головка, адаптированная из струйных принтеров Hewlett-Packard, набрызгивает на порошковый материал клеящее вещество. В качестве порошка используется обычный гипс или крахмал. В «забрызганных» местах порошок склеивается и формирует модель. Печать, как и в предыдущих случаях, идет послойно, а лишний порошок в конце процесса удаляется. Такой принтер может использовать клеящую жидкость с добавлением пигментных красителей, т.е. печатать цветные модели. Например, в цветном принтере от Z-Corporation установлены четыре струйные головки с чернилами-клеем основных цветов, благодаря чему полученная модель может воспроизводить не только форму, но и окраску своего виртуального прототипа. При этом трехмерные принтеры Z-Corporation недороги и работают существенно быстрее ранее описанных устройств.

Вариант порошковой струйной печати разработан компанией ProMetal. Вместо гипсового порошка в трехмерном принтере применяется порошок металлический. Сформованная из порошка модель обжигается в печи, так что порошок либо сплавляется сам, либо связывается более легкоплавким металлом, как и при лазерном спекании металлических порошков.

В области создания новых технологий и устройств трехмерной печати наблюдается значительный прогресс. Рынок пополняется новыми 3D-принтерами. Лидируют здесь компании 3D-Systems (США); Fockele & Schwarze (Германия); SONY/DMEC Ltd. (Япония); CMET, inc. (Япония); Aaroflex Inc (США); Helisys Inc (США); Kira (Япония); Stratasys (США); DTM (США); EOS (Германия); Cubital (Израиль); Light Sculpting Inc (США).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Чем отличаются текстовый и графический режимы работы принтеров?
2. В каких случаях рекомендуется применение матричных принтеров?
3. Выполните сравнительный анализ технологий струйной печати: пьезоэлектрической, пузырьковой и Drop-on-Demand.
4. Какие основные узлы входят в состав лазерного принтера? Какие физические явления положены в основу его работы?
5. Какие из современных принтеров целесообразно использовать для получения изображения фотографического качества и качества LQ?
6. Каковы достоинства и недостатки термопринтеров?
7. Как работают сублимационные и твердочернильные принтеры?
8. В чем преимущество LED-принтеров по сравнению с лазерными?
9. Чем отличаются плоттеры векторного и растрового типов?
10. В чем преимущество рулонных плоттеров по сравнению с планшетными?
11. Каков механизм действия плоттеров прямого вывода изображения?
12. Перечислите области применения сольвентных плоттеров. Почему они в процессе эксплуатации наносят вред окружающей среде?
13. Как работает плоттер с УФ-отверждаемыми чернилами?
14. Перечислите области применения трехмерных принтеров.
15. Что такое «быстрое прототипирование» и какую роль играют в этом процессе трехмерные принтеры?
16. Выполните сравнительный анализ стереолитографической технологии трехмерной печати и технологии, основанной на лазерном спекании.
17. Какие общие конструктивные элементы входят в состав трехмерных принтеров, реализующих технологии: стереолитографическую, лазерного спекания, ламинирования?
18. Перечислите известные разновидности струйной трехмерной печати.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

### 8.1. СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Система передачи информации* — совокупность средств, служащих для передачи информации. В автоматизированных системах обработки информации и управления используются телекоммуникационные системы. *Телекоммуникация* — передача информации на расстояние с помощью технических средств (телефона, телеграфа, радио, телевидения и т. д.).

*Компьютерные телекоммуникации* — передача данных с одного компьютера на другой с использованием различных систем связи.

На рис. 8.1 представлена обобщенная структурная схема телекоммуникационной системы передачи информации.

Источник и потребитель информации, в качестве которых могут быть ЭВМ, системы хранения информации, различного рода датчики и исполнительные устройства, а также отдельные пользователи, являются абонентами системы.

Передачик преобразует поступающие от абонента сообщения в сигнал, передаваемый по каналу связи.



Рис. 8.1. Обобщенная структурная схема телекоммуникационной системы передачи информации

Приемник выполняет обратное преобразование сигнала в сообщение, поступающее абоненту. Каналы связи телекоммуникационной системы осуществляют передачу информации между передатчиком и приемником. При передаче информации по каналам связи на сигнал воздействует ряд помех, что может привести к несоответствию между передаваемым и получаемым сообщениями, т. е. к недостоверной передаче информации.

Важнейшим параметром качества телекоммуникационной системы передачи информации является ее пропускная способность.

Пропускная способность системы передачи информации — наибольшее теоретически достижимое количество информации, которое может быть передано по системе за единицу времени. Пропускная способность системы связана со скоростью преобразования информации в передатчике и приемнике и допустимой скоростью передачи информации по каналу связи, зависящей от физических свойств канала связи и сигнала. Скорость передачи дискретной информации по каналу связи измеряется в бодах.

*Bog (baud)* — единица измерения символьной скорости в связи и электронике, количество изменений информационного параметра несущего периодического сигнала в секунду. Зачастую ошибочно считают, что бод — это количество битов, переданное в секунду. В действительности же это верно лишь для двоичного кодирования, которое используется не всегда. Например, в модемах используется квадратурная амплитудная манипуляция (КАМ), и одним изменением уровня сигнала может кодироваться несколько (до 16) битов информации.

При символьной скорости 2 400 бод скорость передачи может составлять 9 600 бит/с благодаря тому, что в каждом временном интервале передается 4 бит. Кроме этого, бодами выражают полную емкость канала, включая служебные символы (биты), если они есть. Эффективная же скорость канала выражается другими единицами, например битами в секунду (бит/с, bps).

К а н а л ы с в я з и (КС) являются общим звеном любой системы передачи информации. По физической природе каналы связи подразделяются на механические, используемые для передачи материальных носителей информации, акустические, оптические и электрические, передающие соответственно звуковые, световые и электрические сигналы.

Электрические и оптические каналы связи, в зависимости от способа передачи сигналов, можно подразделить на п р о в о д н ы е, использующие для передачи сигналов физические проводники

(электрические провода, кабели, световоды), и б е с п р о в о д н ы е, использующие для передачи сигналов электромагнитные волны (радиоканалы, инфракрасные каналы).

По форме представления передаваемой информации каналы связи подразделяются на а н а л о г о в ы е, по которым информация передается в непрерывной форме, т.е. в виде непрерывного ряда значений какой-либо физической величины, и ц и ф р о в ы е, передающие информацию, представленную в виде цифровых (дискретных, импульсных) сигналов различной физической природы.

В зависимости от возможных направлений передачи информации каналы связи подразделяются на с и м п л е к с н ы е, позволяющие передавать информацию только в одном направлении; п о л у д у п л е к с н ы е, обеспечивающие попеременную передачу информации как в прямом, так и в обратном направлениях; д у п л е к с н ы е, позволяющие вести передачу информации одновременно в прямом и обратном направлениях.

Каналы связи бывают к о м м у т и р у е м ы е, которые создаются из отдельных участков (сегментов) только на время передачи по ним информации, а по окончании передачи такой канал ликвидируется (разъединяется), и н е к о м м у т и р у е м ы е (выделенные), создаваемые на длительное время и имеющие постоянные характеристики по длине, пропускной способности, помехозащищенности.

Широко используемые в телекоммуникационных системах электрические проводные каналы связи различаются по пропускной способности:

- низкоскоростные, скорость передачи информации в которых от 50 до 200 бит/с. Это телеграфные каналы связи, как коммутируемые (абонентский телеграф), так и некоммутируемые;
- среднескоростные, использующие аналоговые (телефонные) каналы связи; скорость передачи в них от 300 до 9 600 бит/с, а в стандартах V.32... V.34 Международного консультативного комитета по телеграфии и телефонии (МККТТ) от 14 400 до 56 000 бит/с;
- высокоскоростные (широкополосные), обеспечивающие скорость передачи информации свыше 56 000 бит/с.

Для передачи информации в низкоскоростных и среднескоростных КС физической средой обычно являются проводные линии связи: группы либо параллельных, либо скрученных проводов, называемых *витая пара*. Она представляет собой изолированные проводники, попарно свитые между собой для уменьшения как пе-

рекрестных электромагнитных наводок, так и затухания сигнала при передаче на высоких частотах.

Для организации высокоскоростных (широкополосных) КС используются различные кабели.

Кабель «витая пара» состоит из пары проводов, закрученных вокруг друг друга и одновременно закрученных вокруг других пар, в пределах одной оболочки.

*STP-кабели* (рис. 8.2, а) (экранированные с витыми парами из медных проводов) применяются в основном для линий внешней прокладки, в исключительных случаях для внутренней прокладки, если возможно серьезное влияние установленного оборудования на сигнальные линии кабеля или если нежелательно возможное влияние электромагнитного излучения самого кабеля.

*UTP-кабели* (рис. 8.2, б) (неэкранированные с витыми парами из медных проводов) широко используются в системах передачи данных, в частности в локальных вычислительных сетях (ЛВС), причем длина сегмента может достигать 100 м. Неэкранированные витые пары широко используются в телефонии.

Выделяют пять категорий витых пар: первая и вторая категории используются при низкоскоростной передаче данных; третья, четвертая и пятая — при скоростях передачи соответственно до 16, 25 и 155 Мбит/с. Эти кабели обладают хорошими техническими характеристиками, сравнительно недороги, удобны в работе, не требуют заземления.

*Коаксиальный кабель* (рис. 8.2, в) представляет собой медный проводник, покрытый диэлектриком и окруженный свитой из тон-

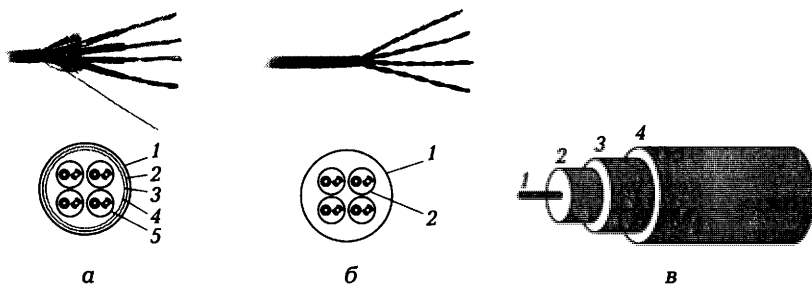


Рис. 8.2. Кабели:

а — STP-кабель (экранированный с витыми парами из медных проводов): 1 — внешняя оболочка; 2 — экран-фольга; 3 — дренажный провод; 4 — защитная пленка; 5 — витая пара; б — UTP-кабель (неэкранированный с витыми парами из медных проводов): 1 — внешняя оболочка; 2 — витая пара; в — коаксиальный кабель: 1 — центральный проводник; 2 — изолятор; 3 — проводник-экран; 4 — внешний изолятор

ких медных проводников экранирующей защитной оболочкой. Именно коаксиальные кабели стали первой транспортной средой локальных сетей ЭВМ. Коаксиальная система проводников из-за своей симметричности вызывает минимальное внешнее электромагнитное излучение. Сигнал распространяется по центральной медной жиле, контур тока замыкается через внешний экранный провод. Коаксиальный кабель с полосой пропускания 500 МГц при ограниченной длине может обеспечить скорость передачи несколько гигабитов в секунду. Предельные расстояния, для которых может быть применен коаксиальный кабель, составляет 10 ... 15 км.

*Оптоволоконный кабель* состоит из стеклянных или пластиковых волокон диаметром несколько микрометров. На рис. 8.3, а показано продольное и поперечное сечение одножильного кабеля. Центральное волокно покрывается слоем отражающей оболочки (клядинг) 1, коэффициент преломления которого меньше, чем у центрального ядра (стрелками условно показан ход лучей света в волокне). Для обеспечения механической прочности извне волокно покрывается полимерным защитным слоем 2. Кабель может содержать много волокон, например восемь, как показано на рис. 8.3, б. В центре кабеля помещается стальной трос 3, который используется при прокладке кабеля. С внешней стороны кабель защищается стальной оплеткой 4 и герметизируется эластичным полимерным покрытием 5. Передача

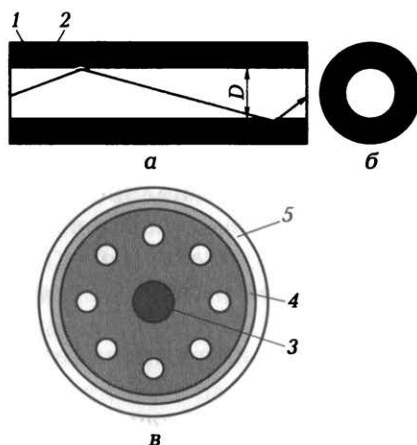


Рис. 8.3. Продольное (а) и поперечное (б) сечения одножильного оптоволоконного кабеля:

1 — клядинг; 2 — защитный слой; в — поперечное сечение восьмижильного кабеля; 3 — стальной трос; 4 — стальная оплетка; 5 — эластичное полимерное покрытие

светового луча по волокну основана на принципе полного внутренне-го отражения луча от стенок световедущей жилы, за счет чего обеспе-чивается минимальное затухание сигнала.

Источником излучения, распространяемого по оптоволоконно-му кабелю, является светодиод или полупроводниковый лазер, при-емником излучения — фотодиод, который преобразует световые сигналы в электрические. Кодирование информации осуществля-ется с помощью аналоговой, цифровой или импульсной модуляций светового луча. Оптоволоконное соединение гарантирует минимум шумов и высокую информационную безопасность. Вероятность ошибки при передаче по оптическому волокну составляет менее  $1 \cdot 10^{-10}$ , что во многих случаях делает ненужным контроль целост-ности сообщений. Оптоволоконные линии связи работают в ча-стотном диапазоне  $1 \cdot 10^{13} \dots 1 \cdot 10^{16}$  Гц, что на шесть порядков больше, чем в случае радиочастотных каналов (это обеспечивает пропуск-ную способность 50 000 Гбит/с). По одному толстому магистрально-му оптоволоконному кабелю можно одновременно организовать несколько сотен тысяч телефонных, несколько тысяч видеотеле-фонных и около тысячи телевизионных каналов связи.

Для многократного увеличения (более чем в 100 раз) суммарного потока информации, передаваемой по одному волокну, разработана технология спектрального уплотнения каналов передачи (*WDM — Wavelength Division Multiplexing*). Сущность технологии WDM за-ключается в одновременной передаче по одному волокну независи-мых сигналов компонентами светового пучка с различными длинами волн (разных цветов). Каждая компонента с определенной длиной волны представляет собой отдельный оптический канал передачи информации со своим передатчиком и приемником. Добавление нового канала в линию связи сводится к введению новой компо-ненты светового пучка на незанятой длине волны и не затрагивает работу уже существующих каналов передачи сигналов. Для пере-дачи информации по разным каналам могут использоваться ана-логовые и цифровые сигналы, различные протоколы и скорости передачи.

Высокоскоростные КС организуются на базе беспроводных ра-диоканалов.

*Радиоканал* — это беспроводный канал связи, прокладываемый через эфир. Для формирования радиоканала используются радио-передатчик и радиоприемник. Скорости передачи данных по радио-каналу практически ограничиваются полосой пропускания приемо-передающей аппаратуры. Радиоволновый диапазон определяется используемой для передачи данных частотной полосой электромаг-

**Таблица 8.1. Диапазоны радиоволн и соответствующие им частотные полосы**

Название поддиапазона	Длина волны, м	Частота колебаний, Гц
Сверхдлинные волны	Более $1 \cdot 10^4$	Менее $3 \cdot 10^4$
Длинные волны	$1 \cdot 10^4 \dots 1 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^5$
Средние волны	$1 \cdot 10^3 \dots 1 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^5 \dots 3 \cdot 10^6$
Короткие волны	$1 \cdot 10^2 \dots 10$	$3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^7$
Метровые волны	$10 \dots 1$	$3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^8$
Дециметровые волны	$1 \dots 0,1$	$3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^{10}$
Сантиметровые волны	$0,1 \dots 0,01$	$3 \cdot 10^{10} \dots 3 \cdot 10^{11}$
Миллиметровые волны	$0,01 \dots 0,001$	$3 \cdot 10^{11} \dots 6 \cdot 10^{12}$
Субмиллиметровые волны	$1 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-5}$	

нитного спектра. В табл. 8.1 представлены диапазоны радиоволн и соответствующие им частотные полосы.

Для коммерческих телекоммуникационных систем чаще всего используются частотные диапазоны 902... 928 МГц и 2,40... 2,48 ГГц.

Беспроводные каналы связи обладают плохой помехозащищенностью, но обеспечивают пользователю максимальную мобильность и быстроту реакции.

*Телефонные линии* связи наиболее разветвлены и распространены. Они осуществляют передачу звуковых (тональных) и факсимильных сообщений. На базе телефонной линии связи построены информационно-справочные системы, системы электронной почты и вычислительных сетей, могут быть созданы аналоговые и цифровые каналы передачи информации.

В аналоговых телефонных линиях телефонный микрофон преобразует звуковые колебания в аналоговый электрический сигнал, который и передается по абонентской линии в АТС. Требуемая для передачи человеческого голоса полоса частот составляет примерно 3 кГц (диапазон 300 Гц...3,3 кГц). Передача сигналов вызова производится по тому же каналу, что и передача речи.

В цифровых каналах связи аналоговый сигнал перед вводом дискретизируется — преобразуется в цифровую форму: каждые 125 мкс (частота дискретизации равна 8 кГц) текущее значение аналогового сигнала отображается 8-разрядным двоичным кодом. Скорость передачи данных по базовому каналу 64 Кбит/с. Для создания более скоростных каналов несколько каналов объединяют в один — мультиплексируют. Мультиплексирующие, например, 32 базовых канала обеспечивают пропускную способность 2 048 Кбит/с. Цифровые каналы — базовые или мультиплексируемые — использу-

ются повсеместно в современных магистральных системах, а также для подсоединения к ним офисных цифровых АТС.

Получает развитие цифровой абонентский доступ, при котором дискретизация звукового сигнала выполняется уже в абонентской телефонной системе, содержащей интерфейсный цифровой адаптер.

Основными преимуществами цифровых коммуникаций по сравнению с аналоговыми являются надежность, целостность каналов связи, возможность эффективнее внедрять механизмы защиты данных, основанные на их шифровании.

## 8.2. ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ И СЕТЕВЫЕ АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

*Локальная сеть (Local Area Network — LAN)* представляет собой соединение нескольких ПК с помощью соответствующего аппаратного и программного обеспечения. Под термином «локальная» подразумевается, что все объединенные сетью ПК дистанционированы на небольшое расстояние, т. е. находятся, как правило, в одном или в соседних зданиях.

Компьютер может работать в составе любой сети — от городской (*Metropolitan Area Network*) до глобальной (*Global Area Network*). Распространенной областью применения ПК является именно локальная сеть. ПК имеет возможности для подключения в сеть благодаря его открытой архитектуре.

Компонентами локальной сети являются обычные ПК, подключенные в сеть с помощью карты расширения. Среди ПК, объединенных в сеть, выделяется файловый сервер (или просто сервер) — центральный компьютер всей сети, с которым связаны все остальные, называемые рабочими станциями. В качестве файлового сервера используется достаточно мощный ПК с развитой периферией.

Рабочие станции подключаются в сеть с помощью сетевой карты, устанавливаемой в один из свободных слотов материнской платы и служащей для передачи данных по системе шин к CPU и RAM сервера или рабочей станции. Сетевая карта оснащена собственным процессором и памятью, которые могут иметь исполнение для различных компьютерных архитектур, специфического типа сети, протокола и носителей.

*Топология сети* — способ соединения компьютеров в сети; определяет ее конфигурацию, быстродействие и сервисные возможности.

*ПК — ПК (псевдосеть)* — соединение двух ПК через последовательный интерфейс. В этом случае кроме интерфейсов необходим только кабель, соединяющий ПК, называемый кабелем-нуль-модемом, поскольку связь между двумя ПК осуществляется без использования модема. Существенное преимущество последовательного интерфейса — кабель для передачи данных может иметь длину более 100 м, что позволяет соединить два ПК, находящиеся на разных этажах. Такая передача данных оправдана при работе с компьютером типа Notebook, когда необходимо регулярно передавать данные на основной ПК. Существенный недостаток соединения двух компьютеров в псевдосеть в том, что, когда один ПК передает, другой компьютер только принимает эти данные и в другом режиме не функционирует, поскольку заблокирован. Для непрерывной передачи данных такая конфигурация не рекомендуется.

*Одноранговая сеть (Peer-to-Peer)*, принцип формирования которой представлен на рис. 8.4, не имеет центрального компьютера и работает без резервирования файлов.

Некоторые технические средства информатизации: аппаратные средства (винчестеры, приводы CD-ROM) и периферийные устройства (сканеры, принтеры и др.), подключенные к отдельным ПК, используются совместно на всех рабочих местах. Каждый пользователь одноранговой сети может определить право доступа другим пользователям к информации на своем ПК. Для формирования одноранговой сети каждый ПК должен быть оснащен сетевой картой, а все рабочие места должны соединяться между собой. Рекомендуется соединять одноранговую сетью не более десяти ПК.

