

В. Д. СИДОРОВ, Н. В. СТРУМПЭ

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

Федеральным государственным учреждением

«Федеральный институт развития образования»

в качестве учебника для использования

в учебном процессе образовательных учреждений,

реализующих программы начального профессионального образования

Регистрационный номер рецензии 160

от 28 апреля 2009 г. ФГУ «ФИРО»

3-е издание, стереотипное



Москва

Издательский центр «Академия»
2014

УДК 681.3(075.32)
ББК 32.973я722
С347

Рецензент —
преподаватель информатики и ИКТ Московского
банковского экономического колледжа *Е. В. Михеева*

Сидоров В.Д.

С347 Аппаратное обеспечение ЭВМ : учебник для нач. проф.
образования / В.Д. Сидоров, Н.В. Струмпэ. — 3-е изд., стер. —
М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 336 с.
ISBN 978-5-4468-2694-0

Приведены сведения об устройстве персональных электронных вычислительных машин, типового периферийного оборудования. Рассмотрены вопросы эксплуатации и модернизации ПЭВМ.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Обслуживание аппаратного обеспечения персональных компьютеров, серверов, периферийных устройств, оборудования и компьютерной оргтехники» (МДК.01.01) по профессии 230103 «Наладчик аппаратного и программного обеспечения».

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 681.3(075.32)
ББК 32.973я722

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

ISBN 978-5-4468-2694-0

© Сидоров В.Д., Струмпэ Н.В., 2011
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2011
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2011

В последние годы значительно усилилось влияние мировых информационно-коммуникационных ресурсов и технологий на социальное и экономическое развитие народов и стран. Мир вошел в стадию перехода к новому типу общества — информационному. Информационное (постиндустриальное) общество — это новая социально-технологическая организация жизни людей, заменяющая действующую индустриальную систему, которая в свое время вытеснила аграрную систему.

Проявления постиндустриального общества с каждым годом становятся все заметнее:

- множатся направления деятельности людей, связанные с обработкой данных, информацией и электронным управлением предприятиями, организациями и даже государствами;
- ключевую роль во всех сферах человеческого общения играет информация и быстрота ее использования;
- жизнь людей все больше сводится к информационному взаимодействию на расстоянии;
- распространяются новые виды дистанционных информационных услуг: гуманитарных (образование, здравоохранение, социальные службы); профессиональных (программирование, анализ и планирование производства и финансирования);
- происходит реорганизация экономики и переход к новым высокотехнологичным специальным производствам, в которых задействованы огромные объемы информации.

Экономика главным образом основывается не только на естественных ресурсах и материальном производстве, но и на полном владении информацией, применении научно-технических знаний и предоставлении информационных услуг.

Мировые тенденции свидетельствуют о том, что информация уже вошла в один ценовой ряд с традиционными сырьевыми и энергетическими ресурсами. Из года в год растет объем рынка информационных услуг и программного обеспечения.

Национальные информационные ресурсы стали значимым продуктом интеллектуальной деятельности активной части населения

и мощным инструментом достижения социальных, политических и экономических целей многих государств. Грамотное распределение этих жизненно важных ресурсов, контроль и управление ими в краткосрочном и долгосрочном плане для решения национальных и международных проблем является задачей наивысшей значимости и для России.

Информация, в том числе хранящаяся в электронных вычислительных машинах, давно стала национальным достоянием, поэтому в мире происходит непрерывная борьба за доступ к чужим знаниям — информационные войны. Явные и скрытые целенаправленные действия информационного оружия государственных структур других стран, криминальных группировок и отдельных хакеров на технические средства и многонациональное население России создают внешние и внутренние угрозы по навязыванию ложной информации, краже, уничтожению отдельных файлов, баз данных или обнародованию сугубо личных данных. Гарантированная защита информации ограниченного доступа в России обеспечивается не только государственными законами, но и специальными аппаратно-программными средствами, в том числе засекречиванием данных с различными грифами секретности.

Современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), позволяющие создавать, хранить, обрабатывать данные (открытого и ограниченного доступа) и обеспечивать эффективные способы доставки и представления информации пользователям, становятся немаловажным средством повышения эффективности всех сфер общественной деятельности и одним из существенных факторов успешного экономического и безопасного развития России.

В России дальнейшее повышение результативности экономики, государственного и муниципального управления за счет внедрения и массового распространения ИКТ, обеспечение прав граждан на свободный доступ к информации, расширение подготовки специалистов и пользователей по информационным технологиям нашло отражение в Федеральной целевой программе «Электронная Россия».

Данная национальная программа предусматривает решение следующих задач:

- формирование эффективной нормативно-правовой базы ИКТ, регулирующей вопросы обеспечения информационной безопасности страны, конфиденциальности персональных данных граждан, гарантированных Конституцией РФ;
- обеспечение эффективности защищенного электронного взаимодействия органов власти с хозяйствующими субъектами и

гражданами на основе использования современных информационных технологий;

- создание условий для повышения эффективности и масштабности использования информационных технологий в экономике;
- повышение уровня подготовки и переподготовки кадров за счет модернизации системы образования на базе ИКТ;
- развитие публичной инфраструктуры доступа для предприятий, организаций и граждан к телекоммуникационным сетям, общедоступным электронным библиотекам и базам данных, архивам научно-технической информации.