*Сеть типа клиент — сервер* содержит в центре мощный ПК — файловый сервер, соединенный с отдельными рабочими станция-

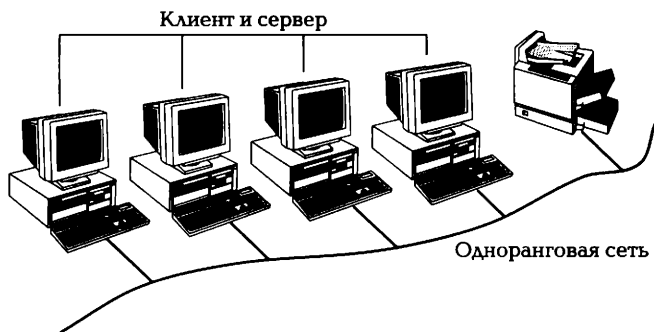


Рис. 8.4. Схема одноранговой сети

ми (клиентами). Управление сетью, в смысле управления отдельными рабочими станциями, а также контроль за периферийными устройствами сети осуществляется специальным мощным сетевым программным обеспечением. Сеть типа клиент—сервер может быть выполнена с различной топологией.

В сети с топологией «звезда» файловый сервер располагается в центре, как показано на рис. 8.5, а. Сеть такого типа имеет следующие преимущества: повреждение кабеля одного ПК не сказывается на работе всей сети; подключение не представляет сложности, по-

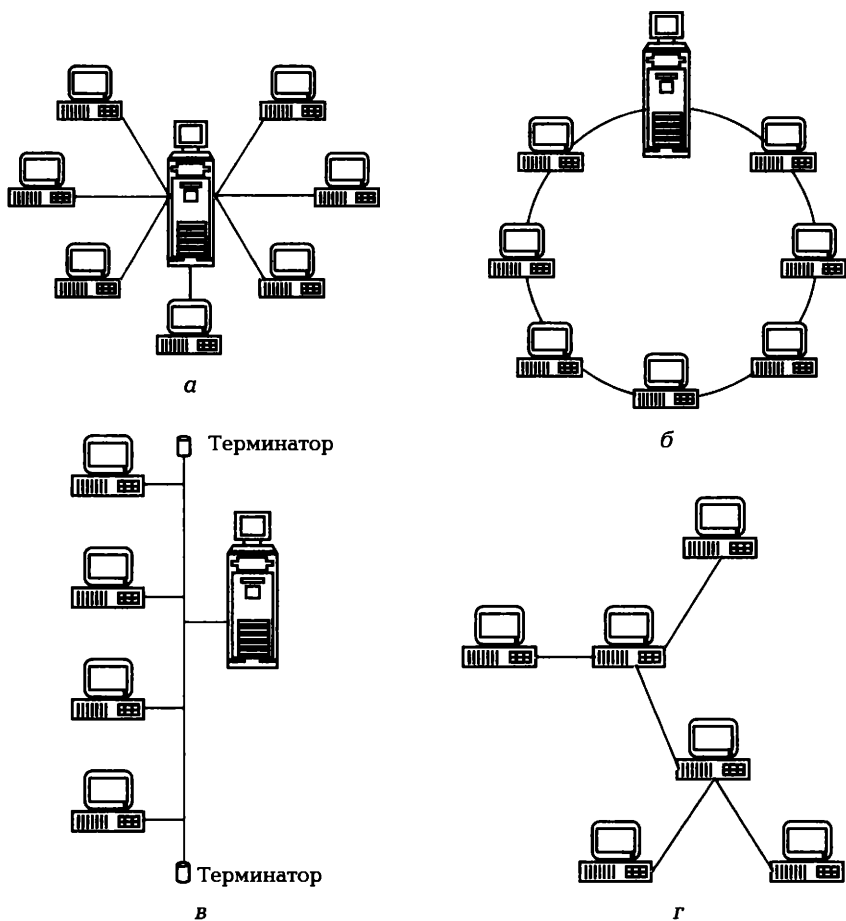


Рис. 8.5. Основные топологии сетей:

а — топология «звезда»; б — кольцевая топология; в — шинная топология; г — топология «дерево»

сколько рабочая станция должна соединяться только с сервером; надежный механизм защиты от несанкционированного доступа; высокая скорость передачи данных от рабочей станции к серверу. Недостатки: невысокая скорость передачи информации между рабочими станциями, значительно меньшая, чем от рабочей станции к серверу и обратно; зависимость мощности всей сети от возможностей сервера; невозможность коммуникации между отдельными рабочими станциями, минуя сервер.

Топология, представленная на рис. 8.5, а, носит название «активная, или истинная, звезда». Существует также топология, называемая «пассивной звездой», которая внешне похожа на звезду, но в центре сети с данной топологией помещается не компьютер, а специальное устройство — концентратор или, как его еще называют, хаб (hub), которое восстанавливает приходящие сигналы и пересылает их во все другие линии связи. Топология «пассивная звезда» достаточно распространена и используется в сети Ethernet.

В случае *кольцевой топологии* все рабочие станции и сервер соединены между собой по кольцу, по которому посылаются данные и адрес получателя (рис. 8.5, б). Достоинства кольцевой топологии: существенное сокращение времени доступа к данным; отсутствие ограничений на длину сети. Недостатки: выход из строя одной рабочей станции может привести к отказу всей сети, если не используются специальные переходные соединения; подключение новых рабочих станций требует отключения всей сети. Такая топология используется в сетях Token Ring/IEEE 802.5 и FDDI.

*Шинная топология* сети (рис. 8.5, в) предполагает наличие центральной линии, к которой подключены сервер и отдельные рабочие станции. Шинная топология широко распространена благодаря малому расходу кабеля, высокой скорости передачи данных; возможности подключения и отключения рабочих станций без прерывания работы всей сети; возможности коммутации между собой рабочих станций без помощи сервера. Для исключения затухания электрического информационного сигнала вследствие переотражений в линии связи такой сети на концах линии устанавливаются специальные заглушки, называемые терминаторами. Недостатки шинной топологии: обрыв кабеля приводит к выводу из строя всего участка сети от места разрыва. Кроме того, имеется возможность несанкционированного подключения к сети, поскольку для увеличения числа рабочих станций нет необходимости прерывания работы сети.

*Топология дерево (tree)* (рис. 8.5, г) представляет собой комбинацию нескольких звезд. Причем, как и в случае звезды, дерево может

быть активным или пассивным. При активном дереве в центрах объединения нескольких линий связи находятся центральные компьютеры, а при пассивном — концентраторы (хабы).

*Hub*, или *концентратор*, предназначен для объединения отдельных рабочих мест в рабочую группу в составе локальной сети. Концентратор представляет собой многопортовый повторитель сети с автосегментацией. Все порты концентратора равноправны. Получив сигнал от одной из подключенных к нему станций, концентратор 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. Концентраторы можно использовать как автономные устройства или соединять друг с другом, увеличивая тем самым размер сети и создавая более сложные топологии. Кроме того, возможно их соединение магистральным кабелем в шинную топологию.

*Сетевые программные средства* служат как для программного обеспечения сети, так и для управления потоком данных. Существует много систем, обеспечивающих решение этой задачи.

*Сетевое аппаратное обеспечение* включает сетевые адаптеры для подключения компьютера к кабелю локальной сети, разъемы, сам кабель и, возможно, устройство для объединения компьютеров при использовании топологии «звезда». Состав сетевого оборудования зависит от топологии сети.

В любом случае для каждого компьютера, входящего в состав сети, необходим сетевой адаптер. Этот адаптер вставляется в материнскую плату компьютера и имеет один или два разъема для подключения к кабелю локальной сети.

Бывают сети, для которых не требуется специальных адаптеров, — сетевой кабель подключается к последовательному порту RS-232-C. Эти сети малопроизводительны и пригодны для решения только простейших задач, таких как совместное использование принтера.

В России наибольшее распространение получил стандарт локальных сетей Ethernet, первая версия которого была разработана в середине 1970-х гг. фирмой Херох.

В *сету Ethernet* используется шинная топология и не одна из точек сети не является главной, все ПК равноправны. Главной особенностью сети Ethernet является метод доступа к шине — множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). Все узлы подключены к общему кабелю и «слышат» передаваемую по нему информацию. Однако получает ее только та

станция, которой она адресована. Передача осуществляется, если канал свободен. Таким образом, доступ к шине осуществляется в режиме соперничества. Как правило, скорость передачи данных в сети Ethernet достигает 10 Мбит/с, что достаточно для многих приложений. В зависимости от кабеля изменяются такие характеристики сети, как максимальная длина кабеля и максимальное число рабочих станций, подключаемых к кабелю. Состав аппаратных средств Ethernet различен для сетей на различных типах кабеля.

*Ethernet на толстом коаксиальном кабеле* диаметром 0,4 дюйма с волновым сопротивлением 50 Ом называется «желтым кабелем». Институт инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers — IEEE) — международная некоммерческая профессиональная организация, задача которой разработка и пропаганда стандартов в инженерном сообществе, определил спецификацию на этот кабель — 10BASE5.

Конфигурация локальной сети Ethernet на основе толстого коаксиального кабеля, состоящей из двух сегментов, разделенных репитером, в каждом из которых находятся три рабочие станции, дана на рис. 8.6, а.

Каждая рабочая станция через сетевой адаптер (установлен в материнской плате компьютера и на рисунке не показан) специальным многожильным экранированным трансиверным кабелем подключается к устройству, называемому трансивером. *Трансивер* служит для подключения рабочей станции к толстому коаксиальному кабелю. На корпусе трансивера имеется три разъема: два — для подключения толстого коаксиального кабеля, и один — для подключения трансиверного кабеля.

Длина одного сегмента ограничена и для толстого кабеля не может превышать 500 м. Если общая длина сети больше, ее необходимо разбить на сегменты, соединенные друг с другом через специальное устройство — *репитер*. При этом общая длина сети может достигать одного километра.

Между собой трансиверы соединяются отрезками толстого коаксиального кабеля с припаянными к их концам коаксиальными разъемами. На концах сегмента подключены специальные заглушки — *терминаторы*, коаксиальные разъемы, в корпусе которых установлен резистор с сопротивлением 50 Ом.

Корпус одного из терминаторов должен быть заземлен. Следует отметить, что в каждом сегменте сети можно заземлять только один терминатор.

Помимо максимальной длины сегмента существуют следующие ограничения по параметрам сети Ethernet на толстом коаксиальном

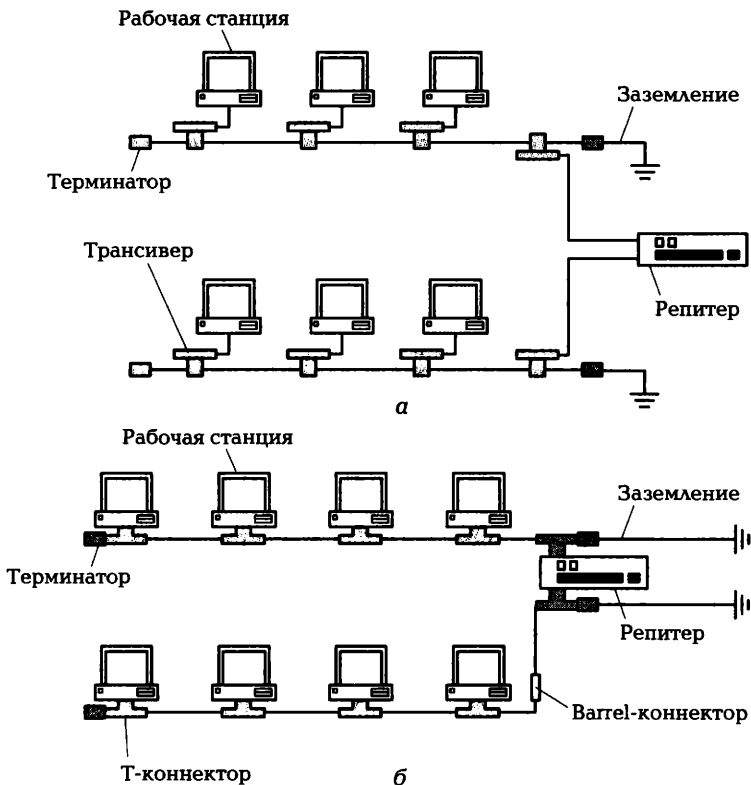


Рис. 8.6. Сеть Ethernet:

а — на толстом коаксиальном кабеле; б — на тонком коаксиальном кабеле

кабеле, согласно которым максимальные значения не должны превышать: числа сегментов сети — 5; длины сети — 2,5 км; числа станций, подключенных к одному сегменту (если в сети есть репитеры, они считаются как станции) — 100; длины трансиверного кабеля — 50 м.

Однако в большинстве случаев эти ограничения несущественны, а возможности Ethernet на толстом коаксиальном кабеле оказываются избыточными. Значительно экономичнее Ethernet на тонком коаксиальном кабеле, поскольку в этом случае не требуются ни трансиверы, ни трансиверные кабели, причем тонкий коаксиальный кабель дешевле толстого.

*Ethernet на тонком коаксиальном кабеле* диаметром 0,2 дюйма с волновым сопротивлением 50 Ом использует кабель, который называется RG-58A/U, что соответствует спецификации 10BASE2,

либо отечественный кабель РК-50. Конфигурация локальной сети Ethernet на тонком коаксиальном кабеле (рис. 8.6, б) существенно проще, чем на толстом.

Как правило, все сетевые адаптеры имеют два разъема. Один из них предназначен для подключения многожильного трансиверного кабеля, второй — для подключения небольшого тройника, называемого Т-коннектором.

*Т-коннектор* с одной стороны подключается к сетевому адаптеру, а с двух других сторон к нему подключаются отрезки тонкого коаксиального кабеля с соответствующими разъемами на концах. При этом получается, что коаксиальный кабель подключается как бы непосредственно к сетевому адаптеру, поэтому не нужен трансивер и трансиверный кабель. На концах сегмента должны находиться терминаторы, которые подключаются к свободным концам Т-коннекторов. Только один терминатор в сегменте должен быть заземлен.

Сети на тонком кабеле имеют худшие параметры по сравнению с сетями на базе толстого кабеля и характеризуются следующими ограничениями по максимальным значениям параметров: длине сегмента — 185 м; числу сегментов — 5; длине сети — 925 м; числу станций, подключенных к одному сегменту, — 30. Некоторые фирмы выпускают адаптеры Ethernet, способные работать при длине сегмента до 300 м. Однако такие адаптеры стоят дороже и вся сеть в этом случае должна быть сделана с использованием адаптеров только одного типа. Как правило, большинство сетей Ethernet создано именно на базе тонкого кабеля.

*Сеть Ethernet на базе неэкранированной витой пары* (спецификация 10BASE-T). Для сети Ethernet на базе витой пары необходимо специальное устройство — концентратор. К одному концентратору можно подключать несколько рабочих станций (в зависимости от типа концентратора). Максимальное расстояние от концентратора до рабочей станции составляет 100 м. При этом скорость передачи данных такая же, как и для коаксиального кабеля, — 10 Мбит/с. Концентраторы можно соединять каскадно, в том числе и с помощью коаксиального кабеля, увеличивая общую длину сети. Достоинства сети на базе витой пары по сравнению с сетями на толстом или тонком коаксиальными кабелями заключаются в ее более высокой надежности.

*Сетевой адаптер Ethernet* необходим вне зависимости от используемого кабеля для каждой рабочей станции. Сетевые адаптеры Ethernet используют порты ввода-вывода и один канал прерывания. Некоторые адаптеры могут работать с каналом прямого доступа к памяти (DMA).

На плате адаптера может располагаться микросхема постоянно запоминающего устройства (ПЗУ) для создания так называемых бездисковых рабочих станций. Это компьютеры, в которых нет ни винчестера, ни флоппи-дисков. Загрузка операционной системы выполняется из сети под управлением программы, записанная в микросхеме дистанционной загрузки.

*Репитер* предназначен для физического разделения сегментов сети и обеспечения восстановления пакетов, передаваемых из одного сегмента сети в другой. Если длина сети превышает максимальную длину сегмента сети, необходимо разбить сеть на несколько сегментов (до пяти), соединив их через репитер. Репитер несколько повышает надежность сети, так как отказ одного сегмента (например, обрыв кабеля) не сказывается на работе других сегментов. Однако через поврежденный сегмент данные, разумеется, проходить не смогут.

Конструктивно репитер может быть выполнен либо в виде отдельной конструкции со своим блоком питания, либо в виде платы, вставляемой в слот расширения материнской платы компьютера.

Репитер в виде отдельной конструкции может быть использован для соединения сегментов Ethernet, выполненных как на тонком, так и на толстом кабеле, так как он имеет и коаксиальные разъемы, и разъемы для подключения трансиверного кабеля. С помощью этого репитера можно даже соединять в единую сеть сегменты, выполненные и на тонком, и на толстом кабеле.

### **8.3. СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

Первая система радиотелефонной связи, предлагавшая услуги всем желающим, начала функционировать в 1946 г. в США. Радиотелефоны, применявшиеся вначале в этой системе, использовали обычные фиксированные по частоте каналы связи. Если канал связи был занят, абонент переключался на другой — свободный. Впоследствии с развитием техники радиотелефонной связи свободный канал выбирался автоматически. Однако дальнейшее совершенствование систем радиотелефонной связи сдерживалось ограниченностью частотного ресурса, связанной с тем, что число фиксированных частот в определенном частотном диапазоне не может бесконечно увеличиваться: радиотелефоны с близкими по частоте рабочими каналами начинают создавать взаимные помехи.

Решение этой проблемы было найдено в середине 1940-х гг., когда исследовательским центром Bell Laboratories американской ком-

пании AT&T была предложена идея разбиения всей обслуживаемой территории на небольшие участки, которые называли *сотами* (*cell*). Каждая сота должна была обслуживаться передатчиком с ограниченным радиусом действия и фиксированной частотой. Это позволило бы без всяких помех использовать ту же частоту повторно в другой ячейке (*cote*). На аппаратном уровне такой принцип организации связи был реализован только в начале 1990-х гг.

Предшественницей сотовой мобильной связи для широкого круга пользователей была *пейджинговая связь*. *Пейджер* (от англ. to page — вызывать, выкликать) — приемопередающее устройство персонального радиовызова. Пейджинговые сети связи организованы по радиальному и сотовому принципам, могут быть односторонними и двухсторонними. Для приема информации в пейджинговой системе связи используется миниатюрный УКВ-приемник — пейджер, работающий в диапазоне частот 930...932 МГц. С начала XXI в. на рынке телекоммуникационных услуг операторы пейджинговой связи практически вытеснены широко распространенными мобильными системами связи.

В 1990 г. в США был утвержден первый национальный стандарт цифровой сотовой связи, а в 1992 г. в Германии вступила в коммерческую эксплуатацию первая система цифровой сотовой связи стандарта GSM (*Global System for Mobile Communication*).

В России в 1994 г. была принята концепция развития сетей сухопутной подвижной связи, инициировавшая развитие национальных сетей сотовой связи.

Главный принцип функционирования систем сотовой мобильной заключается в том, что система обслуживает территорию, разделенную на много небольших зон, каждая из которых обслуживается своим комплексом радиооборудования. Для разделения территории на зоны без перекрытия или пропусков участков наиболее оптимальной формой зоны является шестиугольник. Разделение территории на шестиугольные зоны, похожие на пчелиные соты, дало название радиотелефонной мобильной связи — *сотовая*. Границы соты определяются зоной устойчивой радиосвязи и зависят от мощности приемно-передающего радиоустройства, топологии местности и частотного диапазона работы системы. Чем выше полоса частот системы, тем меньше радиус соты, но тем лучше способность сигнала проникать через стены и другие препятствия и, что также важно, тем миниатюрнее радиоаппаратура и выше возможности организации большего числа абонентских радиоканалов. Современные сотовые системы работают на частотах 450, 800, 900 и 1 800 МГц.

В состав оборудования системы сотовой связи входят базовые станции и центр коммутации, соединенные по выделенным проводным или радиорелейным каналам, как показано на рис. 8.7.

*Центр коммутации* — это автоматическая телефонная станция системы сотовой связи, обеспечивающая все функции управления сетью: слежение за подвижными абонентами, организация их эстафетной передачи, переключение рабочих каналов в соте при появлении помех, соединение абонента с абонентом обычной телефонной сети.

*Базовая станция* представляет собой многоканальный приемопередатчик, работающий в режиме приема и передачи сигнала и служащий своеобразным интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной связи.

Число каналов базовой станции обычно кратно 8: 8, 16, 32. Один из каналов является управляющим, или каналом вызова, поскольку именно на нем производится установление соединения при вызове подвижного абонента сети, однако разговор происходит после переключения на другой канал, свободный в данный момент. Сама идея сотовой сети мобильной связи заключается в том, что, еще не выйдя из зоны действия одной базовой станции, телефон и его владелец попадают в зону действия следующей, и так вплоть до наружной границы всей зоны покрытия сети. При этом сотовая связь не обязательно подразумевает мобильность: сегодня во всем мире все

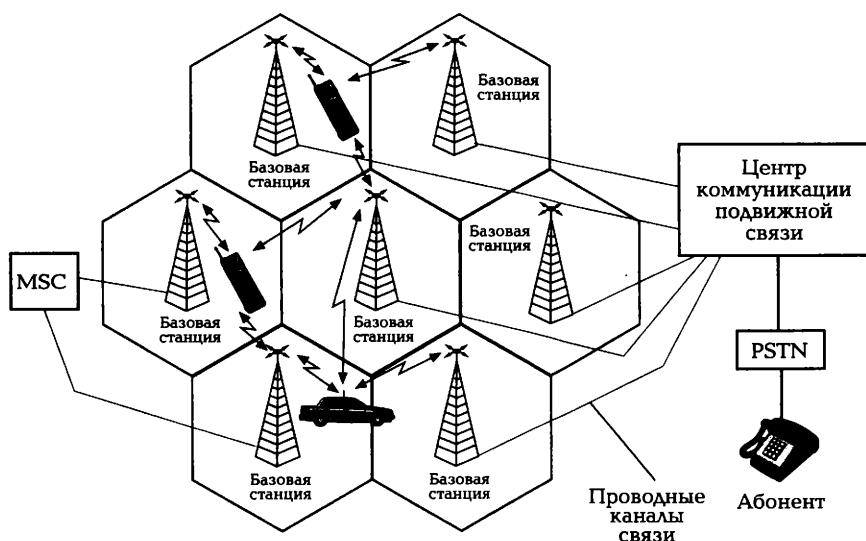


Рис. 8.7. Основные составляющие систем сотовой связи

большее распространение получает так называемая «сотовая фиксированная связь». Такое решение часто оказывается экономически выгодным — отпадает необходимость в дорогостоящей прокладке телефонного кабеля, а одной мощной базовой станции вполне достаточно для телефонизации целого микрорайона. Антенны базовых станций устанавливаются в городе на высоте 15... 100 м от поверхности Земли на уже существующих постройках (общественных и производственных зданиях, жилых домах, дымовых трубах), а за городом — на высоких мачтах.

Система сотовой связи функционирует по следующему алгоритму.

1. В режиме ожидания (трубка положена) приемное устройство радиотелефона постоянно сканирует либо все каналы системы, либо только управляющие.

2. Для вызова соответствующего абонента всеми базовыми станциями системы связи по управляющим каналам передается сигнал вызова.

3. Сотовый телефон вызываемого абонента при получении этого сигнала отвечает по одному из свободных каналов управления.

4. Базовые станции, принявшие ответный сигнал, передают информацию о его параметрах в центр коммуникации, который, в свою очередь, переключает разговор на ту базовую станцию, где зафиксирован максимальный уровень сигнала сотового телефона вызываемого абонента.

Число абонентов в каждой соте не постоянно, поскольку они перемещаются из соты в соту. При пересечении границы между сотами производится автоматическое переключение абонента на обслуживание в другой соте.

Системы сотовой связи подразделяются на аналоговые и цифровые.

Аналоговые системы сотовой подвижной связи относятся к первому поколению сотовых систем, обозначаемому как 1G. В них используется аналоговый способ передачи информации с помощью частотной или фазовой модуляции, как в обычных радиостанциях. Недостатки применения аналогового способа связаны с возможностью прослушивания разговоров другими абонентами, отсутствием эффективных способов борьбы с затуханием сигналов под влиянием ландшафта и при перемещении абонентов. Наиболее распространенным в мире является стандарт AMPS (*Advanced Mobile Phone System* — развитая система мобильного телефона, частота 800 МГц), а NMT 450 (*Nordic Mobile Telephone* — северный мобильный телефон, 450 МГц) принят в России в качестве федерального.

Цифровые системы сотовой мобильной связи относятся к системам второго поколения (2G). По сравнению с аналоговыми они предоставляют абоненту более широкий выбор услуг, обеспечивают высокое качество связи. В России цифровые системы сотовой подвижной связи основаны в основном пока на стандарте GSM 900 (*Global System for Mobile Communication* — глобальная система для мобильной связи, диапазон 900 МГц), получившем самое широкое распространение в Европе и обеспечивающем хорошее качество связи и широкий международный роуминг.

GPRS (*General Packet Radio Service* — пакетная радиосвязь общего пользования) — надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передается через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы, такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM. GPRS позволяет пользователю сети сотовой связи производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе с сетью Интернет.

Системы сотовой мобильной связи третьего поколения (3G) строятся на основе пакетной передачи данных. Сети третьего поколения 3G работают на частотах дециметрового диапазона около 2 ГГц, передавая данные со скоростью 2 Мбит/с. Они позволяют организовывать видеотелефонную связь, смотреть на мобильном телефоне фильмы и телепрограммы и т. д. В мире сосуществуют два стандарта 3G: UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*, или *W-CDMA*) и CDMA (*Code Division Multiple Access*)-2000. В России цифровые системы мобильной связи 3G начали вводиться в эксплуатацию с 2008 г.

Основное отличие сетей четвертого поколения 4G от 3G с технической точки зрения заключается в том, что технология 4G полностью основана на протоколах пакетной передачи данных, в то время как 3G соединяет в себе передачу голосового трафика и «пакетов». Стандарт нового поколения 4G структурно основывается на двух составляющих: протокол IP (*Internet Protocol*) и разновидность одноранговых вычислительных сетей peer-to-peer. В коммуникациях на базе таких решений каждое устройство одновременно выступает за три и соответственно сочетает в себе функциональность каждого — приемника, передатчика и маршрутизатора сообщений. Операторы сетей 4G будут ориентировать своих абонентов в первую очередь на услуги, связанные с полноценным интернет-браузингом, передачей данных (файлы, электронная почта, доступ в корпоративные базы данных и т. д.). Продолжат свое развитие

сервисы, связанные с потреблением аудио и видео. Технологии 4G: LTE (*Long-Term Evolution*, на частоте 700 МГц), mobile WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Внедрение мобильного WiMAX планируется в 2008 г., LTE — в 2009 г. Пробная эксплуатация сетей мобильной связи поколения 4G была проведена на летней олимпиаде в Пекине, а коммерческая эксплуатация первых сетей 4G запланирована на 2010 г.

*Мобильные телефоны* как неотъемлемая часть системы мобильной связи подвержены значительным трансформациям и с позиций конструктивных решений, и по объему предоставляемых сервисных функций и дизайну. Выбор стандарта сотовой связи обуславливает класс модели радиотелефона. В пределах каждого класса модели радиотелефоны различаются не только объемом сервисных функций, но часто и параметрами приемно-передающих трактов.

В состав устройства радиотелефона вне зависимости от модели входят как минимум:

- передающее и приемное устройства;
- устройства преобразования и воспроизведения речи;
- устройства контроля и управления;
- антенна;
- зуммер;
- клавиатура;
- дисплей.

Все компоненты обычно располагаются на передней и задней панелях корпуса — клавиатура, дисплей, микрофон и громкоговоритель, mp3-плеер, антенна, цифровая камера (одна или две), а между ними — многослойная печатная плата. Благодаря оригинальным инженерным решениям масса телефонов постоянно снижается, а набор функций расширяется.

Спектр сервисных услуг, предоставляемых операторами мобильной связи своим клиентам, постоянно расширяется. Передача и прием на радиотелефон коротких текстовых сообщений SMS (*Short Message Service*), а также мультимедийных (изображения, мелодии, видео) MMS (*Multimedia Message Service* — служба мультимедийных сообщений) дополняется возможностью получения и отправки факсов и электронной почты; беспроводного доступа в Интернет с использованием WAP-технологии (*Wireless Access Protocol*).

Расширение функций мобильных телефонов способствовало выделению новых модификаций смартфона и коммуникатора.

*Смартфон (smartphone)* — продвинутый или умный телефон с функциями компьютера. Термин «смартфон» был введен компанией Ericsson в 2000 г. для обозначения своего нового телефона Ericsson R380s. Помимо функций телефона задача смартфона в определенной степени выполнять функции карманного компьютера (КПК), поэтому этот мобильный телефон работает на операционной системе (ОС) открытого типа.

По форме смартфон похож на телефон, однако он обычно имеет не сенсорный, а ЖК-экран, и набор текста производится со стандартной телефонной клавиатуры.

Смартфоны становятся популярными за счет таких функций: продвинутые мультимедийные функции (более качественная камера, расширенные возможности воспроизведения видеофайлов, улучшенные музыкальные способности), Wi-Fi, GPS и других.

*Коммуникатор (Communicator, PDA Phone)* — карманный персональный компьютер со встроенным GSM/GPRS-модулем, дополненный функциональностью мобильного телефона.

Идеи объединения функциональности сотового телефона и карманного персонального компьютера появились практически сразу после появления первых карманных персональных компьютеров в начале 1990-х гг. В 1996 г. появилось первое устройство, объединяющее КПК и сотовый телефон в одном корпусе. Коммуникатор имеет сенсорный экран, а ввод символов осуществляется с помощью стилуса. Однако есть модели, которые оснащены полноценной клавиатурой. Операционные системы коммуникатора — такие же, что и в КПК, аналогично и программное обеспечение для работы с телефонным модулем. При использовании коммуникатора в качестве мобильного телефона удобнее пользоваться гарнитурой «handsfree» («свободные руки»). Но есть и модели, которые оснащены полноценной клавиатурой.

Коммуникаторы оснащены разными интерфейсами доступа к другим устройствам. К интерфейсам связи можно отнести: GSM/GPRS, Bluetooth, Wi-Fi, ИК-порт, и т.д. Почти все коммуникаторы оборудованы каким-либо слотом расширения памяти.

## 8.4. ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ BLUETOOTH И Wi-Fi

---

*Bluetooth* — это технология построения беспроводной персональной сети (WPAN), разработанная группой Bluetooth Special Interest Group, основанной компаниями Nokia, Ericsson, IBM, Intel и

Toshiba. Ее цель — дать пользователям возможность без кабелей соединиться с различными вычислительными и телекоммуникационными устройствами. Технология радиосвязи Bluetooth является международным стандартом компактного и недорогого вида соединения портативных устройств, а также средством выхода в Internet.

Название происходит от имени короля Дании Харальда I Синезубого, жившего в X в. и сумевшего объединить раздробленные части Скандинавии. По-английски прозвище короля звучит как «Bluetooth». Спустя десять столетий шведская компания Ericsson выбрала это имя для новой технологии коммуникаций, призванной объединить различные технологии так же, как Харальд объединил народы на территории Скандинавии.

Основная задача Bluetooth состоит в том, чтобы исключить проводные каналы связи при подключении к ПК периферийных устройств. На рынке широко представлены клавиатуры, оптические мыши, принтеры, цифровые фотоаппараты и КПК, в которых используется технология Bluetooth. Bluetooth-устройства — это миниатюрные передатчики, работающие в ISM-диапазоне (*Industrial, Scientific and Medical band*) на частоте 2,45 ГГц. Их обычный радиус действия — около 10 м. Bluetooth-устройства способны искать и устанавливать связь друг с другом без вмешательства пользователя. Когда два таких устройства оказываются рядом, они автоматически «договариваются» об установлении связи. При этом в течение нескольких секунд образуется микросеть (пикосеть), или так называемое персональное сетевое пространство (PAN). В микросети PAN устройства соединяются на высокой скорости с использованием сетевого протокола без применения кабелей. В некоторых случаях соединение устанавливается между двумя устройствами, в других — имеется возможность объединения в локальное сетевое пространство нескольких офисных компьютеров.

Bluetooth-устройства используют для связи частотный диапазон ISM, который зарезервирован в большинстве стран для маломощных радиоустройств небольшого радиуса действия, не требующих лицензирования: электронных ключей для гаражных ворот, беспроводных телефонов, приборов для присмотра за детьми.

Одним из главных преимуществ технологии Bluetooth является возможность совместной работы Bluetooth-устройств без взаимодействия с другими приборами, не предназначенными для коммуникаций.

Техническое решение этой проблемы заключается в использовании так называемого «расширенного спектра». Традиционное

радио, например FM-станции, использует различные частоты для приема сигнала от разных станций. Многие FM-станции могут использовать одинаковые частоты, но только если их зоны охвата не пересекаются. Наличие двух станций с одинаковой частотой внутри общей зоны охвата приводит к интерференции. Технология «расширенного спектра» позволяет радиоприборам находиться на одной частоте без интерференции, даже если зоны охвата накладываются. В Bluetooth используется разновидность этой технологии, которая называется «скачкообразной перестройкой частоты». При «скачкообразной перестройке частоты» два прибора устанавливают соединение и затем «скачут» в пределах широкой полосы спектра частот, используя шаблон, который при кажущейся хаотичности точно известен и передатчику, и приемнику. Bluetooth-устройства, образующие микросеть, меняют около 79 частотных каналов со скоростью 1 600 переключений в секунду.

Поскольку скачкообразные схемы для каждой микросети различны, имеется возможность использования одинаковых частотных диапазонов без интерференции. Это происходит потому, что в 79 каналах имеется достаточно комбинаций, а частота переключений в  $1/1\ 600$  с исключает возможность совпадения каналов и интерференции.

Другим преимуществом технологии «расширенного спектра» является стойкость системы к помехам от устройств, не поддерживающих Bluetooth, таких как беспроводные телефоны, работающие в том же ISM-диапазоне. Сигнал прибора, не поддерживающего технологию «расширенного спектра», передается в очень узкой полосе. При попадании «скачущего» сигнала Bluetooth-устройства в полосу помех он фиксируется там в течение  $1/1\ 600$  с, что недостаточно для проявления интерференции и помех. В этом случае вероятность помех от перекрывающихся Bluetooth-устройств чрезвычайно мала.

Поток данных между Bluetooth-устройствами зашифрован. Кроме того, очень короткий сигнал и произвольные скачки в пределах широкой полосы частот обеспечивают практическую невозможность «прослушивания» сигнала.

Так как все приборы Bluetooth автоматически находят друг друга, они должны быть в состоянии определить, с каким прибором связываться, а какой игнорировать. Bluetooth-стандарт предоставляет пользователям возможность настроить GPS-приемник и контроллер как «доверенные устройства». Они получают возможность соединения, при том, что любые другие Bluetooth-приборы в зоне действия связи будут игнорироваться.

Bluetooth-стандарт достаточно гибок для обслуживания нескольких устройств, которые могут быть настроены как «доверенные устройства». Если один из приборов включен, он автоматически сканирует диапазон на наличие других приборов и фиксирует их в качестве «доверенных устройств». Если найден не один такой абонент, то формируется список, из которого пользователь может выбрать прибор, необходимый ему для соединения. Список включает уникальные идентификаторы для каждого устройства. В случае с GPS-приемником в качестве идентификатора по умолчанию выступает серийный номер прибора. Программное обеспечение, поставляемое с GPS-приемником, дает пользователю возможность индивидуально настроить идентификационные сообщения от любого приемника, например использовать имя собственника вместо серийного номера.

*Wi-Fi (Wireless Fidelity)* — стандарт беспроводной (радио)связи, который объединяет несколько протоколов и имеет официальное наименование IEEE 802.11 (*Institute of Electrical and Electronic Engineers* — международной организации, занимающейся разработкой стандартов в области электронных технологий). Самым известным и распространенным на сегодняшний день является протокол IEEE 802.11b (обычно под сокращением Wi-Fi подразумевают именно его), определяющий функционирование беспроводных сетей, в которых для передачи данных используется диапазон частот от 2,4 до 2,4835 ГГц и обеспечивается максимальная скорость 11 Мбит/с. Максимальная дальность передачи сигнала в такой сети составляет 100 м, однако на открытой местности она может достигать и больших значений (до 300... 400 м).

Помимо 802.11b существуют еще беспроводной стандарт 802.11a, использующий частоту 5 ГГц и обеспечивающий максимальную скорость 54 Мбит/с, а также 802.11g, работающий на частоте 2,4 ГГц и тоже обеспечивающий 54 Мбит/с. Однако из-за меньшей дальности, значительно большей вычислительной сложности алгоритмов и высокого энергопотребления эти технологии пока не получили большого распространения. Кроме того, в данное время ведется разработка стандарта 802.11n, который в обозримом будущем сможет обеспечить скорости до 320 Мбит/с.

Ядром беспроводной сети Wi-Fi является так называемая точка доступа (*Access Point*), которая подключается к какой-либо наземной сетевой инфраструктуре (например, офисной Ethernet-сети) и обеспечивает передачу радиосигнала, как показано на рис. 8.8, а. Обычно точка доступа состоит из приемника, передатчика, интерфейса для подключения к проводной сети и программного обеспе-

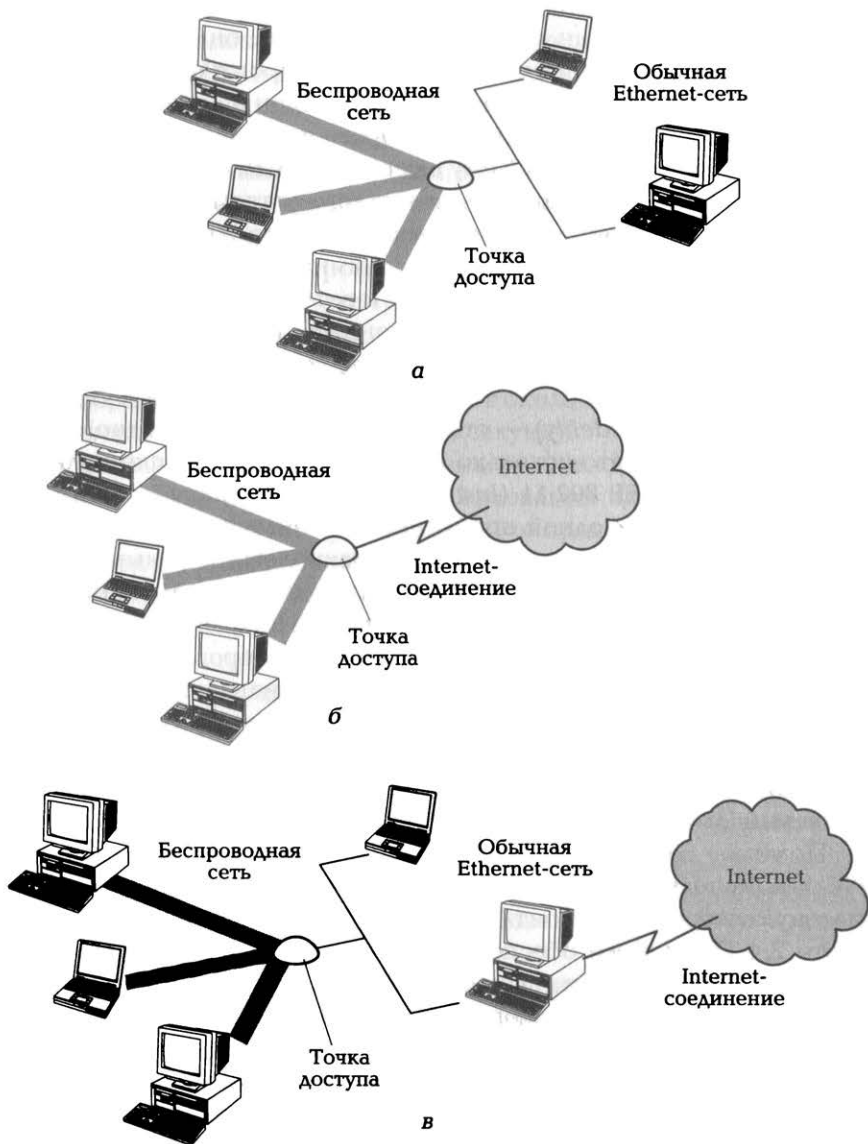


Рис. 8.8. Подключение сети Wi-Fi:

*а* — к офисной Ethernet-сети; *б* — прямое подключение к Интернет; *в* — через сервер, соединенный с Интернет

чения для обработки данных. После подключения вокруг точки доступа образуется территория радиусом 50... 100 м (ее называют хот-спотом или зоной Wi-Fi), на которой можно пользоваться беспроводной сетью. Для того чтобы подключиться к точке доступа, ноутбук или другое мобильное устройство, оснащенное Wi-Fi-адаптером, должно просто попасть в радиус ее действия. Все действия по определению устройств и настройке сети большинством операционных систем производятся автоматически. Если пользователь попадает одновременно в несколько Wi-Fi-зон, то происходит подключение к точке доступа, обеспечивающей самый мощный сигнал. Время от времени производится проверка наличия других точек доступа, и в случае, если сигнал от новой точки сильнее, устройство переключается к ней, настраиваясь абсолютно прозрачно и незаметно для владельца.