Развитие профессионального образования в области ИКТ входит в состав приоритетов программы, являясь не только ее целью, но и условием развития всех ее компонентов.

Влияние новых цифровых технологий воздействует на все направления деятельности общества и отдельных людей. Построенные по этим технологиям электронные вычислительные машины прошли длительный исторический и эволюционный путь своего развития. Они превратились в быстрые, надежные и эффективные электронные вычислительные устройства коллективной и персональной обработки информации. Персональный компьютер стал самым массовым инструментом частных лиц и сотрудников офисов, учреждений и организаций различных форм собственности.

Термины «электронная вычислительная машина», «цифровая вычислительная машина», «компьютер» стали международными и приняты в русском языке.

Для правильного выбора и эффективной эксплуатации такого сложного инструмента, как персональная ЭВМ (ПЭВМ), пользователь должен обладать необходимыми и достаточными знаниями не только по использованию программных средств, но и по архитектуре внутренних, внешних, периферийных устройств ЭВМ, их аппаратной реализации и физических процессах ее функционирования.

С микроминиатюризацией составных частей ПЭВМ, постоянно обеспечивающей увеличение производительности процессоров, объемов памяти, надежности и снижение энергопотребления аппаратных средств, непрерывно решаются важные задачи не только по модернизации вычислительных систем, но и по созданию различных видов новых поколений аппаратуры для других развивающихся областей применения: радиосвязь, телекоммуникационная техника, системы управления и т. д.

Развивая элементную базу ЭВМ, создавая алгоритмы, ориентированные на машинную обработку любых видов данных, эксперт-

ные системы, и повышая интеллектуальность компьютеров, мировое сообщество создает условия для революционного преобразования всей своей действительности.

Совершенствование аппаратных средств электронно-вычислительных машин оказывало и оказывает непосредственное воздействие на формирование новых подходов к созданию элементной базы для смежных отраслей техники и замены «жесткой» (не программируемой) логики на программные принципы построения отдельных устройств и целых комплексов.

Изучение аппаратных основ построения ЭВМ дает начальный уровень знаний, достаточный не только для осознанной работы на любом компьютере, но и для освоения информационно-коммуникационных технологий и других областей техники.

ЭВОЛЮЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

1.1. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Эволюция средств вычислительной техники способствует непрерывному расширению области применения электронных вычислительных машин.

В современном обществе работают миллионы аналоговых (непрерывного действия), цифровых (дискретного действия) и гибридных (аналогово-цифровых) электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Аналоговые электронные вычислительные машины оперируют с переменными значениями непрерывных величин: тока, напряжения, фазы, напряженности электромагнитных полей, угла поворота механизма и т.д. Они обеспечивают достаточное быстродействие, но не высокую точность вычислений и малую универсальность.

Цифровые электронные вычислительные машины предназначены для переработки информации, представленной двоичным кодом.

Гибридные электронные вычислительные машины способны обрабатывать аналоговую и дискретную информацию, имеют высокое быстродействие и повышенную точность вычислений.

Аналоговые и гибридные ЭВМ имеют ограниченное применение и используются в основном в научно-исследовательских учреждениях в составе различных стендов моделирования и при испытаниях сложных образцов техники.

Из-за своей универсальности ЭВМ получили широкое распространение во всех областях науки и техники. Создание в России сбалансированного парка ЭВМ является сложной национальной задачей, от решения которой зависит не только рост достижений в области науки и техники, накопления интеллектуальной собственности, но и экономическая независимость и безопасность государства.

Современный машинный парк России имеет настолько разнообразные тактико-технические характеристики (быстродействие — от сотен миллионов операций в секунду до десятков триллионов) и габаритные размеры (от кубических миллиметров до кубических метров), что позволяет решать широкий круг задач. ЭВМ размещаются на любых объектах наземного, морского, воздушного и космического базирования, эксплуатируются в различных климатических зонах Земли и в безвоздушном пространстве.

ЭВМ могут быть индивидуального и коллективного пользования, а также встраиваемыми в различные виды техники — от бытового применения до управления войсками и оружием.

Многообразие типов ЭВМ необходимо для решения основной задачи — поддержание, развитие и распространение информационно-коммуникационных технологий. Для обеспечения преемственности программных продуктов (операционных систем, прикладных программ, драйверов) выпускаются различные семейства ЭВМ с совместимостью старших моделей с младшими (более позднего выпуска).

Развитие информационных систем и технологий можно охарактеризовать совокупностью признаков:

- постоянным и скачкообразным увеличением сложности решаемых задач;
- существенным ростом размерности систем, сетей и количества используемых ЭВМ;
- многообразием и изменчивостью целевой направленности систем;
- максимальной приближенностью систем к реальным объектам и человеку;
- применением универсальных общесистемных продуктов, сетевых и операционных платформ;
- коллективным использованием мощных распределенных вычислительных и информационных ресурсов;
- массовым и персональным применением ЭВМ.

Современные ИКТ находят свое прикладное применение в автоматизированных системах управления, научных исследованиях, проектировании, обучении, криминалистике, а также в геоинформационных, телекоммуникационных, экспертных системах и т. д.

Постоянно увеличивается доля ЭВМ в обработке текстовой и графической информации, переводе текстов с одного языка на другой; создании презентаций с анимацией и звуком; проведении экономических расчетов, финансовых операций и др.

Многообразие вычислительных систем требует интеграции их баз данных и создания единого информационного пространства на основе коммуникационной среды, обеспечивающей транспортировку информации по компьютерным сетям. Объединяющей технологической основой такой интеграции становится электронный документооборот, который автоматизирует процессы обмена безбумажными документами.

Системы автоматизированного управления с электронным документооборотом входят во все сферы государственной, административной и частной деятельности, где применение ЭВМ распространяется от ситуационных центров президента и правительства до небольшой коммерческой фирмы.

Электронный документооборот стал основой повышения эффективности любой управленческой деятельности. Системы электронного документооборота разрабатываются и функционируют в соответствии с Федеральным законом от 10.01.2000 № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи», который обеспечивает правовые условия использования электронной цифровой подписи в электронных документах вместо собственноручной подписи в документе на бумажном носителе.

Электронная цифровая подпись защищает электронный документ от подделки и формируется в результате криптографического преобразования информации с использованием специальных подтверждающих авторство сертификатов, выдаваемых удостоверяющими центрами.

Удостоверяющие центры представляют собой защищенные вычислительные комплексы с развитой телекоммуникационной инфраструктурой и средствами засекречивания данных на ЭВМ.

В настоящее время защищенный электронный документооборот на базе персональных ЭВМ внедрен в контуры автоматизированного управления министерствами и ведомствами, предприятиями (материальные и финансовые ресурсы, технологические процессы), образованием (единый государственный экзамен) и т. д.

К ПЭВМ относятся компьютеры индивидуального применения с необходимым и достаточным составом унифицированных аппаратно-программных средств и развитым интерактивным графическим интерфейсом, обеспечивающим эффективную работу непрофессиональных пользователей. По мере совершенствования архитектуры и программного обеспечения ПЭВМ все чаще используются в профессиональной деятельности, заменяя рабочие станции коллективного пользования.

Высоконадежные ЭВМ задействованы в управлении объектами повышенной опасности: атомными станциями, космическими аппаратами (спутники, орбитальные и межпланетные станции) и т. д. Традиционно ЭВМ применяются для автоматизации научно-технических исследований во всех областях науки и техники, которые требуют проведения сложнейших вычислений с большими затратами машинного времени.

Растет роль ЭВМ в формировании и эффективном использовании национальных информационных ресурсов: электронных библиотек, систем научно-технической и правовой информации, различных архивных фондов, баз данных государственных и муниципальных органов и т. д.

Как правило, ЭВМ с классической архитектурой не всегда можно использовать для сложных вычислений из-за недостаточной производительности, ограниченной физическими возможностями элементной базы.

Поэтому при научных исследованиях используют одновременную обработку одной и той же информации на нескольких ЭВМ, или уникальные многопроцессорные вычислительные системы. К ним относятся сверхбыстродействующие модели ЭВМ (супер-ЭВМ) с производительностью в десятки триллионов операций в секунду. Как правило, это экземпляры единичного производства, которые спроектированы для решения теоретических и практических задач, требующих существенных вычислительных ресурсов для получения результатов, актуальных по времени: при прогнозировании погоды, геофизической разведке нефти, моделировании процессов атомной и молекулярной физики, в криптографии и др.

Например, один из самых мощных российских суперкомпьютеров «СКИФ Cyberia» Томского государственного университета имеет пиковую производительность 12 трлн опер./с. Такое быстродействие позволяет проводить в реальном масштабе времени экологический мониторинг атмосферы и гидросферы, разлива рек, а также проводить исследования в области нанотехнологий и т. д. По прогнозам специалистов в ближайшем десятилетии в мире будет достигнута производительность ЭВМ, равная 10^{15} опер./с.

В системах автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами широко применяются ЭВМ для трехмерного моделирования, разработки программного обеспечения, графических и текстовых конструкторских документов; синтеза структурных, функциональных, электрических схем; разводки печатных плат, управления станками и целыми производственными линиями. Для организации автоматизированных рабочих мест

пользователей указанные ранее системы широко используют персональные ЭВМ.

Рост потребности в высокоскоростном обмене информацией, распределенной между территориально-разнесенными ЭВМ, привело к бурному внедрению локальных (корпоративных), средних (региональных), глобальных (в пределах страны) и международных (Интернет) сетей коллективного пользования.