Одним из главных достоинств любой Wi-Fi-сети является возможность доступа в Интернет для всех ее пользователей, которая обеспечивается либо прямым подключением точки доступа к интернет-каналу (рис. 8.8, б), либо подключением к ней любого сервера, соединенного с Интернет (рис. 8.8, в). В обоих случаях мобильному пользователю не нужно ничего самостоятельно настраивать — достаточно запустить браузер и набрать адрес какого-либо интернет-сайта.

Несколько устройств с поддержкой Wi-Fi могут соединяться друг с другом напрямую (связь устройство — устройство), т. е. без использования специальной точки доступа, образуя некое подобие локальной сети, в которой можно обмениваться файлами, но в этом случае ограничивается число видимых станций.

В случае с устройствами без встроенной поддержки Wi-Fi (например, с обычными домашними или офисными компьютерами) необходимо установить специальную карту, поддерживающую этот стандарт и подключить ее к компьютеру через стандартные интерфейсы (PCI, USB, PCMCIA и т. д.).

Основой популярности беспроводной технологии Wi-Fi является ее активная поддержка мировыми производителями. Почти все современные модели ноутбуков, а также модели сотовых телефонов и КПК оснащаются Wi-Fi-адаптерами. Например, служащие крупнейшей ИТ-компании IBM, в которой около трети персонала работают удаленно, с помощью Wi-Fi могут попадать в корпоративную виртуальную сеть, где они работают с интернет-ресурсами, получают последние новости информационной безопасности, скачивают файлы и обмениваются сообщениями по электронной почте.

В России в 2009 г. рынок Wi-Fi находится в стадии формирования.

Существенным преимуществом спутниковых систем связи по сравнению с сотовой является отсутствие ограничений по привязке к конкретной местности Земли.

Спутниковые системы связи в зависимости от предоставляемых услуг можно подразделить на следующие классы.

1. *Системы пакетной передачи данных* предназначены для передачи в цифровом виде любых данных (телексных, факсимильных, компьютерных сообщений). Скорость пакетной передачи данных в космических системах связи составляет от единиц до сотен килобайтов в секунду. В этих системах не предъявляются жесткие требования к оперативности доставки сообщений. Например, в режиме «электронная почта» поступившая информация запоминается бортовым компьютером и доставляется корреспонденту в определенное время суток.

2. *Системы речевой (радиотелефонной)* спутниковой связи используют цифровую передачу сообщений в соответствии с международными стандартами: задержка сигнала на трассе распространения не должна превышать 0,3 с, обслуживание абонентов должно быть непрерывным и происходить в реальном масштабе времени, а переговоры во время сеанса связи не должны прерываться.

3. *Системы для определения местоположения (координат)* потребителей, таких как автотранспортные, авиа- и морские средства.

Спутниковые системы связи дополняют системы мобильной связи там, где последние невозможны или недостаточно эффективны при передаче информации, например: в морских акваториях, районах с малой плотностью населения, а также в местах разрывов наземной инфраструктуры телекоммуникаций.

Структура спутниковых систем связи включает в себя следующие составляющие (рис. 8.9):

- космический сегмент, состоящий из нескольких спутников-ретрансляторов;
- наземный сегмент, содержащий центр управления системой, центр запуска космического аппарата (КА), командно-измерительные станции, центр управления связью и шлюзовые станции;
- пользовательский (абонентский) сегмент, осуществляющий связь при помощи персональных спутниковых терминалов;

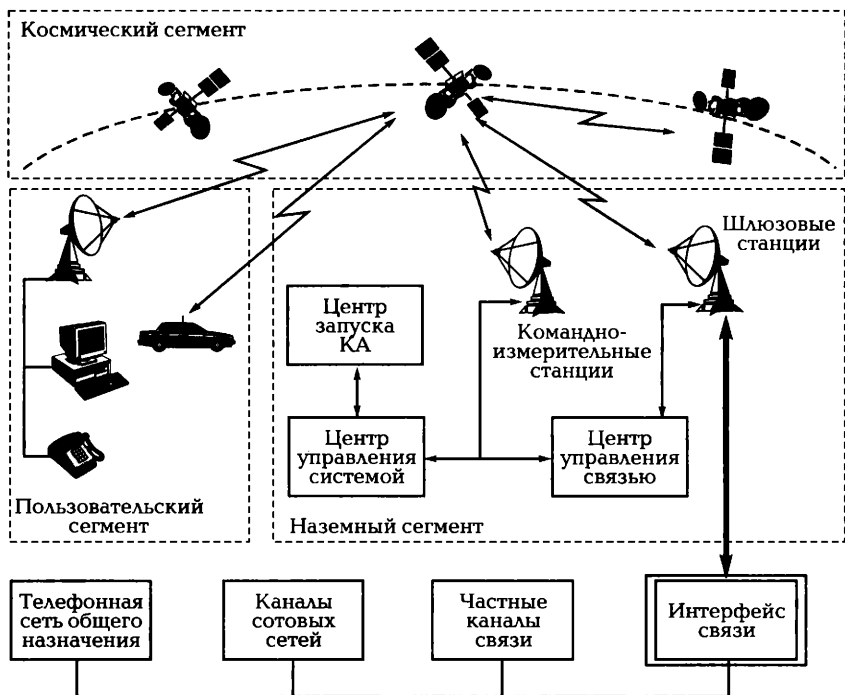


Рис. 8.9. Структура спутниковых систем персональной связи

- наземные сети связи, с которыми через интерфейс сопрягаются шлюзовые станции космической связи.

Космический сегмент представляет собой несколько спутников-ретрансляторов, размещенных равномерно на определенных орбитах и образующих космическую группировку.

Космический аппарат связи содержит: центральный процессор, радиоэлектронное оборудование, антенные системы, системы ориентации и стабилизации положения КА в пространстве, двигательную установку и систему электропитания.

В зависимости от параметров орбиты спутников-ретрансляторов спутниковые системы подвижной связи подразделяются на системы GEO (геостационарные), LEO (низкая орбита — примерно до 1 500... 2 000 км) и MEO (средневысокая орбита — 5 000... 20 000 км).

Системы на основе *геостационарных спутников* (GEO) из-за постоянства их расположения над определенной точкой поверхности Земли обладают рядом преимуществ при организации глобальной связи:

- отсутствие перерывов связи из-за взаимного перемещения КА и пользовательского терминала во время сеанса связи;
- охват связью 95 % поверхности Земли системой, состоящей всего из трех геостационарных спутников;
- отсутствие необходимости в организации межспутниковой связи (в отличие, например, от низкоорбитальных систем).

Системы спутниковой связи на основе геостационарных спутников Inmarsat, Intelsat, Eutelsat созданы международными консорциумами. В частности, технические средства Inmarsat активно используются для различных видов связи (телефония, телекс, передача данных) с приоритетами бедствия и обычным для коммерческой связи. Через Inmarsat также обеспечиваются соединения с различными специальными службами (медицинская консультация и помощь, техническая морская помощь, Интернет и др.). Система Inmarsat используется также для передачи данных для корректировки электронных карт, в системах мониторинга судов.

Отечественная система «Банкир», использующая космический сегмент из трех геостационарных спутников связи «Купон», предназначена для оперативного обмена информацией в российской банковской и финансовой системах с выходом на банковские системы ближнего и дальнего зарубежья. Система геостационарной спутниковой связи «Ямал» — результат сотрудничества России и США в области создания и эксплуатации систем спутниковой связи — состоит из КА «Ямал» и предназначена для развития телекоммуникационных сетей в северных районах России, богатых залежами нефти и газа.

К *низкоорбитальным спутниковым системам* (системы LEO) относятся такие, для которых высота орбиты находится в пределах 700 ... 2 000 км, масса КА — до 500 кг, орбитальная группировка — от единиц до десятков спутников. Для охвата связью большой территории Земли используют несколько плоскостей орбит. Более короткие линии спутниковой связи «вверх» и «вниз» через низкие орбиты в сравнении с геостационарными обеспечивают меньшее ослабление сигнала и время запаздывания сигнала. Кроме того, они позволяют охватить приполярные районы (с полярных орбит).

Каждый из спутников группировки имеет ограниченную зону обслуживания, и для глобального охвата необходима связь между ними. Она обеспечивается разными способами в разных проектах. В одних (Iridium) — с помощью линий радиосвязи в космосе, в других

(Global Star) обеспечена незаметная для пользователя непрерывная автоматизированная передача абонента от луча к лучу и от спутника к спутнику при достаточно большом числе наземных станций.

Спутник в системе низкоорбитальной связи движется со скоростью около 7 км/с. Время, в течение которого его можно наблюдать из некоторой точки поверхности Земли (время видимости), не превышает 14 мин. После этого спутник «уходит» за линию горизонта.

Для поддержания непрерывной связи (например, при телефонном разговоре) необходимо, чтобы в тот момент, когда первый спутник покидает зону обслуживания, его заменял второй, а потом третий. Это похоже на сотовую телефонную связь, где роль базовых станций выполняют спутники.

Для обеспечения связью абонентов не только в зоне видимости одного КА, но и на всей территории Земли соседние спутники должны связываться между собой, передавая друг другу информацию.

Низкоорбитальные системы обеспечивают возможность предоставления услуг персональной связи, включая радиотелефонный обмен и связь с подвижными объектами с использованием сравнительно малогабаритных абонентских терминалов. Стоимость услуг подвижной связи с помощью систем LEO оказывается в несколько раз меньше аналогичных услуг, предоставляемых геостационарными системами, благодаря использованию недорогих абонентских станций и менее дорогостоящего космического сегмента.

Низкоорбитальные системы позволяют обеспечить бесперебойную связь с терминалами, размещенными в любой точке Земли, и практически не имеют альтернативы при организации связи в регионах со слаборазвитой инфраструктурой связи и низкой плотностью населения.

Системы спутниковой связи «Горизонт» и «Экспресс» обеспечивают телефонную связь, телевизионное и звуковое вещание, передачу потоков информации во многих регионах России, а также в ряде зарубежных стран.

К числу низкоорбитальных систем относится система спутниковой связи Iridium, созданная при сотрудничестве Японии, США и России. В разрабатываемом проекте вначале предусматривалось использование 77 спутников (именно поэтому проект получил такое название: иридий в таблице Менделеева является семьдесят седьмым элементом).

К 2008 г. орбитальная группировка Iridium насчитывает 66 спутников, обращающихся вокруг Земли по 11 орбитам на высоте примерно 780 км со скоростью ~27 000 км/ч. Систему широко использу-

ет Министерство обороны США. Среди типичных пользователей — морское судоходство, авиация, нефтяная отрасль, государственные органы, а также ученые и путешественники. Предполагается, что существующая группировка спутников будет работать, по меньшей мере, до 2014 г, а многие спутники будут работать до 2020-х гг.

В состав орбитальной группировки низкоорбитальной глобальной системы спутниковой связи Globalstar входят 48 спутников-ретрансляторов, размещенных на восьми круговых орбитах (по шесть спутников на каждой).

Высота орбиты для *среднеорбитальных систем* (МЕО) колеблется в пределах 5 000 ... 20 000 км, масса КА превышает 1 000 кг, а орбитальная группировка составляет от единиц до примерно десятков спутников. Преимущество средневысотной орбиты в сравнении с низкой состоит в том, что первая лежит между радиационными поясами Земли, в то время как вторая — внутри первого пояса. Поэтому срок службы для систем МЕО — 15 лет, для LEO — 5... 7 лет, что существенно влияет на их стоимость. В системе МЕО для полного покрытия Земли необходимо 10... 12 спутников. Первоначально для обслуживания нескольких регионов достаточно шести спутников, что позволяет обеспечить запуск спутников связи и развертывание системы МЕО гораздо быстрее, чем системы LEO.

Самый крупный из таких проектов — система Odyssey, финансируемая компанией Teleglobe. В проекте задействованы 12 среднеорбитальных спутников для обеспечения двукратного покрытия населенных районов Земли. Каждый спутник видит около  $1/4$  земного шара. Земной сегмент организован в виде глобальной сети «Одиссей» (Odyssey Global WAM) и использует архитектуру GSM.

Для организации персональной спутниковой связи применяют *переносные персональные спутниковые и мобильные терминалы*. Данные терминалы способны устанавливать связь между абонентами за 2 с, как и в системе сотовой связи. Сопряжение спутникового телефона с сетями сотовой связи обеспечивает дополнительное устройство — SIM-карта.

*Спутниковые навигационные системы* предназначены для навигационного обеспечения летательных аппаратов, различных транспортных средств, туристических групп; местоопределения при геодезических и геологических изысканиях, в топографии, гидрографии; обеспечения деятельности спасательных служб, служб скорой помощи, милиции; определения координат при прокладке трасс, дорог.

В мире существуют две спутниковые навигационные системы: американская GPS и отечественная ГЛОНАСС (глобальная навига-

ционная спутниковая система), принципы построения, архитектура и задачи которых близки друг другу. GPS и ГЛОНАСС спроектированы примерно в одно и то же время — в 1980-е гг. Отличаются системы только техническими параметрами и конструктивным исполнением:

- выбранное наклонение орбит для спутников ГЛОНАСС обеспечивает лучшие выходные характеристики на территории России, Европы и в северных широтах, а у системы GPS — на территории США и в широтах, близких к южным;
- рабочая зона GPS — поверхность Земли и околоземное пространство до высоты 3 000 км, ГЛОНАСС — до 2 000 км;
- различны структуры навигационных сигналов и навигационных сообщений систем GPS и ГЛОНАСС.

В настоящее время GPS функционирует в полном составе и имеет огромный парк пользователей.

Система ГЛОНАСС формируется до штатного состава. Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трех орбитальных плоскостях. На начало 2009 г. число действующих спутников составляло 18 шт., что обеспечило 100 %-ную непрерывную навигацию почти на всей территории России.

Впервые потребительские спутниковые навигаторы Glospace, рассчитанные на совместное использование ГЛОНАСС и GPS, стали доступны пользователям в конце 2007 г.

## 8.6. ФАКСИМИЛЬНАЯ СВЯЗЬ

*Факсимильная связь* — процесс дистанционной передачи неподвижных изображений и текста. В основном факсимильная связь используется для отправления документов (текстов, чертежей, рисунков, схем, фотоснимков) на бумажные носители получателей. Фактически факсимильный способ передачи информации заключается в дистанционном копировании документов.

Термин «факсимильная связь» относится к системам передачи как полутоновых, так и штриховых документов.

Для организации факсимильной связи используются факсимильные аппараты (телефаксы) и каналы связи: телефонные, цифровые и радиоканалы.

**Факсимильные аппараты** являются многофункциональными устройствами, содержащими, как правило, три компонента:

- сканер, обеспечивающий считывание информации с оригинала и преобразование ее в последовательность электрических сигналов;
- приемно-передающее устройство (модем), выполняющее функции передачи сигнала по каналу связи и прием сигналов от других абонентов;
- принтер, воспроизводящий принятое изображение оригинала путем печати на бумаге.

Учитывая значительное разнообразие таких компонентов факсимильных аппаратов, как сканер и принтер (см. гл. 4 и 7), следует понимать, что различные модели факсимильных аппаратов отличаются способом сканирования, воспроизведения изображения и разрешающей способностью.

По способу воспроизведения изображения, определяемому типом используемого принтера, факсимильные аппараты подразделяются на термографические, струйные, лазерные, электрографические.

Наибольшее распространение получили факсимильные аппараты термографического типа, поскольку при относительно невысокой стоимости они обладают достаточно хорошими техническими характеристиками, чаще всего оборудуются модемом. Однако термографический способ печати требует применения специальной термобумаги, которая со временем желтеет.

Электрографические и струйные факсимильные аппараты обладают несколько более высокой стоимостью, но позволяют использовать обычную бумагу. Лазерные факсимильные аппараты самые дорогостоящие.

Конструктивно факсимильные аппараты, как и плоттеры, подразделяются на плоскостные и барабанные. В плоскостных аппаратах передаваемые документы ограничиваются размерами, а в барабанных — только шириной, что позволяет обеспечивать передачу документа в рулоне.

Факсимильные аппараты имеют следующие основные сервисные функции:

- режим копирования документов;
- переключение в режим голосовой связи;
- подключение факсимильного аппарата к компьютеру.

Наличие оперативной памяти до нескольких мегабайтов и внешней памяти в десятки мегабайтов, что позволяет обеспечивать ряд

функций, а именно: «память листов» (запоминание числа листов документа, изображение которых может быть записано в оперативную память телефакса при отсутствии или неожиданном окончании бумаги или для последующей передачи); «автоответчик» (передача в линию предварительно записанного сообщения, а также прием и сохранение сообщения для последующего прослушивания); «отложенная передача» (автоматическая передача в заданное время заранее подготовленного к передаче документа); «электронный справочник» определенного числа телефонных номеров; «память номеров», по которым наиболее часто отправляются документы.

Факсимильная связь может применяться для ввода передаваемой информации непосредственно в ЭВМ при наличии факс-модема.

Получили распространение *радиофаксы*, имеющие многоканальные системы подвижной радиотелефаксимильной связи, включающие стационарную базовую станцию, и подвижные радиофаксы, устанавливаемые в автомобилях.

Для передачи рукописных сообщений используются *телефонные факсимильные приставки*, которые обеспечивают передачу выполняемых от руки схем, подписей. При передаче факса абонент специальным пером пишет на блокноте: таким образом осуществляется передача подписи ответственного лица.

*Компьютерные факсимильные системы* представляют собой сочетание компьютера с факс-модемом и компьютерных периферийных устройств. Для работы в таком режиме компьютеры оборудуются клавиатурой, на которой можно непосредственно набирать номер телефона абонента, а также Web-камерой и микрофоном, позволяющими параллельно с обменом факсимильным сообщением видеть абонента и разговаривать с ним.

Для обмена информацией между ЭВМ (цифровыми устройствами), а также факсимильными аппаратами через телефонные сети (аналоговые каналы связи) используются модемы.

## 8.7. ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ ЧЕРЕЗ МОДЕМ

*Модем* (модулятор-демодулятор) — устройство прямого (модулятор) и обратного (демодулятор) преобразования сигналов к виду, принятому для использования в определенном канале связи.

Модем, используемый для обмена информацией между компьютерами через телефонную линию, на первом этапе производит модуляцию цифровой информации для передачи через аналоговый

канал в виде тональных посылок звукового диапазона частот (цифроаналоговое преобразование).

На втором этапе происходит обратный процесс демодуляции аналоговых сигналов в цифровые значения (аналого-цифровое преобразование), которые может воспринимать компьютер на другом конце линии связи. Модемы в системах телекоммуникаций не только выполняют функции модуляции и демодуляции, но и обеспечивают прием и передачу факсимильных сообщений, автоматическое определение номера вызывающего абонента (АОН), выполняют функции автоответчика, электронного секретаря, служат для оцифровки голоса и обратной операции восстановления оцифрованного голоса.

В связи с этим модем представляет собой достаточно сложное устройство, структурная схема которого представлена на рис. 8.10. Адаптеры портов ввода-вывода предназначены для обмена данными между модемом и телефонными линиями, а также между модемом и ЭВМ. Цифровой сигнальный процессор DSP выполняет функции модуляции и демодуляции сигналов и обеспечивает соответствующие протоколы передачи данных. Контроллер осуществляет управление сигнальным процессором DSP, а также обработку команд и буферизацию данных. Программа управления модемом «прошита» в микросхеме ROM. Установки модема в момент включения сохраняются с помощью микросхемы EPROM. Оперативной памятью модема является микросхема RAM.

По такой классической схеме изготавливаются высококачественные модемы. Во внутренних модемах могут отсутствовать отдельные компоненты. Например, в так называемых софтверных модемах (*Softmodem*) отсутствует микросхема контроллера: ее функции выпол-

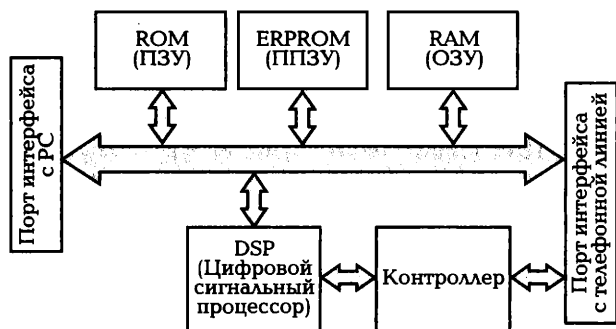


Рис. 8.10. Структурная схема модема

няет центральный процессор ПК. В винмодемах (*Win-modem*) отсутствует цифровой сигнальный процессор DSP, функции которого выполняет специальное программное обеспечение, предназначенное для работы под операционной системой Windows.

Имеются определенные различия при подключении, обслуживании и управлении внешним и внутренним модемами.

*Внутренний модем* представляет собой съемную карту расширения, на которой размещены все компоненты, обеспечивающие обмен данными. Он устанавливается внутрь компьютера в слот ISA, PCI, PCMCIA, AMR, CNR.

Преимуществом внутреннего модема является отсутствие на рабочем месте дополнительного периферийного устройства. Однако при использовании внутреннего модема возникает необходимость вскрытия корпуса системного блока для перенастройки модема.

*Внешний модем* — это самостоятельное устройство, оснащенное блоком питания, подключается к COM- или USB-порту, обычно имеет внешний блок питания (существуют USB-модемы, питающиеся от USB, и LPT-модемы).

Благодаря размещению всех компонентов внутри собственного корпуса, который соединен с ЭВМ только кабелем данных, внешний модем более удобен.

По исполнению существуют следующие типы модемов:

- *внешний встроенный модем* — является внутренней частью устройства, например ноутбука;
- *аппаратный модем*, в котором все операции преобразования сигнала, поддержка физических протоколов обмена производятся встроенным в модем вычислителем (например, с использованием DSP, контроллера). В аппаратном модеме присутствует ПЗУ, в котором записана микропрограмма, управляющая модемом;
- *винмодем* представляет собой аппаратный модем, лишенный ПЗУ с микропрограммой. Микропрограмма такого модема хранится в памяти компьютера, к которому подключен модем. Он работоспособен при наличии драйверов, которые обычно написаны исключительно под операционные системы семейства MS Windows;
- *полупрограммный (Controller based soft-modem)* — модем, в котором часть функций модема выполняет компьютер, к которому подключен модем;
- *программный (Host based soft-modem)*, в котором все операции по кодированию сигнала, проверке на ошибки и

управление протоколами реализованы программно и производятся центральным процессором компьютера. При этом в модеме находится аналоговая схема и преобразователи: АЦП, ЦАП, контроллер интерфейса (например, USB). Преимущества программных модемов: низкая стоимость, легкость установки, возможность модернизации модема путем замены программы, а также адаптация модема к российским телефонным линиям. Недостатки программных модемов: задействование дополнительных ресурсов ПК, привязанность к определенной операционной системе, необходимость наличия качественной телефонной связи.

Наиболее распространены внутренний программный модем, внешний аппаратный модем, встроенные в ноутбуки модемы.

*Аналоговый модем* — наиболее распространенный тип модемов для обычных коммутируемых телефонных линий.

*ISDN-модем* — для цифровых коммутируемых телефонных линий.

*DSL-модем* — применяется для организации выделенных (некоммутируемых) линий, используя обычную телефонную сеть. Позволяет одновременно с обменом данными осуществлять использование телефонной линии в обычном порядке.

*Кабельный модем* — используется для обмена данными по специализированным кабелям — например, через кабель коллективного телевидения по протоколу DOCSIS.

*Беспроводной модем* (модуль или шлюз) — это приемопередатчик, использующий сети операторов мобильной связи для передачи и приема информации. Для использования сети сотовой связи модем обычно вставляется SIM-карта. Беспроводной модем может быть интегрирован в различное телеметрическое, диспетчерское, охранное и другое оборудование. Беспроводные модемы могут использоваться вместо обычных телефонных модемов (в банкоматах, торговых автоматах, охранных системах, системах дистанционного управления, компьютерах), а также для интеграции в программно-аппаратные комплексы. В своей работе беспроводные модемы используют дополнительные устройства управления.

Беспроводной модем используется в местах, где доступна мобильная связь и можно подключить ноутбук либо персональный компьютер к Интернету и отправлять электронные сообщения, пересылать, получать данные и мультимедийные файлы. Некоторые типы беспроводных модемов могут работать как телефонные шлюзы для передачи голосовых, видео- и текстовых данных там, где не

может быть использована традиционная фиксированная линия или где дешевле использовать сотовое средство сообщения.

Для обмена информацией с помощью модема используются различные протоколы передачи данных, т. е. совокупность правил, регламентирующих формат данных и процедуры их передачи в канале связи. В протоколе указываются способы модуляции данных с целью ускорения и защищенности их передачи; выполнения соединения с каналом и подавления действующего в канале шума; обеспечения достоверности передачи данных.

Протоколы передачи данных для модемов установлены МККТТ — Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии (французская аббревиатура — *CCITT*), переименованным позже в Международный институт телекоммуникаций (*ITU — International Telecommunication Union*).

При выборе модема необходимо принимать во внимание:

- наличие сертификата Минсвязи РФ, что гарантирует работу на российских низкокачественных линиях связи и с российскими форматами управляющих сигналов;
- соответствие фирмы — производителя модема, фирме провайдера, если подключение к компьютерной или иной сети производится через провайдер;
- качество линии связи, к которой будет подключаться модем, поскольку при низком качестве линии модем, не имеющий хорошей защиты от помех, будет работать на пониженной скорости.

В век развития информационных технологий модем стал неотъемлемой частью любого комплекса на базе ПК, что позволяет значительно расширить информатизационное пространство пользователя.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Сделайте сравнительный анализ сетей типа клиент—сервер, построенных по топологии «звезда», кольцевой и шинной.
2. Перечислите основные компоненты локальной сети.
3. Каковы структура и классификация линий связи средств телекоммуникаций?
4. В чем заключаются отличия смартфонов и коммуникаторов?
5. Сравните принципы и радиусы действия Bluetooth и Wi-Fi устройств.
6. Почему мобильную радиотелефонную связь называют «сотовой связью»?

7. Каковы принципы выбора модема?
8. В чем преимущества и недостатки низкоорбитальных систем спутниковой связи?
9. Выполните сравнительный анализ спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС.
10. Перечислите основные компоненты факсимильного аппарата.
11. В чем состоит принцип действия модема? Какие типы модемов вам известны?

# УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИЕЙ НА ТВЕРДЫХ НОСИТЕЛЯХ

## 9.1. КОПИРОВАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Идея безбумажной информатизации в различных направлениях деятельности зародилась во второй половине XX в. Однако и в начале XXI в. деловой мир еще насыщен информацией на твердых (бумажных) носителях. В связи с этим устройства для работы с информацией на твердых носителях входят в состав комплекса технических средств информатизации. Типичными средствами работы с информацией на твердых носителях являются многочисленные устройства копировальной техники и устройства уничтожения информации на твердых носителях — *шрепперы*.

Средства копирования документации на твердых носителях достаточно разнообразны, они различаются как видом носителей копируемых документов (бумага, калька, прозрачная пленка), так и видом носителей, на которых создаются копии документов.

В зависимости от используемых видов бумаги копировальные технологии подразделяются на следующие группы:

- электрографическое копирование (электрография);
- термографическое копирование (термография);
- диазографическое копирование (диазография);
- фотографическое копирование (фотография);
- электрографическое копирование (электронография).

Первым копировальным аппаратом принято считать мимеограф, созданный известным изобретателем Т. А. Эдисоном (1847—1931). В мимеографах использовались листовые трафареты с отверстиями, накладываемые на вращающийся барабан, содержащий жидкую краску. Копии получались за счет проникновения краски через отверстия трафарета на проходящие под барабаном листы

бумаги. Этот принцип и в настоящее время используется для получения копий. Однако наиболее распространена в современном мире технология получения копий на обычной бумаге методом сухого электростатического переноса, или электрографическое копирование.

### 9.1.1. Электрографическое копирование

Метод сухого электростатического переноса был разработан Ч. Ф. Карлсоном (1906—1968), получившим патент на свое изобретение в 1935 г. Оформив права на использование этого патента в 1947 г., фирма Haloid Company дала методу копирования название «ксерография», образованное от двух корней греческих слов: *xeros* (сухой) и *graphein* (писать). Этот термин впоследствии вошел в название компании, которая стала сначала называться Haloid Xerox, затем Xerox Corporation и, наконец, — The Document Company Xerox (Xerox).

В настоящее время на рынке копировальной техники, несмотря на несомненно ведущую роль фирмы Xerox, широко представлены фирмы Canon, Ricoh, Sharp. При этом зачастую любые электрографические копировальные аппараты называют ксероксами, отдавая дань ведущей роли фирме Xerox — родоначальнице данного вида копирования.

Копировальные аппараты подразделяются на три основные группы: черно-белые аналоговые и цифровые, а также цветные.

В аналоговых аппаратах оптическое изображение образуется светом, отраженным от оригинала и поступающим через проекционную оптическую систему.

Цифровые аппараты состоят из трех компонентов. Сканер считывает изображение и формирует электрические сигналы, поступающие в процессор. Процессор обрабатывает полученную информацию в соответствии с программами обработки и вырабатывает сигналы, управляющие записью изображения в печатающем устройстве. Запись проводится с помощью лазера или светодиодной линейки.

Цветные копировальные аппараты — сложные цифровые устройства, отличающиеся от черно-белых наличием цветного сканера, программного обеспечения, позволяющего проводить цветокорректирование, а также усложненным печатающим устройством, которое обеспечивает получение однокрасочных изображений тонерами четырех цветов (голубого, пурпурного, желто-

го и черного) и синтез полноцветного изображения наложением одноцветных изображений друг на друга.

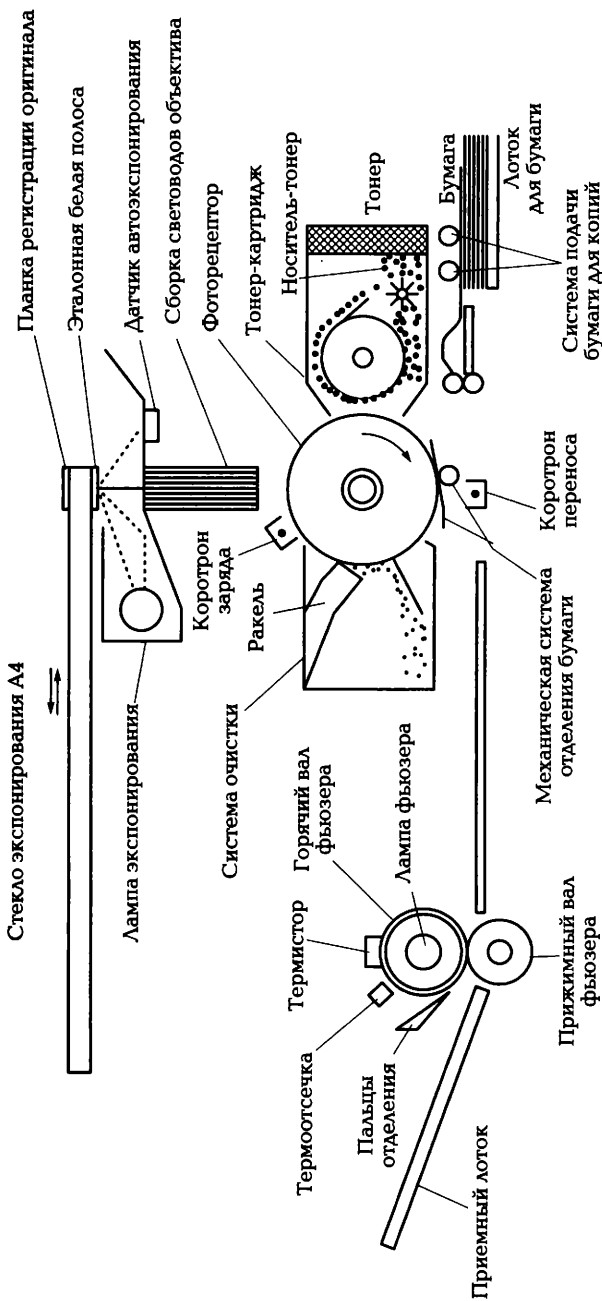
Принцип действия и конструктивные особенности основных узлов электрографического копировального аппарата, во многом аналогичного лазерному принтеру, рассмотрим на примере черных аналоговых аппаратов.

В конструкции электрографических копировальных аппаратов выделяют три основные части: оптический блок, электрофотографический блок и бумагопроводящую систему (рис. 9.1).

*Оптический блок* создает на поверхности фоторецептора оптическое изображение оригинала. В его состав входят: подвижное или неподвижное стекло экспонирования с системой подачи оригиналов, источник света (лампа экспонирования) и оптическая система. Функция оптического блока — создание на поверхности фоторецептора оптического изображения оригинала и сообщения участкам фоторецептора экспозиций, необходимых для получения электрофотографического изображения. В аналоговых аппаратах используют три оптические системы: покадрового экспонирования, когда на фоторецептор проецируется сразу целый кадр (изображение оригинала целиком); с построчной разверткой изображения оригинала и подвижным стеклом оригинала; с построчной разверткой изображения оригинала и неподвижным стеклом оригинала.

В первом случае изображение проецируется на фоторецептор целиком. Поэтому поверхность фоторецептора в зоне экспонирования — плоская, что возможно лишь для ленточных фоторецепторов. Источниками света являются импульсные лампы. Время экспонирования оригинала при покадровом способе мало, что обеспечивает высокую скорость копирования.

Копировальные аппараты с построчной разверткой изображения оригинала и подвижным стеклом (см. рис. 9.1) снабжены цилиндрическими фоторецепторами, простой оптической системой, которая не позволяет изменять масштаб изображения. В копировальном аппарате источник света — люминесцентная или галогенная лампа в отражателе, направляющем свет на стекло экспонирования. На краю стекла экспонирования за пределами кадра, ограниченного планкой регистрации оригинала, находится эталонная белая полоса, назначение которой — автоматическая регулировка экспозиции. При включении лампы свет попадает прежде всего на белую полосу и, отражаясь от нее, — на датчик автоэкспонирования. Поддержание постоянной величины экспозиции обеспечивается регулировкой напряжения на лампе экспонирования. По мере



перемещения стекла, на котором размещен оригинал, полоска света, выделяемая щелевой диафрагмой, начинает двигаться вдоль оригинала, а отраженный свет фокусируется на поверхности синхронно вращающегося фоторецептора с помощью самофокусирующегося объектива. Объектив включает набор волоконно-оптических линз (граданов) и представляет собой линейку, вытянутую параллельно лампе экспонирования по всей ширине стекла экспонирования.

Копировальные аппараты с построчной разверткой изображения оригинала и неподвижным стеклом оригинала (рис. 9.2) снабжены цилиндрическими фоторецепторами и их оптическая система содержит лампу экспонирования, объектив и систему зеркал, причем лампа и часть зеркал подвижны.

При воспроизведении оригинала вдоль него и перпендикулярно образующей фоторецептора перемещается каретка, на которой находятся трубчатая лампа и зеркало. Каретка совершает полный ход вдоль оригинала синхронно с вращением фоторецептора. Свет, отраженный от оригинала, попадает на зеркало через щелевую диафрагму, образуя на нем узкую полоску оптического изображения. Далее свет попадает на зеркала половинного хода. Каретка, где они расположены, движется с меньшей скоростью, чем первая, и за

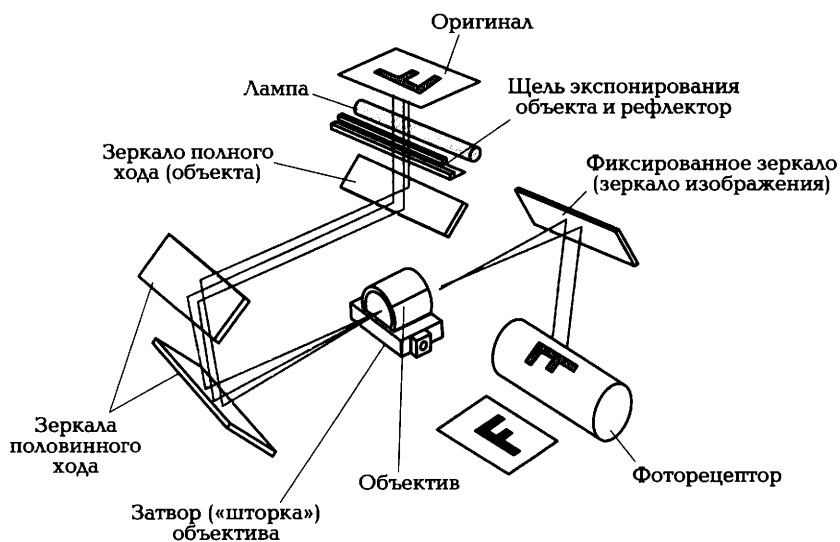


Рис. 9.2. Схема копировального аппарата с построчной разверткой изображения оригинала и неподвижным стеклом оригинала

время экспонирования проходит лишь половину пути. Задача этих зеркал — поддерживать постоянный масштаб воспроизводимого изображения на всех его участках. От зеркал половинного хода свет направляется в объектив и фокусируется им на зеркале изображения. В процессе съемки это зеркало неподвижно. Оно передает оптическое изображение на вращающийся фоторецептор.

Оптическая система позволяет получать копии в любом масштабе в диапазоне 70... 141 %, а в некоторых аппаратах — в диапазоне 50... 200 %. На панели аппарата устанавливается одна из 4...6 заданных кратностей, например 70, 81, 86, 100, 141 %, и постепенным изменением кратности с шагом 1 % можно получить любой масштаб от 70 до 141 % или от 50 до 200 %.

Получив команду об установке необходимого масштаба копирования, микропроцессорная система контроллера, управляющего аппаратом, подает сигналы двигателям объектива и оптической системы. Масштаб по ширине задается перемещением объектива и изменением его фокусного расстояния (в копировальных аппаратах используют вариообъективы с переменным фокусным расстоянием). Установка кратности по длине производится изменением скорости вращения двигателя оптической системы. Это, в свою очередь, приводит к изменению отношения скорости перемещения зеркала полного хода и линейной скорости вращения фоторецептора, например при уменьшении масштаба относительная скорость перемещения зеркал оптической системы возрастает. Обратная связь с контроллером осуществляется сигналами датчиков оптической системы.

*Электрофотографический блок* состоит из фоторецептора (цилиндрического или ленточного) и расположенных по его периферии узлов зарядки, проявления, переноса изображения и очистки фоторецептора.

В качестве зарядных устройств в копировальных аппаратах используют в основном коротрон заряда. Коротрон содержит одну или две тонкие вольфрамовые проволочки (их иногда называют струнами) диаметром 0,025... 0,90 мм, натянутые в зарядном устройстве параллельно образующей фоторецептора и подключенные к высоковольтному источнику питания, заряжающему их до потенциала в несколько киловольт.

В копировальных аппаратах установлены датчики, контролирующие величину заряда и потенциал фоторецептора. Управление величиной потенциала и поддержание оптимальных значений потенциала зарядки, потенциалов экспонированных и неэкспонированных участков и остаточного потенциала производится изме-

нением напряжения, подаваемого на проволочку коротрона заряда. Отрицательная корона (в современных копировальных аппаратах) загрязняет воздух озоном, вредным для здоровья человека. Поэтому в копировальных аппаратах с фоторецепторами, заряжаемыми отрицательно, предусмотрены средства защиты, например озоновый фильтр.

*Проявочные устройства* с однокомпонентным магнитным проявителем используются в основном в копировальных аппаратах фирмы Сапоп. Однокомпонентный проявитель, состоящий из полистирола (60 %), магнетита (35 %), красителя и ПАВ (5 %) с размерами частиц около 8 мкм загружается в бункер и подается к магнитному валику, представляющему из себя втулку из нержавеющей стали, внутри которой установлен неподвижный магнит с шестью полюсами (см. рис. 9.1). В зону проявления попадает равномерный слой толщиной около 25 мкм. Отработанный проявитель снимается с поверхности проявляющего цилиндра с помощью специальной системы очистки.

Перенос изображения осуществляется нанесением на оборот бумаги (или другой приемной подложки) заряда, противоположного по знаку заряду тонера. На коротрон переноса (см. рис. 9.1) подается переменное напряжение. При использовании коротрона переноса необходимо оторвать бумагу от фоторецептора, так как она притягивается силами электрического поля, образовавшегося между заряженным оборотом бумаги и заземленной подложкой фоторецептора. Чтобы отделить бумагу, сразу же за коротроном переноса устанавливают коротрон отделения. На коротрон отделения подается переменное напряжение, генерирующее положительные и отрицательные ионы. В результате действия коротрона происходят нейтрализация части отрицательного заряда бумаги и ослабление связи бумаги с фоторецептором. Потенциалы, подаваемые на коротроны узла переноса, устанавливаются и контролируются автоматически. Во всех копировальных аппаратах имеются механические системы отделения бумаги.