Интернет в наши дни — это целая индустрия, проникшая во все области человеческой деятельности. К Интернету присоединены миллионы частных пользователей по проводным и радиоканалам (мобильный Интернет). В связи со спецификой глобальной компьютерной сети Интернет определение точного количества ЭВМ, работающих в сети, — практически не решаемая задача (по косвенным данным различных аналитиков их значение достигает миллиарда).

Огромное количество компаний во всем мире видят в Интернете большой коммерческий потенциал и возможность перевода своего бизнеса на качественно новый уровень — электронную торговлю и электронные деньги. Большое значение Интернету уделяют органы власти различных уровней для решения задач управления и информирования населения. Интернет является постоянным объектом исследования многих организаций, изучающих динамику его развития, состав пользователей сети, рынок электронных услуг и многие другие параметры и процессы.

Основу сетей составляют специальные (выделенные) ЭВМ, которые обеспечивают распределение информации между абонентами, а в качестве оконечных терминалов используются ПЭВМ (настольные, переносные и носимые). Поэтому большинство современных стационарных и мобильных ПЭВМ имеют встроенные или периферийные средства проводного и беспроводного подключения к сетям связи для обмена данными, программами, речевой информацией и видеоизображениями.

Встраиваемые (одноплатные, однокристальные) ЭВМ широко используются в бытовой технике (телефонах, телевизорах), робототехнике, радиоизмерительных приборах, устройствах связи и зашифрования различных видов информации и т. д.

Реализация мер по выполнению Федеральной программы «Электронная Россия» значительно расширяет сектор информационно-коммуникационных технологий в России за счет создания технопарков, развития информационной инфраструктуры, поддержки отечественного производства программного обеспечения, информатизации бюджетных секторов экономики и др.

С выполнением программы происходит снижение территориальной неоднородности условий доступа населения к электронной информации и переход к единому информационному пространству страны.

Последние годы характеризуются повышенным вниманием, уделяемым правительствами разных стран более оперативному и эффективному отклику на запросы граждан и организаций на основе широкомасштабного применения ИКТ — идет процесс создания так называемых электронных правительств. Перенос государственных открытых информационных ресурсы в Интернет и предоставляя населению электронное самообслуживание, органы власти повышают эффективность своих структурных подразделений, обеспечивают прозрачность принимаемых решений и более качественно обслуживают граждан и организации.

Процесс перехода к «электронному правительству» предполагает: предоставление населению информации в режиме реального времени об оказываемых услугах, режиме работы государственных учреждений, публикации, объявления; самостоятельное направление гражданами и организациями различной информации во властные органы; обработка информации в режиме реального времени; принятие решений и др.

В России для создания платформ «электронной власти» в ближайшие годы предусмотрена реализация специализированной информационной системы «Правительственный портал».

В рамках создания правительственного портала будет обеспечена открытость деятельности федеральных органов исполнительной власти при взаимодействии с гражданами и организациями.

Низкая стоимость, небольшое энергопотребление, разнообразие моделей и динамика выпуска новых моделей, наличие готовых и доступных программных продуктов прикладного характера, мультимедийные возможности сделали ПЭВМ наиболее востребованным и привлекательным индивидуальным производственным инструментом и развлекательным средством для широкого круга населения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите три типа электронных вычислительных машин, дайте характеристику каждому из них.
2. Назовите основные сферы использования ЭВМ.
3. Какой тип ЭВМ получил наиболее широкое применение и почему?

4. Где применяются суперЭВМ?
5. Где используются встраиваемые ЭВМ?
6. Что привело к развитию телекоммуникационных технологий?
7. Какое значение в наши дни имеет Интернет?
8. Какие задачи призвана решать информационная система «Правительственный портал»?

1.2. ПОКОЛЕНИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

История развития средств вычислительной техники состоит из временных этапов, каждому из которых присущи характерные признаки, позволяющие в хронологическом порядке систематизировать и выделить однородные ЭВМ в условные группы. Каждая такая группа относится к конкретному поколению вычислительных машин.

Изначально поколения ЭВМ различали между собой по используемой элементной базе и ключевым технологическим решениям, поэтому смену поколений будем фиксировать, в первую очередь, по времени реализации первых ЭВМ на качественно новой элементной базе. Данное разделение на поколения считается не четким, хотя прогресс в области элементной базы всегда был определяющим в развитии ЭВМ.

В настоящее время при установлении поколения ЭВМ учитывают дополнительные факторы: языки программирования, средства связи с пользователем, машинные ресурсы (быстродействие, емкость оперативного запоминающего устройства). Даже такое уточнение требований к определению поколений не в состоянии устранить размытые временные границы между поколениями машин, так как в один и тот же период проектировались или выпускались ЭВМ совершенно разных уровней.