Основной способ закрепления изображения в электрографических копировальных аппаратах — термосиловой. При термосиловом закреплении, осуществляемым фьюзером (печкой), копия с тонерным (порошковым) изображением проходит между двумя разогретыми валиками, прижатыми друг к другу (см. рис. 9.1). Прижимный вал фьюзера прижимает копию лицевой стороной к нагревательному валику (его часто называют фьюзерным). За счет упругой деформации прижимного валика происходят прижим копии под давлением  $0,3 \dots 0,6 \text{ кг/см}^2$  и изгибание бумаги в зоне кон-

такта в сторону нагревательного валика, что увеличивает площадь контакта. Нагревательный валик разогревает порошковое изображение до 140... 180 °С. Тонер оплавляється, и полученная пленка прижимается к бумаге. Время закрепления — 1... 2 с. Фьюзерный валик — полая металлическая (например, стальная) трубка, покрытая слоем тефлона толщиной 40... 200 мкм. Этот слой играет роль антипригарного покрытия. Внутри цилиндра размещен нагревательный элемент — галогенная лампа накаливания в форме длинной трубки. Копия, обращенная тонерным изображением в сторону фьюзерного валика, проходит через закрепляющее устройство и прижимается к нему вторым валиком. Так как часть тонера может налипнуть на фьюзерный валик, несмотря на исключительно низкие адгезионные свойства тефлона, предусмотрена смазка валика фьюзерным маслом (антипригарной жидкостью). Для этой цели служит специальный узел смазки. Кроме того, есть механизм отделения бумаги от валика, например, пальцы отделения (см. рис. 9.1).

*Бумагопроводящая система* включает лотки для бумаги, механизм ее подачи и транспортировки, устройство переноса изображения (этот узел у данного блока общий с электрофотографическим блоком), устройство закрепления изображения, приемные лотки. Если аппарат снабжен сортером (листоподборщиком), то копии поступают в это устройство. Если предусмотрено получение двухсторонних копий, аппарат включает дуплексное устройство (для поворота листа на другую сторону и подачи его в печатающее устройство).

В отличие от аналоговых, *цифровые* копирующие аппараты формируют изображение из отдельных точек, размер и расположение которых определяются сигналами, поступающими из процессора изображений. Для записи такого точечного (растрового) изображения применяются лазеры и светодиодные линейки с инфракрасным излучением. При лазерной записи используется метод, в основу которого положена веерная развертка модулированного лазерного луча в горизонтальной плоскости. Для этого применяется вращающееся с большой скоростью многогранное зеркало (рис. 9.3, а). Угловое перемещение лазерного луча идет с постоянной скоростью. Веер лазерной развертки попадает на зеркало, отражающее излучение в сторону фоторецептора. Это зеркало установлено параллельно образующей фоторецептора, и лазерное световое пятно перемещается строго по образующей цилиндра.

Разрешающая способность записи по горизонтали зависит от того, сколько лазерных световых пятен умещается в миллиметре или в дюйме (25,4 мм). Каждому пробегу лазерного луча вдоль обра-

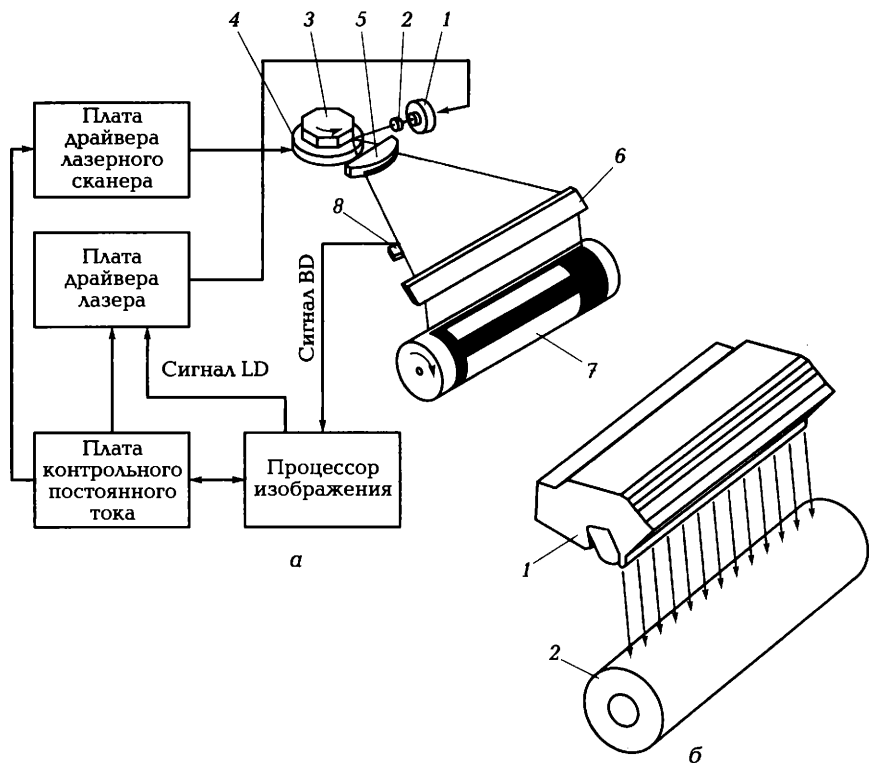


Рис. 9.3. Схемы записи изображения в цифровых электрографических копировальных аппаратах:

а — метод лазерной развертки: 1 — лазерный блок; 2 — коллиматорная линза; 3 — многогранное зеркало; 4 — двигатель лазерного сканера; 5 — корректирующая линза; 6 — отражающее зеркало; 7 — фоторецептор; 8 — датчик начала строки; б — с использованием светодиодной линейки: 1 — узел экспонирования; 2 — фоторецептор

зующей цилиндрического фоторецептора соответствует поворот цилиндра на один шаг, величина которого определяет разрешение аппарата по вертикали. При разрешающей способности 400... 600 dpi ( $16... 24 \text{ мм}^{-1}$ ) шаг смещения линии лазерной записи составляет 0,04... 0,06 мкм.

Модулирование лазерного луча осуществляется включением и выключением лазера в соответствии с программой и изменением интенсивности луча. От фокусировки лазерного луча и возможностей его модулирования зависит разрешающая способность аппарата по горизонтали.

Все более широкое применение находит экспонирование с помощью светодиодных линеек. Линейки представляют собой матрицу, включающую более 5 000 отдельных лазерных светодиодов (по одному для каждой точечной позиции) на полосе экспонирования цилиндрического фоторецептора (рис. 9.3, б). Частота расположения светодиодов в линейке определяет разрешающую способность аппарата. По мере вращения фоторецептора светодиоды включаются и выключаются в соответствии с программой.

В электрографических копировальных аппаратах используются полупроводниковые GaAlAs-лазеры с длиной волны излучения 780 нм и выходной мощностью 5... 15 мВт. К излучению этой длины волны чувствительны практически все используемые для современных фоторецепторов фотопроводники: органические фотопроводники, аморфный кремний, многокомпонентные халькогениды.

К основным достоинствам копирования с помощью электрографического аппарата относятся:

- высокая производительность и высокое качество копирования;
- возможность масштабирования документа при копировании;
- возможность получения копий с листовых и сброшюрованных документов, а также с различных штриховых, полутоновых, одно- и многоцветных оригиналов;
- получение копий на обычной бумаге, кальке, пластиковой пленке, алюминиевой фольге и других;
- сравнительно невысокая стоимость аппаратов и расходных материалов, простота обслуживания.

Электрографические копировальные аппараты, представленные на рынке в конце 2008 г. в зависимости от трех основных характеристик: скорости копирования, формата оригинала и копии, рекомендуемого объема копирования в месяц подразделены на шесть категорий.

*Портативные копировальные аппараты* просты и удобны в эксплуатации дома, в командировке или офисе. Они малогабаритны, готовы к работе сразу после включения, относительно недорого стоят, но они очень дороги в эксплуатации. Настольные копиры с подвижной поверхностью рабочего стола, ручной подачей бумаги и производительностью 5... 6 копий в минуту пригодны к использованию лишь в домашних условиях или в очень небольших организациях и подразделениях. Рекомендуемый объем копирования таких аппаратов — 500 копий в месяц, формат оригинала и копии А4. К про-

изводителям таких моделей относятся компании Canon, Sharp, Mita, Xerox.

*Копировальные аппараты малой производительности* — офисные машины производительностью 10 ... 20 копий формата А4 в минуту, пригодные для обслуживания компаний или подразделений с объемом копирования от 1 до 5 тыс. копий в месяц. Это компактные, простые в эксплуатации и неприхотливые машины, легко уместящиеся на любом столе. Подача бумаги осуществляется как вручную, так и из лотка, который может настраиваться на различные форматы. Функция масштабирования присутствует не всегда. Некоторые модели позволяют печатать документы формата А3, остальные — А4 и меньше. В некоторых моделях имеется возможность двухсторонней печати, копирования со сдвоенного оригинала, использования разноцветных тонеров. Производители моделей этой группы: Canon, Xerox, Konica, Minolta, Toshiba, Panasonic, Sharp, MB, Utax, Mita.

*Копировальные аппараты средней производительности* представлены наиболее наибольшим числом моделей, отличающихся друг от друга скоростью копирования, наличием дополнительных функций и устройств. Производительность таких копиров составляет от 20 до 40 страниц в минуту, они способны изготавливать до 20 тыс. копий в месяц.

В стандартную конфигурацию большинства аппаратов этого класса входят устройство для автоматического двухстороннего копирования, многофункциональный активный жидкокристаллический дисплей управления и аудитор для учета объема и стоимости выполненных работ. В комплект поставки стандартно или дополнительно входят сортировочные устройства различных емкостей и типов, автоматические и полуавтоматические степлеры, автоподатчики для оригиналов и бумаги нестандартных размеров, устройства авторизации доступа, лотки для бумаги повышенной емкости и прочие аксессуары. Для этих аппаратов характерен большой набор дополнительных функций, существенно расширяющих возможности копира и облегчающих работу с ним. Аппараты этого типа, особенно расширенной комплектации, могут иметь внушительные размеры и массу до 200 кг.

Наиболее распространенные модели этой группы представлены компаниями: Xerox, Canon, Ricoh, Develop, MB, Panasonic, Sharp, Konica, Mita, Utax, Minolta.

*Копировальные аппараты высокой производительности* обладают производительностью до 90 страниц в минуту или 200 тыс. копий в месяц. Производителями моделей этой группы являются ком-

пании Xerox, Canon, Ricoh, Konica, Minolta, Panasonic, Toshiba, Sharp, Mita, Utag, MB.

*Цифровые черно-белые копии* — это комбинация ксерокопировального аппарата, сканера, мощного лазерного принтера, а иногда еще и факса. Цифровая обработка изображения и высокое разрешение позволяют обеспечить высокое качество печати. Наличие мощного процессора дает возможность корректировать качество, исправляя контуры, убирая тени и т. д. Диапазон масштабирования составляет от 25 до 400 %. Скорость печати может быть разной — от 20 до 120 страниц в минуту. Набор дополнительных устройств примерно такой же, как у самых лучших аналоговых копиров, но кроме этого, к этим машинам могут прилагаться дополнительные устройства памяти, панели для редактирования изображения, проекционные устройства и т. д. Такие аппараты производят компании Xerox, Ricoh, Canon, Konica, Minolta.

*Полноцветные цифровые копии* позволяют тиражировать высококачественные цветные изображения как с бумажного оригинала, так и с компьютера. Полноцветный цифровой копировальный аппарат обеспечивает изображение, не уступающее продукции хорошей типографии. Производительность от 3 до 40 страниц в минуту. Модели этой группы производят Canon, Ricoh, Minolta, MB.

## 9.1.2. Термографическое копирование

*Термокопирование* — самый оперативный способ копирования (десятки метров в минуту), позволяющий получить копию на специальной, достаточно дорогостоящей термореактивной бумаге или на обычной, но через термокопировальную бумагу.

Термографическое копирование заключается в следующем: на документ-оригинал накладывается полупрозрачная термореактивная бумага чувствительным слоем к оригиналу. Затем через эту бумагу документ освещается интенсивным потоком тепловых лучей. Темные участки оригинала поглощают лучи и нагреваются, а светлые участки отражают тепловые лучи и поэтому нагреваются существенно меньше. Таким образом, тепловой рельеф несет информацию об оригинале. Тепловой поток от документа-оригинала передается прижатой к нему термореактивной бумаге, которая темнеет тем больше, чем больше нагрет участок оригинала.

Недостатки технологии термокопирования, связанные с невысоким качеством и малым сроком хранения копий, а также высокой стоимостью термореактивной бумаги, не способствуют ее широкому распространению.

### 9.1.3. Диазографическое копирование

*Диазографическое копирование (светокопирование)* — диазография, синькография. Применяется преимущественно для копирования большеформатных чертежей и технической документации на крупных предприятиях. Оригинал выполняется на светопрозрачной бумаге, кальке.

Процесс копирования состоит в экспонировании контактным способом, т. е. в освещении прозрачного оригинала, наложенного на светочувствительную диазобумагу, на которой темнеют участки, соответствующие изображению на оригинале. Изображение проявляется полусухим способом в вытяжных шкафах в парах растворителя (аммиака) или мокрым способом в щелочном растворе.

В настоящее время метод диазографического копирования используется достаточно редко, поскольку качество получаемых копий, так называемых «синек», невысокое, а процедура получения копий трудоемка, малопроизводительна и экологически опасна для человека и окружающей среды вследствие использования химических веществ для проявления.

### 9.1.4. Фотографическое копирование

*Фотографическое копирование (фотокопирование)* — наиболее давний способ копирования, обеспечивающий самое высокое качество, но требующий дорогих расходных материалов (в частности, фотобумаги, содержащей соли серебра) и длительного процесса получения копии (экспозиция, проявление, закрепление, промывка, сушка).

В зависимости от требований к размерам и качеству изображения фотографическое копирование может быть контактным и проекционным. Проекционное фотокопирование обеспечивает более высокое качество копии и кроме того позволяет в широких пределах изменять масштаб изображения. Для фотокопирования используются различные репродукционные аппараты и фотоувеличительные установки.

Фотографическое копирование используется в тех случаях, когда другие способы не могут обеспечить требуемое качество.

### 9.1.5. Электронографическое копирование

*Электронографическое копирование (электроискровое копирование)* основано на оптическом считывании документов и электроискровой регистрации информации на специальный носитель копии.

При электроискровом копировании фотодиоды преобразуют построчно проецируемое на них изображение документа в электрические сигналы, которые усиливаются и подаются на линейку пишущих игл. Между иглами и основанием аппарата (барабаном) проскакивают высоковольтные электрические разряды (искры), перфорирующие тончайшие отверстия в носителе копии в участках, которые соответствуют темным участкам оригинала.

Копии выполняются в основном на специальной пленке и термоактивной бумаге. Копии на пленке служат основой для последующего тиражирования документов средствами трафаретной печати. Электроннографическое копирование наиболее широко и эффективно используется при подготовке высококачественных трафаретных печатных форм.

### **9.1.6. Трафаретная и электронотрафаретная печать**

Для получения большого числа одинаковых копий используются копируемые устройства трафаретной печати. В недалеком прошлом трафаретная печать осуществлялась ротаторами — устройствами, для которых предварительно готовился трафарет. Для этого на специальной бумаге из прочных волокон, покрытых тонким слоем воска, — «восковке» — печатался на пишущей машинке текст. В местах удара символов машинки воск отскакивал, оставляя сетку волокон. Затем подготовленная «восковка»-трафарет вставлялась в ротатор, образуя кольцо. Внутри кольца находился валик, смачиваемый типографской краской, которая через участки «восковки» с поврежденным восковым слоем с помощью дополнительного валика переносилась на бумагу. Участки бумаги, соответствующие местам на «восковке», по которым ударяли символы пишущей машинки, окрашивались. На каждом обороте кольца «восковки» из ротатора появлялся лист копии. Расходные материалы и сам ротатор были доступны и недороги.

К достоинствам трафаретной печати ротаторами следует отнести хорошее качество печати; возможность получения 400...1 500 оттисков с одного трафарета; относительную простоту изготовления трафаретов. Однако при трафаретной печати невозможно выполнять редактирование и необходимо использование нескольких трафаретов при многоцветной печати.

Перспективный путь развития трафаретной печати, использующий последние достижения цифровой электроники и существен-

но улучшающий все характеристики трафаретной печати, связан с электронотрафаретной печатью. Поскольку в России электронотрафаретная печать в самом начале производилась в основном с помощью копировальных аппаратов производства фирмы Riso, часто этот способ размножения документов называют *ризографией*.

*Ризографы (дупликаторы)* — тип копировально-множительной техники для офиса, совмещающий традиционную трафаретную печать с современными цифровыми методами изготовления и обработки электронных документов. Ризограф, подключенный к компьютеру через параллельный порт, может быть использован для оперативного создания, редактирования и размножения любых видов документов и полиграфических изданий.

Ризограф был изобретен и создан в 1980 г. в Японии, а уже к началу 1995 г. более 70 % японских школ были оснащены ризографами. В России первые ризографы появились в 1992 г. Компания Duplo появилась на рынке сравнительно недавно. В своих дупликаторах Duplo использует оригинальную систему подачи бумаги, что считается одним из главных достоинств аппаратов Duplo. В целом же по характеристикам аппараты конкурирующих фирм очень похожи, и различия можно выявить только в процессе эксплуатации.

Процесс копирования на ризографе отличается высокой оперативностью и состоит из двух этапов: подготовки рабочей матрицы в течение 15... 20 с и печати по матрице с высокой производительностью, обеспечивающей получение нескольких тысяч высококачественных оттисков за 10... 20 мин.

Схема цифрового ризографа дана на рис. 9.4. При подготовке матрицы оригинал документа помещают на встроенный сканер 1, который считывает информацию, кодирует ее и создает соответствующий цифровой файл. После обработки специальной многослойной рулонной мастер-пленки 2 термоголовкой 3, управляемой этим цифровым файлом, создается рабочая матрица, содержащая копируемое изображение или текст в виде микроотверстий во внешнем слое пленки. Затем рабочая матрица автоматически размещается на поверхности красящего цилиндра 4, внутри которого находится туба 9 со специальным красителем. Краситель пропитывает внутренний слой пленки, и обработанная таким образом рабочая матрица используется как трафарет для тиражирования документа.

В процессе печати краситель, поступающий из тубы 9 во внутренний слой пленки, под действием центробежной силы при вращении формного цилиндра переносится через микроотверстия на лист обычной бумаги, поступающей из подающего лотка 5 и при-

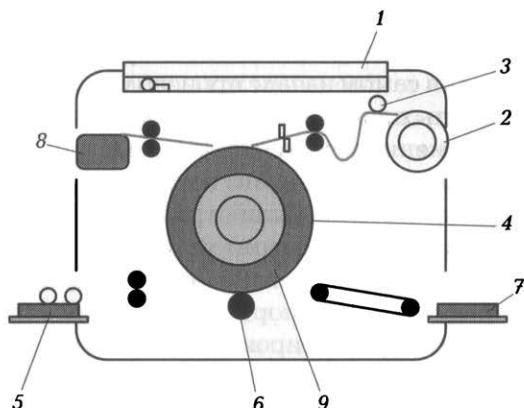


Рис. 9.4. Схема цифрового ризографа:

1 — сканер; 2 — многослойная рулонная мастер-пленка; 3 — термоголовка; 4 — красящий цилиндр; 5 — подающий лоток; 6 — прижимной валик; 7 — приемный лоток; 8 — приемник отработанных рабочих матриц; 9 — труба с краской

жимаемой валиком 6. Лист бумаги с отпечатком поступает в приемный лоток 7. С одной рабочей матрицы можно получить более 4 000 оттисков без снижения качества.

В современных ризографах выполняются в автоматическом режиме не только все основные этапы, но даже отмотывание с рулона отрезка мастер-пленки нужного размера, его отрезание, снятие с красящего барабана отработанной матрицы и ее удаление в приемник отработанных рабочих матриц.

К достоинствам ризографа следует отнести:

- использование для копирования бумаги любого типа и качества;
- высокую производительность;
- высокое разрешение; возможность многоцветной печати;
- совместную работу с ПК и, в частности, использование ПК для создания и редактирования документов;
- автоматизацию всех процессов.

Особо следует отметить высокую экономичность тиражирования на ризографе документов: если стоимость получения 10 копий, например, на ризографе и ксероксе почти одинакова, то изготовление 500 оттисков на ризографе в 6—8 раз дешевле.

Конструктивно ризографы выполняются в двух конфигурациях: роликовые и планшетные.

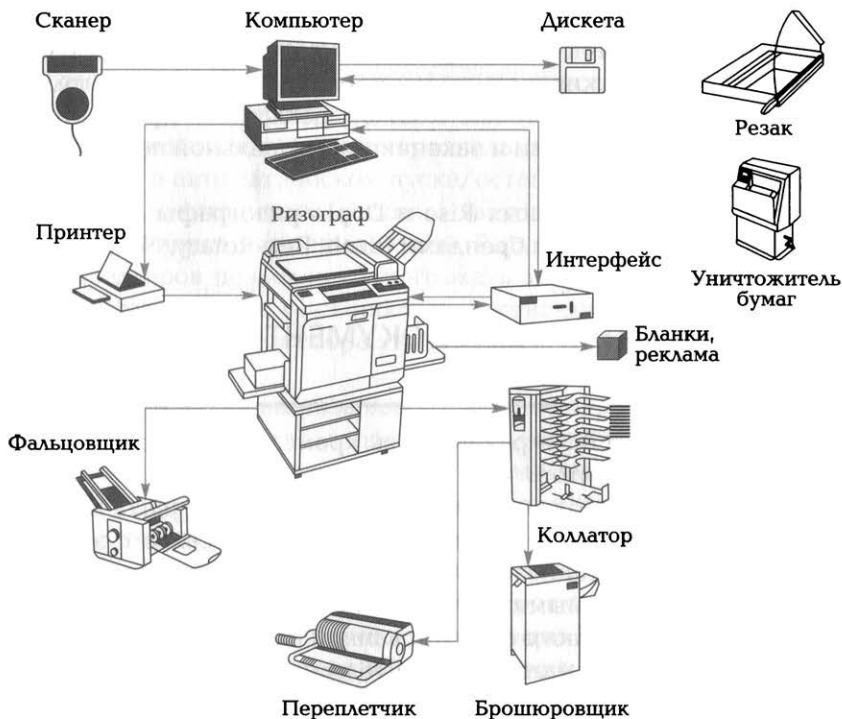


Рис. 9.5. Структура ризографического комплекса

Роликовые, или протяжные, ризографы предназначены для работы только с отдельными листами, протягиванием их при считывании мимо фотоприемного устройства сканера, причем подача листов осуществляется в автоматическом режиме.

Планшетные ризографы позволяют копировать как листовые, так и сброшюрованные материалы.

Для более эффективного использования ризографы объединяют в единый комплекс технических средств информатизации, например, как показано на рис. 9.5.

При формировании комплекса ризограф подключают к компьютеру, что позволяет превратить ризограф в высококачественный сканер и дает возможность передать на компьютер изображение, отредактировать его, выбирая масштаб, и распечатать на ризографе. Ризограф экологически безопасен, не требует специально подготовленных помещений и персонала, к работе готов сразу после подключения к сети.

Благодаря высокому качеству и удобной технологии ризографический комплекс технических средств информатизации позволяет формировать и тиражировать информацию на твердых носителях, начиная от визитных карточек, бланков, рекламных проспектов и технической документации и заканчивая журнальной периодикой, брошюрами и книгами.

Помимо марок известных Riso и Duplo ризографы на российском рынке представлены брендами Ricoh, Rex-Rotary, Nashuatec.

## 9.2. УНИЧТОЖИТЕЛИ ДОКУМЕНТОВ — ШРЕДДЕРЫ

---

*Шредгеры* (to shredd — размельчать, кромсать) — устройства для уничтожения документов.

Информация, содержащаяся в документах на твердых носителях, часто носит конфиденциальный характер. В связи с этим во многих солидных организациях действуют инструкции о порядке обращения со служебными материалами и защите информации в электронном виде, а также фиксированной на бумаге и иных носителях (микрофильмах, магнитной ленте и дискетах и т. д.). При этом в организациях с большим документооборотом остро стоит проблема утилизации отходов делопроизводства в виде документов на твердых носителях.

Существует три основных способа уничтожения документов: химический, термический и механический. Первые два связаны с определенными неудобствами и дополнительными финансовыми затратами на содержание отдельных помещений, оснащенных специальными системами фильтрации и вентиляции воздуха, противопожарной безопасности, специально подготовленного персонала, спецодежды. В связи с этим наибольшее распространение получил именно механический принцип «разрезания документов на части», реализуемый в шреддерах.

Все шреддеры электромеханического типа содержат следующие основные узлы: механический привод, режущий механизм, контейнеры для уничтожаемых документов и отходов в виде бумажных полос или брикетов.

Режущие механизмы электромеханических шреддеров представляют собой монолитные вращающиеся ножи, приводящиеся в движение двигателем через редуктор.

По назначению и конструктивному исполнению шреддеры подразделяются на персональные, офисные и промышленные.

*Персональные шреддеры* конструктивно выполняются с малообъемной корзиной или без корзины для уничтожаемой бумаги. В последнем случае можно использовать этот аппарат с любой корзиной или контейнером, куда может поступать уничтожаемый материал. Сервисные функции персональных шреддеров обычно заключаются в автоматическом пуске/останове на основе механического или электронного датчика, световой индикации режимов работы и реверсе вращения ножей. Различные модели персональных шреддеров позволяют уничтожать документы второй...пятой степени секретности со скоростью, достигающей 90 мм/с, и снабжаются корзиной для сбора уничтожаемого материала емкостью 16...29 л.

*Офисные шреддеры* позволяют уничтожать документы со скрепками, могут быть использованы для уничтожения пластиковых карт, CD-дисков и дискет за счет использования режущего механизма первой категории. Закрытый корпус этих шреддеров имеет дверцу, открывающую доступ к контейнеру для уничтоженных документов. Корпус передвигается на колесах. К дополнительным сервисным функциям офисных шреддеров относится автоматическая блокировка пуска при незакрытой двери. При работе с документами второй—пятой степеней секретности многочисленные модели офисных шреддеров имеют производительность 120...217 мм/с и емкость корзины 215 л.

*Шреддеры промышленного применения* предназначены для централизованного уничтожения документов в больших организациях, обладают высокой мощностью и производительностью, оснащаются внутренним ленточным транспортером. В процессе работы гарантируется безопасное выполнение всех операций за счет специально сконструированных органов управления и датчиков. Уничтожители данной серии имеют сенсорную панель управления, автоматическое отключение при переполненном или выдвинутом контейнере и застревании бумаги, световую индикацию режимов работы. Высокое качество режущего механизма позволяет уничтожать документы вместе с папками, а отдельные модели и со скоросшивателями типа «корона» со стальными дугами-креплениями без затупления ножей. Производительность некоторых моделей шреддеров промышленного применения 354 мм/с, а емкость корзины — 340 л.

На российском рынке представлено большое разнообразие шреддеров производства Германии, Индии, Японии, Китая. Наиболее популярны шреддеры фирм HSM (Германия) и Rexel (Англия) на российском рынке представлены брендами Rexel, Filux, Fellowes, PRO.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Перечислите основные этапы электрографического копирования и раскройте их содержание.
2. Какие основные узлы в составе электрографического аппарата?
3. Какую функцию выполняют коротроны в электрографическом аппарате?
4. За счет каких процессов производится закрепление тонера на бумаге при электрографическом копировании?
5. Чем отличается цифровой электрографический аппарат от аналогового?
6. Какие факторы необходимо принимать во внимание при выборе модели электрографического копировального аппарата?
7. Какие физические явления лежат в основе термографического, диазографического, фотографического и электроискрового копирования?
8. Раскройте последовательность получения копий с помощью ризографа.
9. Перечислите основные конструктивные узлы ризографа.
10. Какими конструктивными особенностями обладают персональные, офисные и промышленные шреддеры?

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

## 10.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

---

В настоящее время работа с информацией занимает одно из ведущих мест во всех сферах человеческой деятельности.

Овладение техническими средствами информатизации, необходимыми для решения профессиональных задач, умение их обслуживать в процессе эксплуатации входит в круг профессиональных обязанностей людей различных профессий, в том числе менеджеров, инженеров, редакторов, дизайнеров, работающих с настольными издательскими системами (НИС).

Задачи менеджера связаны с управлением, маркетинговой деятельностью, организацией подготовки и ведения производства, сбыта и распространения продукции и различных услуг. Инженер решает задачи проектирования различных объектов, процессов, создания технологий их реализации. Функции современного дизайнера крайне разнообразны: от создания дизайн-проектов жилища до создания Web-сайтов, что требует использования текстовой, графической, аудио- и видеоинформации. В процессе работы с НИС функции редактора состоят в преобразовании информации, введенной в текстовом или графическом виде, и получении ее твердой копии.

При решении самых разнообразных профессиональных задач алгоритм действия всех пользователей технических средств информатизации один и тот же: сбор, обмен, подготовка и ввод, накопление и хранение, обработка и вывод информации. В табл. 10.1 показаны типичные средства информатизации, используемые для выполнения профессиональных функций менеджерами, инженерами, дизайнерами на соответствующих этапах работы с информацией.

Таблица 10.1. Технические средства информатизации, используемые в ряде областей профессиональной деятельности

		Технические средства, связанные с профессиональной деятельностью			
Этапы работы с информацией	менеджера	инженера-проектировщика	редактора НИС	дизайнера	
Сбор, обмен	Мобильный телефон, смартфон, персональный терминал спутниковой связи, факс-модем, выделенная линия Интернета, локальная компьютерная сеть, TV-тюнер	Мобильный телефон, смартфон, факс-модем, выделенная линия Интернета, локальная компьютерная сеть	Мобильный телефон, смартфон, факс-модем, выделенная линия Интернета, локальная компьютерная сеть	Мобильный телефон, смартфон, факс-модем, выделенная линия Интернета, локальная компьютерная сеть, TV-тюнер	
Подготовка и ввод	Клавиатура, мышь, сканер	Клавиатура, мышь, сканер, 3D-сканер, 3D-монитор, дигитайзер, световое перо	Клавиатура, мышь, сканер, дигитайзер, световое перо	Клавиатура, мышь, сканер, цифровая камера, 3D-сканер, 3D-монитор, электронный планшет, видеомагнитофон, DVD-плеер	
Накопление и хранение	Накопители на гибких и жестких магнитных дисках, CD-ROM, магнитных дисках, CD-ROM,	Накопители на гибких и жестких магнитных дисках, CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD, HD-DVD	Накопители на гибких и жестких магнитных дисках, CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD,	Накопители на гибких и жестких магнитных дисках, CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD, DVD, HD-DVD	

	CD-R, CD-RW, MO, DVD, HD-DVD и Blu-Ray, Flash-память	и Blu-Ray, Flash-память, сменные жесткие диски, накопители на магнитной ленте, ленточные библиотеки	и Blu-Ray, Flash-память, магнитооптические, сменные жесткие диски, накопители на магнитной ленте, ленточные библиотеки	и Blu-Ray, Flash-память, магнитооптические, сменные жесткие диски, накопители на магнитной ленте, ленточные библиотеки
Обработка	ПК	ПК	ПК	ПК с мощными системами обработки видео- и аудиоинформации, видеобластер, 2D- и 3D-акселераторы
Выдача	Монитор, принтер, проектор, копир	Монитор, принтер, проектор, плоттер, 3D-монитор, 3D-принтер, копир	Монитор, принтер, проектор, плоттер, копир, ризограф	Монитор, принтер, 3D-монитор, 3D-принтер, плоттер, копировальный аппарат, акустическая система, проектор

Формирование любого рабочего места, в том числе и на базе комплекса технических средств информатизации, следует производить в соответствии с требованиями эргономики. *Эргономика* — наука, изучающая процессы взаимодействия человека и машины с целью создания оптимальных и безопасных условий высокопроизводительного труда.

Комплекс технических средств информатизации располагается на рабочем столе. Конструкция стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого комплекса технических средств с учетом их числа и конструктивных особенностей (размер ПК, клавиатуры, принтера), а также характера выполняемой работы.

На рабочем месте помимо технических средств должна располагаться документация, могут вестись записи, поэтому, чтобы не утомлять глаза, предметы постоянного пользования и экран монитора должны находиться примерно на одинаковом расстоянии от глаз.

Рабочие поверхности должны иметь следующие минимальные размеры: ширина столешницы — 500 мм; свободная площадка для размещения заметок — 100×200 мм; плоскость для обеспечения выполнения чертежно-графических работ — 450×650 мм.

Форму рабочей поверхности следует выбирать с учетом характера выполняемой работы. Она может быть прямоугольной, иметь вырез для корпуса работающего оператора, углубления или другие поверхности для средств информатизации.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680...800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола в соответствии с антропометрическими характеристиками отечественного пользователя должна составлять 725 мм. При этом экран монитора следует располагать ниже уровня глаз на 28 см.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм. При работе с текстовыми документами рабочее место должно быть оснащено легко перемещаемым пюпитром для их размещения. При организации рабочих мест для работы в положении стоя, например на технологическом оборудовании, в состав которого входят ПК, станки с программным управлением, роботизированные и технологические комплексы, гибкое автоматизированное производство, диспетчерские пульта управления, следует предусматривать:

- пространство по глубине не менее 850 мм с учетом выступающих частей оборудования для нахождения человека-оператора;
- пространство для стоп глубиной и высотой не менее 150 мм и шириной не менее 530 мм;
- расположение устройств ввода-вывода информации, обеспечивающее оптимальную видимость экрана;
- легкую досягаемость органов ручного управления в зоне моторного поля: по высоте 900...1 300 мм, по глубине 400... 500 мм;
- расположение экрана ПК в месте рабочей зоны, обеспечивающее удобство зрительного наблюдения в вертикальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$  от нормальной линии зрения оператора, а также удобство использования ПК (ввод-вывод информации при корректировке основных параметров технологического процесса, отладка программ и др.) одновременно с выполнением основных производственных операций (наблюдение за зоной обработки на станке с программным управлением, при обслуживании роботизированного технологического комплекса и др.).

Помещения, где устанавливаются игровые комплексы на базе ПК для детей дошкольного возраста, должны оборудоваться одноместными столами.

Конструкция одноместного стола с игровыми комплексами должна состоять из двух частей или столов, соединенных вместе: на одной поверхности стола располагается видеомонитор, на другой — клавиатура.

Визуальные эргономические параметры ПК являются параметрами безопасности, и их неправильный выбор приводит к ухудшению здоровья пользователей. Одним из основных параметров является частота вертикальной, или кадровой, развертки (частота обновления), которая должна быть не менее 85 Гц, желательно в режиме максимального разрешения. Особенно это важно при работе с графическими пакетами.

Размер экрана монитора необходимо выбирать с учетом эргономических требований. Если еще недавно стандартными считались мониторы с диагональю экрана 14 дюймов, то теперь уже широко используются 17- и 19-дюймовые мониторы.

Размещение принтеров в комплексе технических средств информатизации должно отвечать требованиям эргономики и без-

опасности. Для обеспечения этих требований необходимо устанавливать принтер на плоскую горизонтальную поверхность на высоте 700 мм от пола так, чтобы вокруг него было свободное пространство для удобной работы и технического обслуживания. При этом вилка сетевого кабеля должна легко выниматься из розетки. Во избежание сокращения срока службы принтера его нельзя устанавливать вблизи окон и дверей, кондиционеров, в местах с повышенной вибрацией, высоким уровнем сетевых, электромагнитных и радиочастотных помех, а также на системный блок ПК.

## 10.2. ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

---

Для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы комплекса технических средств информатизации необходимо своевременное обслуживание пользователем всех его составляющих. Приведенные далее советы позволят правильно выполнять обслуживание различных технических средств информатизации.

*Внимание! Обслуживание всех технических средств должно производиться при отключенном питании!*

Системный блок ПК имеет вентилятор, обеспечивающий охлаждение. Вместе с воздухом в корпус поступают частицы пыли, которые после осаждения на отдельные комплектующие приводят к отказам в работе всего комплекса. Например, попадание пыли на головки чтения-записи в накопителях может вывести их из строя. Пыль удаляют после того, как отключено питание и вскрыт корпус. С материнской платы пыль удаляют мягкой кисточкой, а с блока питания — пылесосом. Внешнюю поверхность системного блока чистят мягким сукном и бытовым или специальным очистителем. Приводы жестких дисков, как правило, не нуждаются в обслуживании в течение гарантийного срока эксплуатации.

Привод CD или DVD может выйти из строя, если на его оптическую часть попала пыль. Привод лучше очищать потоком воздуха или специальным аэрозольным очистителем для удаления пыли. Ни в коем случае нельзя сдувать пыль с оптической системы, поскольку выдыхаемый влажный воздух может повредить специальное покрытие оптической системы.

Клавиатура ПК подвержена отказам вследствие проникновения в нее пыли. Грубую очистку клавиатуры можно произвести пылесосом, а для тщательной следует использовать влажную салфетку,

тряпочку, смоченную специальной жидкостью, либо аэрозоль. Если после очистки монитор не реагирует на нажатие клавишей или они западают, следует вскрыть клавиатуру, вывернув винты с обратной стороны корпуса.

На плате при тщательном осмотре можно найти причину отказа в виде канцелярских скрепок или других посторонних предметов, которые часто являются причиной короткого замыкания. Если механических повреждений посторонними предметами не обнаружено, возможно, причиной нарушения работоспособности является плохой контакт. В этом случае рекомендуется очистить плату сухой тряпочкой, а потом опрыскать специальным аэрозолем. Если клавиатура была залита какой-либо жидкостью, корпус и плату следует вымыть теплой водой без мыла, просушить в умеренно теплом месте в течение двух суток и снова собрать. Вероятность того, что клавиатура будет вновь функционировать, около 50 %.

*Мышь* загрязняется потому, что при функционировании плотно соприкасается с поверхностью коврика, всасывая в себя пыль. Загрязнение мыши можно диагностировать по дерганью указателя мыши на экране или отсутствию его перемещения в горизонтальном или вертикальном направлениях. Для очистки мыши ее следует разобрать, повернув по стрелке держатель, находящийся на обратной стороне. Выпавший шар, а также ролики, находящиеся внутри корпуса мыши, необходимо очистить от грязи, используя сначала кончик пинцета, а потом палочку, смоченную спиртом. Полезно производить очистку оптико-механической мыши регулярно. Оптические мыши обслуживаются путем очистки коврика и линзы на нижней стороне мыши.

*Монитор* также подвержен отказам в работе вследствие загрязнения. Корпус монитора следует очистить пылесосом, тряпочкой, смоченной в специальной жидкости, внимательно проследив, чтобы влага не попала внутрь. Неспециалисту производить очистку монитора внутри не рекомендуется.

*Сканер* снижает свою работоспособность при запылении стеклянной поверхности, на которую укладывают оригинал при сканировании. Ее необходимо очищать теми же средствами, что и экран монитора.

*Струйный принтер* нуждается в тщательном обслуживании, особенно его печатающая головка. Однако во многих моделях струйных принтеров предусмотрена встроенная функция очистки. Чтобы избежать высыхания чернил и закупорки капилляров, рекомендуется удалять резервуар для чернил или всю головку, если резервуар встроен в нее. Наружную поверхность струйного принтера

следует чистить мягкой щеткой, смоченной специальным моющим средством, а загрязненные чернилами внутренние поверхности — увлажненной салфеткой.

*Лазерный принтер* обслуживать достаточно просто. Необходимо периодически менять фильтр, служащий для защиты от циркулирующего воздуха, чтобы он не забивался, способствуя перегреву принтера.

Внутреннюю полость лазерного принтера не рекомендуется очищать от пыли пылесосом, чтобы не повредить миниатюрные и хрупкие детали. Достаточно использовать палочку с ватой или специальные чистящие приспособления, прилагаемые к отдельным моделям принтеров.

Если при смене кассеты с тономером часть тонера попала внутрь принтера, необходимо произвести очистку либо влажной тряпкой, либо палочкой с ватой.

Для увеличения срока службы кассеты с тономером следует произвести перераспределение тонера, если качество печати заметно снизилось. Для этого надо вынуть кассету с тономером и встряхнуть ее несколько раз, равномерно распределив в ней тонер.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. В чем отличие комплекса технических средств информатизации, используемых менеджером, инженером-проектировщиком, редактором и дизайнером?
2. Какие эргономические требования предъявляются к столу для размещения комплекса технических средств информатизации?
3. Как следует устанавливать монитор и принтер?
4. Как производится обслуживание накопителей информации в процессе их эксплуатации?
5. В чем особенности обслуживания струйных, игольчатых и матричных принтеров?
6. Каким образом производится очистка мыши?
7. Какие меры предосторожности необходимо принимать, чтобы продлить срок службы клавиатуры?
8. Каким способом можно увеличить срок службы кассеты с тономером в лазерном принтере?

(Наиболее распространенные англоязычные термины и сокращения, встречающиеся в российской компьютерной лексике)

2D — двухмерная графика.

3D — трехмерная (объемная) графика.

AGP (Advanced Graphic Port) — стандарт системной шины и слота (для видеокарты на материнских платах нового поколения).

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) — американский стандартный код для обмена информацией, кодовая таблица из 256 символов — цифр, букв, знаков препинания и символов псевдографики.