Идеи, изобретения и стремление людей автоматизировать процесс вычислений имеют длинную историю. С древних времен люди стремились облегчить и упростить процесс выполнения арифметических операций с большими числами на основе ручных и механических устройств.

В пятом столетии появилось простейшее (возможно, первое) и широко используемое счетное устройство — абак.

Абак представлял собой доску, на которой проводили линии или выдалбливали желобки; счет осуществлялся путем передвижения по ним счетных марок (костьшек, камней и т.д.). Основная заслуга

изобретателей абака — создание позиционной системы представления чисел. Устройство применялось для арифметических вычислений в Древней Греции, Риме, затем в Западной Европе. В странах Дальнего Востока был распространен китайский аналог — суан-пан и японский соробан с шариками, нанизанными на пруты, в России — счеты.

Счеты появились приблизительно в XVII в. и в отличие от различных модификаций абака использовали десятичную, а не пятеричную систему счисления.

В конце XV в. Леонардо да Винчи разработал эскиз механического 13-разрядного суммирующего устройства, работоспособность которого была подтверждена в наши дни изготовлением действующего макета.

Первая механическая счетная машина была описана в 1623 г. В. Шиккардом. Она была реализована в единственном экземпляре и предназначалась для выполнения четырех арифметических операций с 6-разрядными числами.

В XVII в. была изобретена логарифмическая линейка — ручной счетный инструмент, позволяющий выполнять несколько операций: умножение и деление чисел, возведение в степень, вычисление логарифмов, тригонометрических функций. Принцип действия логарифмической линейки основан на том, что умножение и деление чисел заменяется соответственно сложением и вычитанием их логарифмов.

В 1642 г. Блез Паскаль создал суммирующую машину, а серия из 50 таких машин показала возможность автоматизации умственного труда. Принято считать, что машина Паскаля положила начало механического этапа развития вычислительной техники.

Немецкий математик Готфрид Вильгельм Лейбниц в 1673 г. сконструировал машину четырех действий, которая выполняла не только сложение, вычитание, умножение, деление, но и извлечение квадратного корня. В ней Г. В. Лейбниц впервые применил двоичную систему счисления (0 и 1) вместо привычной десятичной.

В XVIII в. был создан арифмометр; с некоторыми усовершенствованиями эти машины использовались до середины XX в.

Французский ткач и механик Жозеф Жаккар создал в 1802 г. первый образец ткацкого станка, применив перфорированные карточки с разным расположением отверстий, которые определяли различные узоры на производимой ткани. Идею Ж. Жаккара управлять станком введением в него информации с перфокарт можно считать одной из первых вех в истории программирования вычислительных устройств.

Английский математик Чарльз Бэббидж построил в 1820—1822 гг. машину, которая могла вычислять таблицы значений многочленов второго порядка, а в 1833 г. разработал проект универсальной числовой вычислительной машины — прототипа ЭВМ. Она включала в себя память, ячейки которой содержали числа, и арифметическое устройство, состоящее из рычагов и шестеренок и позволявшее вводить в машину инструкции с перфокарт. Поэтому Ч. Бэббиджа часто называют отцом компьютера.

В 1854 г. английский математик Джордж Буль опубликовал труд «Исследование законов мышления, на которых основываются математические теории логики и вероятностей», в котором описал систему операций и законы логики, оперирующие только двумя возможными состояниями: «Истина» или «Ложь» (1 или 0). Это позволило впоследствии создать логическую схему ЭВМ, производящую действия с двоичными числами, используя базовые операции ИЛИ, И, НЕ.

В 1876 г. российский ученый П. Л. Чебышев сконструировал механический арифмометр. Это была одна из самых оригинальных вычислительных машин того времени. Академик А. Н. Крылов построил в 1912 г. механический интегратор для решения дифференциальных уравнений.

В 1888 г. американский инженер Герман Холлерит (основатель фирмы — предшественницы IBM) сконструировал электромеханическую машину, которая могла считывать и сортировать статистические данные, представленные отверстиями в перфокартах. Эта машина, названная табулятором, состояла из реле, счетчиков и сортировочного ящика. Исключительность этой машины заключалась в том, что в ней информация, нанесенная на перфокарты, считывалась электрическим способом.

В 1938 г. Конрад Цузе (Германия) в домашних условиях собрал электромеханическую машину Z1 с программным управлением, клавиатурой для ввода задач, памятью на 64 числа и панелью с лампочками, на которой высвечивался результат вычислений. Она могла обрабатывать 22-разрядные двоичные числа с плавающей запятой. В следующей модели Z2 использовался вывод информации на перфоленту.

В 1941 г. К. Цузе создал третью модель — Z3, основанную на электромеханических реле и работавшую в двоичной системе счисления. Машина Z3 состояла из 600 реле счетного устройства и 2 000 реле устройства памяти. Она механически последовательно, шаг за шагом, считывала программу и производила 15...20 вычислительных операций в секунду.

Идеи создания вычислительных машин с применением электронных устройств возникли в конце 1930-х — начале 1940-х гг. независимо друг от друга в различных странах.

В 1937 г. Джон Атанасов (США) начал разработку специализированной вычислительной машины, впервые в мире применив электронные лампы в количестве 300 шт.

К 1943 г. при участии Алана Тьюринга в Великобритании была создана вычислительная машина «Колосс» с использованием 2 000 электронных ламп. Работы А. Тьюринга были секретными — впервые в мире машина была успешно применена для расшифровки радиogramм военного командования фашистской Германии, засекречивание которых производилось на автоматической аппаратуре «Энигма», имеющей значительную стойкость к декодированию.

На основе описания аналитической машины Ч.Бэббиджа в 1944 г. в США была построена машина «Марк-1» на электромеханических реле, которая программировалась при помощи бумажной перфоленты.

Машина имела длину 15,3 м, высоту 2,4 м, массу около 35 т, длину проводов — более 800 км, количество соединений — более 3 млн. Она оперировала десятичными числами длиной до 23 разрядов; время перемножения чисел составляло 4 с. Машина «Марк-1» применялась военно-морскими силами США для решения различных задач оборонного характера.

Начиная с 1944 г. в работе над созданием вычислительной техники принял участие американский математик Джон фон Нейман. В 1946 г. он вместе с Г.Голдстайном и А.Берксом опубликовал важную для развития вычислительной техники статью «Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства». В ней были высказаны две основные идеи, которые используются сейчас во всех ЭВМ: применение двоичной системы счисления и принцип хранимой программы.

Можно считать, что в 1940-е гг. закончилась эра механических и электромеханических вычислительных машин, называемых машинами нулевого поколения.

Первое поколение ЭВМ. Основной перелом в области информационных технологий начался после Второй мировой войны с появлением первых аналоговых и цифровых ЭВМ, в которых логические, запоминающие и другие устройства реализовывались на электронных приборах. С этого времени осуществляют отсчет поколений электронных вычислительных машин, напрямую связанных с развитием электроники и микроэлектроники, оказавших основное влияние на функциональные возможности, производи-

тельность, память, надежность, габаритные размеры, массу и потребляемую мощность ЭВМ.

В вычислительных машинах первого поколения основными элементами были электровакуумные устройства: электронные лампы и электронно-лучевые трубки.

В 1946 г. в США была построена первая электронная вычислительная машина «Эниак» (ENIAC). В машине использовалось 18 тыс. электронных ламп; ее масса составляла 30 т, потребляемая мощность — 160 кВт; она занимала площадь 170 м². ENIAC работала в двоичной системе счисления, выполняла около 5 тыс. операций сложения и 300 операций умножения в секунду, ее память составляла всего 20 слов.

Первой ЭВМ с хранимой программой стала английская машина ЭДСАК, построенная в 1949 г. в Кембридже под руководством профессора М. Уилкса.

Совершенствование первых образцов вычислительных машин привело к созданию в 1951 г. ЭВМ UNIVAC (США), предназначенной для коммерческого использования. Эта ЭВМ могла обрабатывать как цифровую, так и символьную информацию. Машина UNIVAC стала первой серийно выпускаемой ЭВМ, различные модели которой предназначались для свободной продажи.

В 1952 г. Джон фон Нейман разработал первый компьютер MANIAC I, использующий программы, записанные на гибком магнитном носителе — ленте.

Огромный вклад в развитие отечественных ЭВМ внес российский ученый, акад. Сергей Алексеевич Лебедев. Под его руководством была создана первая в России лаборатория по разработке ЭВМ, а затем (в 1951 г.) построена первая советская ЭВМ — малая (16-разрядная) электронная счетная машина (МЭСМ), собранная из 6 000 электронных ламп с быстродействием около 3 000 опер./с. В 1952 г. под руководством С. А. Лебедева была построена старшая модель семейства больших электронных счетных машин (БЭСМ) — БЭСМ-1, которая была в то время самой быстродействующей машиной в Европе (8 000... 10 000 опер./с). БЭСМ-1 и последовавшие за ней БЭСМ-2 и М-20 (20 тыс. опер./с) использовали серийные отечественные электронные лампы.

В 1954 г. под руководством Башира Искандаровича Рамеева была разработана архитектура и система команд ЭВМ «Урал». В 1957 г. была выпущена ламповая ЭВМ «Урал-1», которая несмотря на невысокую производительность (100 опер./с) и оперативную память на магнитных барабанах (1 024 слова) была эффективна для инженерных расчетов и пользовалась большим спросом. Она стала пер-

вой моделью целого семейства «Урал», относилась к разряду недорогих машин и в течение длительного времени применялась в ведомственных вычислительных центрах.

В первом поколении машин был реализован метод хранимой программы; для ввода-вывода сначала использовались бумажные перфокарты и перфоленты, магнитная лента, а затем магнитные барабаны и печатающие устройства. Основным языком программирования — машинный код. Применение электронных ламп создавало множество проблем — из-за низкой надежности практически через несколько минут работы одна лампа выходила из строя, а так как в ЭВМ их было десятки тысяч, то для поиска неисправности и ремонта требовалось непрерывное обслуживание.