BIOS (Basic Input/Output System) — базовая система ввода-вывода для загрузки в оперативную память операционной системы, постоянное запоминающее устройство, содержащее данные об аппаратных особенностях персонального компьютера.

Bit — бит, наименьшая единица компьютерной информации. Логическое «да» или «нет».

Boot — обозначение участка жесткого диска, содержащего необходимую для загрузки (системную) информацию.

Bus (шина) — средство коммуникации, по которому осуществляется передача данных между отдельными платами компьютера и центральным процессором.

Byte — обозначает единицу информации байт, состоящий из 8 бит. Байтом (8 бит) можно обозначить любой печатный знак, букву или цифру. Поэтому объем программ измеряют в байтах, килобайтах (1 024 байта), мегабайтах (1 024 кбайт), гигабайтах (1 024 Мбайт).

Cache, или cache-memory, — кэш-память, буферное скоростное запоминающее устройство, уменьшающее число обращений к внешней шине процессора и увеличивающее производительность компьютера.

Cartridge — картридж: 1) кассета со сменным жестким диском; 2) кассета стримера с магнитной лентой; 3) картридж со сменными шрифтами принтера; 4) чернильница струйного принтера; 5) емкость с тонером лазерного принтера.

CD-R (Compact Disk Recordable) — стандарт компакт-дисков и дисковод, позволяющий осуществлять не только чтение, но и запись данных на CD.

CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory) — компакт-диск только для чтения, обозначается и сам лазерный диск, и дисковод для чтения дисков такого типа.

CD-RW (Compact Disk Re-Writable) — стандарт компакт-дисков и дисководов, позволяющий осуществлять не только чтение, но и многократную перезапись данных на CD.

Centronix — стандарт 25-контактного разъема параллельного порта связи.

CGA (Colour Sraphics Adapter) — первый цветной графический адаптер, созданный для компьютеров IBM PC. Разрешающая способность в цветном графическом режиме 320 × 200 точек.

Chipset — набор микросхем, лежащий в основе той или иной платы.

CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) — микросхема, содержащая сведения о параметрах устройства, например модема или материнской платы. Эти параметры чаще всего могут быть изменены.

CMP (Core Multi Processor) — многоядерные процессоры.

Codec — сокращение от «Кодер/Декодер». Программное или аппаратное устройство, отвечающее за обработку цифровых сигналов и преобразование их в аналоговые (например, звук или изображение).

Controllers — контроллеры, устройство, отвечающее за выполнение определенного круга операций, иногда — посредник между системной шиной компьютера и подключенным к контроллеру устройством.

CPU (Central Processing Unit) — центральный процессор персонального компьютера.

DIMM (Dual In-Line Memory Module) — тип модулей оперативной памяти, применяемый в современных компьютерах. В отличие от SIMM каждый модуль DIMM содержит полный банк памяти, что позволяет устанавливать их в компьютер поодиночке, а не парами.

Display — экран, иногда монитор в целом.

Disk drive — дисковод, дисковый накопитель.

DMA (Direct Memory Access) — канал прямого доступа к памяти. Используется многими устройствами, в частности жестким диском, звуковой картой, видеокартой.

DOS (Disk Operating System) — дисковая операционная система, созданная компанией Microsoft.

Dpi (dots per inch — точек на дюйм) — единица измерения разрешающей способности при печати принтерами и иными печатающими устройствами.

Drive — физический диск, а также дисковод.

Driver — драйвер, особый вид программ-посредников, помогающий операционной системе работать с тем или иным конкретным устройством.

DVD (Digital Video Disk) — универсальный компакт-диск емкостью до 4,7 Гбайт (односторонний однослойный) и до 17 Гбайт (двухсторонний двухслойный).

DRAM (Dynamic Random Access Memory) — динамическая оперативная память. Строится на микросхемах, требующих во избежание потерь регулярной регенерации, т. е. периодического обновления информации.

DSP (Digital Signal Processor) — цифровой сигнальный процессор, устанавливается на звуковых и видеоплатах расширения, берет на себя функции цифровой обработки звука или изображения, уменьшая нагрузку центрального процессора.

EGA (Enhanced Graphic Adapter) — цветной графический видеоадаптер с максимальным разрешением 640 × 480 пикселей.

EPP (Enhanced Parallel Port) — улучшенный параллельный порт, который может использоваться как одно- или двунаправленный.

EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) — программируемая микросхема памяти.

EISA (Extended Industry Standard Architecture) — архитектура расширенного промышленного стандарта шины ISA.

FAT (Files Allocation Table) — файловая система, способ упорядочения и хранения файлов и папок на жестком диске.

Fax modem — факс-модем. Внешнее или внутреннее периферийное устройство телефаксной и модемной связи.

FDD (Floppy Disk Drive) — флоппи-дисковод, дисковод гибких дисков.

Flash EPROM — энергонезависимая память, перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство, способное длительное время хранить записанную информацию.

Hardware — термин, обозначающий аппаратное обеспечение, т. е. «железо» компьютерной системы. Обычно применяется в связке с термином software.

HDD (Hard Disk Drive) — жесткий диск, винчестер, устройство для постоянного хранения информации, не исчезающей после отключения компьютера, на жестком диске с магнитным слоем.

IDE (Imbedded Drive Electronics) — название интерфейса накопителей (жестких дисков CD-ROM) и некоторых внешних устройств для ввода потока данных (например, сканеров).

Ink jet — струйный (принтер).

Interface — интерфейс, посредник, стандартизированная система сигналов и способ представления информации, предназначенный для обмена информацией между устройствами, входящими в состав компьютера, а также между компьютером и пользователем.

IRQ (Interrupt Request) — прерывание, специальный канал связи для передачи сигналов между подключенным к компьютеру устройством.

ISA (Industrial Standard Architecture) — архитектура промышленного стандарта. Наименование стандарта системной шины, которая широко применяется в персональных компьютерах разных поколений.

LAN (Local Area Network) — локальная вычислительная сеть, ЛВС.

Laptop — «наколенный» портативный компьютер.

LCD (Liquil Crystal Display) — жидкокристаллический дисплей.

Local bus — локальная шина.

LPT-port (Line Printer Port) — «параллельный порт». Разъем на задней панели корпуса компьютера, предназначенный для подключения принтера, сканера, внешнего дисковода большой емкости.

MIDI — формат синтезированного звука, предусматривающий передачу на воспроизводящее устройство (звуковую карту) не точного цифрового образа звука, а системы команд на воспроизведение звука заданной частоты и длительности заданным инструментом, а также термин MIDI употребляется в отношении специализированных устройств, предназначенных для создания MIDI-музыки — MIDI-клавиатура, MIDI-порт и т. д.

**Modem** — модем, устройство для связи между компьютерами в звуковом канале по телефонным линиям.

**Motherboard (Mainboard)** — материнская плата, основная плата персонального компьютера, к которой подключаются все остальные устройства.

**Mouse** — манипулятор «мышь», основное средство управления Windows.

**MPEG (Motion Picture Experts Group)** — группа стандартов сжатия аудио- и видеоданных, позволяющая в ряде случаев уменьшить их объем в десятки раз. Используется в VideoCD и DVD.

**Multimedia** — комплекс аппаратных средств, позволяющих компьютеру работать не только с текстовой, но и графической, звуковой и видеоинформацией.

**MS-DOS** — наименование операционной системы.

**Notebook** — портативный компьютер типа «блокнот», размеры которого не превышают лист бумаги формата A4, а масса — менее 3 кг.

**OCR (Optical Character Recognition)** — система автоматического распознавания текста, введенного в компьютер через сканер в виде графического изображения.

**Palmtop** — карманный персональный компьютер, КПК.

**Parallel port** — параллельный порт связи, имеющий в DOS условные имена LPT1 (синоним PRN) и LPT2.

**Plug & Play** — «включи и работай» — стандарт компьютерных плат, при котором настройка платы производится автоматически самим компьютером.

**PS/2** — операционная система, разрабатываемая фирмой IBM. Более сложна и совершенна, чем MS-DOS. Оснащена графическим интерфейсом пользователя, аналогичным Windows.

**PCI (Personal Component Interconnect)** — перспективная локальная шина, предложенная фирмой Intel.

**PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association)** — стандарт подключения карт расширения в портативных компьютерах типа «блокнот», предложенный международной ассоциацией, созданной такими крупными фирмами, как IBM, AT&T, Intel, NCR и Toshiba.

**RAM (Random Access Memory)** — оперативное запоминающее устройство, ОЗУ, оперативная память компьютера. Совокупность микросхем, способных накапливать и временно хранить информацию.

**Resolution (разрешение)** — параметр качества изображения. Измеряется в точках по горизонтали и вертикали; или в точках на дюйм (dpi). Например — 800 × 600 точек.

**ROM (Read Only Memory)** — только читаемая память, ПЗУ, постоянное запоминающее устройство. Одна или несколько микросхем, постоянно хранящих определенную информацию.

**SCSI (Small Computer System Interface)** — интерфейс для малых вычислительных систем. Контроллер, предназначенный для подключения периферийных устройств.

**SDRAM (Synchronous DRAM)** — стандартный тип микросхем оперативной памяти, применяемой в современных компьютерах.

**Server** — главный, управляющий компьютер в локальной сети. В Internet — постоянно подключенный в сеть компьютер.

Slot — слот, щелевой разъем на материнской плате, предназначенный для подключения дополнительных плат — видеокарты, звуковой платы, модема и т. д.

Software — термин, обозначающий программное обеспечение и все остальные части компьютерной системы, не являющиеся hardware, т. е. «железом».

SoHo (Small office/Home office) — малый офис/домашний офис — новый, быстро растущий рынок современной вычислительной техники.

SoundBlaster — саундбластер, звуковая плата для мультимедиа.

Streamer — стример, накопитель на магнитной ленте, использующий специальные кассеты (картриджи).

SVGA (SuperVGA — Super Video Graphics Array) — супервидеографическая матрица. Формат цветного видеоадаптера высокого разрешения 800 × 600 точек при 256 цветах или 1 024 × 768 точек при 16 цветах.

TFT (Thin Film Transistor) — тонкопленочный транзисторный активноматричный дисплей.

TWAIN (Technology Without Any Interesting Name) — программный интерфейс для подключения ряда внешних устройств ввода (в частности, сканеров).

UNIX — класс совместимых между собой профессиональных операционных систем, предназначенных для работы в сетевой среде, в частности, для поддержки серверов Internet.

Upgrade — модернизация компьютерной системы.

UPS (Uninterruptable Power Supply) — непрерывный (бесперебойный) источник питания.

USB — стандарт шины, а также универсальный разъем на панели компьютера, предназначенный для подключения целого ряда внешних устройств — принтеров, сканеров, мониторов, клавиатуры, мыши и т. д. Поддержка USB имеется практически во всех современных платах.

VGA (Video Graphics Array) — видеографическая матрица. Цветной видеоадаптер высокого разрешения, впервые разработанный для установки на компьютеры IBM PS/2. Разрешение 640 × 480 точек при 16 цветах или 320 × 200 точек при 256 цветах.

VESA (Video Electronics Standards Association) — Ассоциация стандартов электронных изображений, предложившая локальную шину VL-Bus.

Virtual reality — виртуальная реальность. Синтезированное компьютером «живое» изображение и звук, правдоподобно симулирующие несуществующую реальность. Одна из впечатляющих возможностей мультимедиа.

Windows — программное средство, самая популярная в настоящее время графическая среда пользователя, разработанная фирмой Microsoft.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Гребенюк Е. И.* Технические средства информатизации / Е. И. Гребенюк, Н. А. Гребенюк. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 272 с.

*Кириченко А. А.* Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / А. А. Кириченко, А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно. — М.: «ИНФРА-М», Издательский дом «Финансы и статистика», 2008. — 736 с.

*Колесниченко О. В.* Аппаратные средства РС / О. В. Колесниченко, И. В. Шишигин. — СПб.: ВНУ, 2004. — 1 152 с.

*Леонтьев В. П.* Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2009 / В. П. Леонтьев. — М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2008. — 960 с.

*Маккалоу Д.* Секреты беспроводных технологий / Д. Маккалоу; пер. с англ. А. А. Слинкина. — М.: ИТ Пресс, 2005. — 408 с.

*Максимов Н. В.* Технические средства информатизации / Н. В. Максимов, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. — 575 с.

*Партыка Т. Л.* Периферийные устройства вычислительной техники / Т. Л. Партыка, И. И. Попов. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 432 с.

*Соломенчук В. Г.* Железо ПК 2008 / В. Г. Соломенчук, П. В. Соломенчук. — СПб.: ВНУ, 2008. — 480 с.

Flash-память и другие современные носители информации. — М.: Горячая линия Телеком, 2005. — 80 с.

Интернет-адреса:

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.spline.ru/>

<http://www.ixbt.com/>

<http://www.thg.ru/>

Предисловие.....	4
<b>Глава 1. Общая характеристика и классификация технических средств информатизации .....</b>	<b>7</b>
1.1. Технические средства информатизации — аппаратный базис информационных технологий .....	7
1.2. Количество информации. Единицы измерения количества информации.....	9
1.3. Способы представления информации для ввода в ЭВМ.....	9
1.4. Классификация технических средств информатизации .....	12
<b>Глава 2. Технические характеристики современных компьютеров.....</b>	<b>16</b>
2.1. Важнейшие этапы истории вычислительной техники.....	16
2.2. Устройство и принцип действия ЭВМ.....	19
2.3. Классификация ЭВМ.....	27
2.4. Материнские платы .....	31
2.5. Структура и стандарты шин ПК .....	36
2.5.1. Основные характеристики шины .....	39
2.5.2. Стандарты шин ПК .....	39
2.5.3. Последовательный и параллельный порты .....	45
2.6. Процессоры.....	47
2.6.1. Технология производства и основные характеристики .....	48
2.6.2. Особенности процессоров различных поколений .....	51
2.6.3. Многоядерные процессоры .....	55
2.7. Оперативная память .....	64
2.7.1. Характеристики микросхем памяти .....	65
2.7.2. Распространенные типы памяти .....	66
<b>Глава 3. Накопители информации.....</b>	<b>70</b>
3.1. Основные сведения.....	70
3.2. Накопители на гибких дисках .....	72
3.3. Накопители на жестких магнитных дисках .....	75
3.3.1. Конструкция и принцип действия .....	76
3.3.2. Основные характеристики.....	79
3.3.3. Интерфейсы жестких дисков .....	81
3.4. Накопители на компакт-дисках .....	83
3.4.1. CD-ROM носители и приводы .....	83

3.4.2. Накопители с однократной записью CD-WORM/CD-R и многократной записью информации CD-RW.....	88
3.4.3. Накопители DVD .....	90
3.4.4. Стандарты оптических дисков HD DVD и Blu-Ray.....	96
3.5. Перспективные технологии оптических носителей информации ...	99
3.5.1. Голографические диски .....	99
3.5.2. Трехмерная флуоресцентная технология.....	102
3.6. Накопители на магнитооптических дисках .....	104
3.7. Накопители на магнитной ленте.....	107
3.8. Внешние устройства хранения информации .....	112
3.8.1. Технология LS-120 .....	112
3.8.2. Накопители на сменных жестких дисках.....	113
3.8.3. Flash-память .....	114
<b>Глава 4. Устройства отображения информации.....</b>	<b>119</b>
4.1. Мониторы.....	119
4.1.1. Мониторы на основе ЭЛТ.....	119
4.1.2. Мультимедийные мониторы .....	127
4.1.3. Плоскопанельные мониторы .....	128
4.1.3.1. Жидкокристаллические мониторы .....	128
4.1.3.2. Плазменные мониторы .....	135
4.1.3.3. Электролюминесцентные мониторы .....	138
4.1.3.4. Мониторы электростатической эмиссии .....	139
4.1.3.5. Органические светодиодные мониторы .....	140
4.1.4. Сенсорные мониторы.....	142
4.1.5. Выбор монитора .....	143
4.2. Проекционные аппараты.....	143
4.2.1. Оверхед-проекторы и ЖК-панели.....	144
4.2.2. Мультимедийные проекторы.....	146
4.2.3. Выбор проекционного аппарата .....	153
4.3. Устройства формирования объемных изображений.....	154
4.3.1. Шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы) .....	157
4.3.2. 3D-очки.....	160
4.3.3. 3D-мониторы.....	161
4.3.4. 3D-проекторы .....	167
4.4. Видеоадаптеры .....	167
4.4.1. Режимы работы видеоадаптера.....	170
4.4.2. 2D- и 3D-акселераторы.....	172
4.4.3. Устройство и характеристики видеоадаптера .....	173
4.5. Средства обработки видеосигнала.....	178
<b>Глава 5. Системы обработки и воспроизведения аудиоинформации .....</b>	<b>181</b>
5.1. Звуковая система ПК.....	181
5.2. Модуль записи и воспроизведения .....	183
5.3. Модуль синтезатора .....	187
5.4. Модуль интерфейсов .....	189

5.5. Модуль микшера.....	190
5.6. Цифровая звуковая система .....	191
5.7. Технология 3D-звука .....	194
5.8. Акустическая система.....	196
<b>Глава 6. Устройства подготовки и ввода информации.....</b>	<b>201</b>
6.1. Клавиатура .....	201
6.2. Оптико-механические манипуляторы.....	205
6.2.1. Мышь.....	205
6.2.2. Трэкбол.....	208
6.2.3. Джойстик.....	209
6.3. Сканеры.....	210
6.3.1. Принцип действия и классификация сканеров .....	210
6.3.2. Фотодатчики, применяемые в сканерах.....	211
6.3.3. Типы сканеров .....	214
6.3.4. Механизм цветопередачи в сканерах .....	220
6.3.5. 3D-сканеры.....	222
6.3.6. Аппаратный и программный интерфейсы сканеров .....	225
6.3.7. Характеристики сканеров .....	226
6.4. Цифровые камеры .....	227
6.5. Web-камеры .....	233
6.6. Дигитайзеры и электронные планшеты .....	237
6.7. Сенсорные устройства ввода .....	240
<b>Глава 7. Печатающие устройства .....</b>	<b>244</b>
7.1. Принтеры .....	244
7.1.1. Принтеры ударного типа .....	244
7.1.2. Струйные принтеры .....	245
7.1.3. Фотозлектронные принтеры .....	249
7.1.4. Термические принтеры.....	254
7.1.5. Рекомендации по выбору принтера.....	258
7.2. Плоттеры .....	259
7.3. Трехмерные принтеры .....	265
7.3.1. Назначение и общие принципы трехмерной печати .....	265
7.3.2. Классификация материалов трехмерной печати.....	266
7.3.3. Основные технологии и принтеры для трехмерной печати .....	267
<b>Глава 8. Технические средства телекоммуникационных систем .....</b>	<b>273</b>
8.1. Структура и основные характеристики .....	273
8.2. Локальные сети и сетевые аппаратные средства.....	280
8.3. Системы мобильной сотовой связи .....	288
8.4. Технологии беспроводной связи Bluetooth и Wi-Fi.....	294
8.5. Спутниковые системы связи .....	300
8.6. Факсимильная связь .....	305
8.7. Обмен информацией через модем .....	307

<b>Глава 9. Устройства для работы с информацией на твердых носителях.....</b>	<b>313</b>
9.1. Копировальная техника .....	313
9.1.1. Электрографическое копирование .....	314
9.1.2. Термографическое копирование .....	324
9.1.3. Диазографическое копирование .....	325
9.1.4. Фотографическое копирование .....	325
9.1.5. Электронографическое копирование .....	325
9.1.6. Трафаретная и электронотрафаретная печать.....	326
9.2. Уничтожители документов — шреддеры .....	330
<b>Глава 10. Организация рабочих мест и обслуживание технических средств информатизации .....</b>	<b>333</b>
10.1. Организация профессионально-ориентированных комплексов технических средств информатизации .....	333
10.2. Обслуживание технических средств информатизации .....	338
Глоссарий.....	341
Список литературы.....	346

*Учебное издание*  
**Гребенюк Елена Ивановна,  
Гребенюк Никита Александрович**  
**Технические средства информатизации**  
**Учебник**

Редактор *Т. П. Манухина*  
Технический редактор *О. Н. Крайнова*  
Компьютерная верстка: *В. А. Крыжко*  
Корректоры *А. П. Сизова, Т. В. Кузьмина*

Изд. № 109103950. Подписано в печать 25.06.2014. Формат 60×90/16  
Гарнитура «Балтика». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,0.  
Тираж 1 500 экз. Заказ № 6453.

ООО «Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)  
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16592 от 29.04.2014.



Отпечатано в ОАО «Можайский полиграфический комбинат».

143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.

[www.oaompk.ru](http://www.oaompk.ru), [www.oaompk.rf](http://www.oaompk.rf) тел.: (495) 745-84-28, (49638) 20-685