Второе поколение ЭВМ. Это поколение берет свое начало с 1956 г. с разработки в Массачусетском технологическом институте США первого компьютера на полупроводниковых элементах — транзисторах. Серийные ЭВМ на транзисторах стали производиться с 1958 г. К этому времени были спроектированы высокоскоростной принтер, носители информации на магнитной ленте и магнитных дисках. Появилась возможность создания бортовых ЭВМ военного назначения.

В 1958 г. американской компьютерной компанией Control Data, был разработан первый в мире транзисторный компьютер CDC 1604 для научных исследований, а через два года он был освоен в серийном производстве.

В 1960 г. в России перешли к созданию нового поколения семейства полупроводниковых машин: «Урал-11», «Урал-14» и «Урал-16». Появились новые семейства машин («Минск», МИР, БЭСМ и т. д.), большинство которых стали выпускаться серийно.

Среди ЭВМ второго поколения особо выделяется БЭСМ-6 (1957 г.). В то время это была одна из самых производительных вычислительных машин в мире с быстродействием около 1 млн опер./с.

Архитектура и многие технические решения в большинстве советских ЭВМ были настолько прогрессивными, что они дошли до нашего времени. Например, в машине МИР-2 телевизионный дисплей использовался совместно со световым пером, позволяющим изменять и корректировать данные прямо на экране.

В 1961 г. фирма DEC (Digital Equipment Corporation) спроектировала первую мини-ЭВМ из семейства PDP (Programmed Data Processor — программируемый цифровой процессор).

Логические схемы ЭВМ второго поколения строились на дискретных полупроводниковых приборах (диоды, транзисторы) и магнитных элементах (ферритовых сердечниках). В качестве

конструктивно-технологической основы впервые стали широко использоваться платы с печатным монтажом. Тактовые частоты работы электронных схем повысились до сотен кГц. При разработке программ кроме ассемблера стали применять языки программирования высокого уровня, такие как «Алгол» и «Фортран». В этот период возникла необходимость в профессии программиста.

Третье поколение ЭВМ. Проектирование ЭВМ третьего поколения началось в 1962 г. с выпуска кремниевых интегральных схем малой, а затем средней степени интеграции. Возникло новое направление в создании принципиально новой элементной базы — микроэлектроника; была основана корпорация Intel (Integrated Electronics Technologies Incorporated), специализирующаяся на производстве интегральных микросхем.

В 1964 г. компания IBM (International Business Machines) выпустила семейство серийных (около 20 тыс. экземпляров) ЭВМ IBM-360 различной производительности, но с общей архитектурой и полной программной совместимостью, которые были настолько востребованы, что стали основой для унификации, стандартизации и реализации принципов аппаратно-программной совместимости следующих поколений компьютеров.

В 1965 г. начался выпуск первых серийных мини-ЭВМ фирмы DEC — PDP-8, доступных по цене для средних и мелких коммерческих компаний.

Со второй половины 1960-х гг. СССР совместно со странами Совета Экономической Взаимопомощи (ГДР, Венгрия, Болгария, Польша, Чехословакия) стал разрабатывать ряд универсальных ЭВМ Единой системы (ЕС), аналогичных машинам IBM, и системы малых (СМ) ЭВМ. В 1972 г. началось серийное производство младшей модели семейства — ЕС-1010, а спустя год, — и других моделей. Их быстродействие составляло от 10 тыс. (ЕС-1010) до 2 млн (ЕС-1060) опер./с.

Первой серийной отечественной ЭВМ на интегральных гибридных схемах была машина «Наири-3», появившаяся в 1970 г. Особенности этой ЭВМ: наличие постоянного запоминающего устройства и микропрограммный принцип управления обработкой информации. ЭВМ «Наири-3» создавалась по агрегатно-блочному (модульному) принципу.

В США в 1972 г. была построена уникальная машина ИЛЛИАК-4, поставившая рекорд по скорости вычислений (200 млн опер./с). Такое быстродействие было достигнуто за счет отказа от классической архитектуры ЭВМ — перехода к параллельной обработке данных с использованием матрицы из 64 процессоров.

В период развития третьего поколения во всем мире начали выпускать в больших количествах универсальные ЭВМ для массового коммерческого применения. Этому способствовало появление новых языков программирования («Бейсик», «Паскаль»), операционных систем реального времени, совершенствование диалога пользователя с компьютером (использование графического интерфейса, манипулятора «мышь») и прикладных программ (текстовый процессор).

Четвертое поколение ЭВМ. Возникновение ЭВМ четвертого поколения вызвано бурным развитием микроэлектроники и созданием качественно новых функциональных устройств — микропроцессоров на базе больших (БИС) и сверхбольших интегральных схем (СБИС).

Первый 4-разрядный микропроцессор Intel 4004 был создан в конце 1971 г. корпорацией Intel. В 1972 г. была представлена 8-разрядная микросхема 8008. Подтверждая известный закон Мура, который предполагает, что количество элементов на интегральных микросхемах должно удваиваться каждые полтора года, в 1974 г. был создан микропроцессор 8080, затем 8086, 80286, 80386, 80486 и современные процессоры семейства Pentium на СБИС.

Исходя из функционального назначения и производительности возникла устоявшаяся на несколько лет классификация ЭВМ (суперЭВМ, большие ЭВМ, мини-ЭВМ и микроЭВМ), которая в настоящее время устаревает, например исчез термин «мини-ЭВМ».

Наша промышленность с начала 1980 г. выпускала на интегральных схемах IBM-совместимые мини-ЭВМ серии ЕС, семейство СМ ЭВМ; микроЭВМ «Электроника 60», диалоговые вычислительные комплексы (ДВК), так называемые бытовые компьютеры серии БК.

Для средних учебных заведений сотрудниками института ядерной физики МГУ была разработана микроЭВМ «Корвет» (со встроенным интерпретатором языка Basic), которой некоторое время оснащались школы для проведения уроков по информатике.

МикроЭВМ привлекли в России настолько огромное внимание тысяч радиолюбителей, что возник настоящий бум в производстве самодельных домашних компьютеров. Одним из первых был «Радио-86РК», затем «Спектрум», на базе которого существовал ряд совместимых моделей, имеющих самый обширный фонд программного обеспечения.

В качестве дисплея использовался телевизор, программы загружались с катушечных и кассетных бытовых магнитофонов.

В 1980-х гг. в Советском Союзе появился целый ряд микропроцессорных плат «Электроника С5-21», позволяющий создавать многоплатные микроЭВМ требуемой конфигурации по принципу открытой архитектуры. Набор плат включал в себя одноплатную ЭВМ с уникальной системой команд и возможностью организации многомашинных систем; платы оперативного запоминающего устройства, постоянного запоминающего устройства, перепрограммируемого запоминающего устройства с ультрафиолетовым стиранием, параллельных и последовательных каналов ввода-вывода. В начале 1990-х гг. была спроектирована однокристалльная ЭВМ «Электроника С5-31», которая нашла применение в специальной технике.

К сожалению, в это время фактически прекратилась разработка отечественной элементной базы, а массовое производство ЭВМ в значительной мере переориентировалось на тиражирование зарубежной вычислительной техники на покупных комплектующих элементах иностранного производства. В какой-то мере этому способствовало отсутствие унификации в отечественном программном обеспечении.

К середине 1970-х гг. особо выделились две тенденции развития четвертого поколения машин: суперЭВМ и персональные компьютеры.

В 1976 г. компания Cray Research построила суперЭВМ «Крей-1», производившую 100 млн опер./с. В 1985 г. суперкомпьютер «Крей-2» имел быстродействие 1,2 млрд опер./с, а в 1997 г. суперЭВМ Japuz корпорации Intel преодолела рубеж в 1 трлн опер./с.

К данному классу машин относились советские многопроцессорные вычислительные комплексы «Эльбрус-1» (производительность — до 10 млн опер./с) и «Эльбрус-2» (производительность — до 125 млн опер./с), в которых для отвода теплоты пришлось впервые использовать водяное охлаждение плат.

Возникновение персонального компьютера непосредственно связано с появлением и совершенствованием микроЭВМ, поэтому эти термины в литературе иногда использовали как синонимы. В настоящее время трудно определить, когда был произведен первый полнофункциональный персональный компьютер. Некоторые считают, что первая персональная ЭВМ была разработана в 1973 г. во Франции (ее автор — Труонг Тронг Ти).

В 1973 г. компанией Хегох был представлен персональный микрокомпьютер Alto, в котором впервые был применен принцип вывода программ и файлов на экран в виде графических окон. В следующем году в продажу поступил компьютер Altair-8800, созданный

малоизвестной американской фирмой, который сразу стал популярным, хотя его возможности были очень ограниченными (оперативная память — 256 байт, клавиатура и экран отсутствовали). Этой популярности компьютера способствовало создание Биллом Гейтсом (один из основателей фирмы Microsoft) интерпретатора языка «Бейсик», что позволило непрофессиональным пользователям самостоятельно достаточно просто писать для него программы.

Массовое производство и внедрение в практику персональных компьютеров связано с именем Стива Джобса — руководителя и основателя американской фирмы Apple Computer, наладившей в 1977 г. выпуск персональных компьютеров Apple.

В 1981 г. фирма IBM выпустила свой первый микрокомпьютер IBM PC (Personal Computer — персональный компьютер) с открытой архитектурой, основанный на 16-разрядном микропроцессоре 8088 фирмы Intel.

Компьютер поставлялся с монохромным текстовым дисплеем, имел два дисковод для 5-дюймовых гибких магнитных дискет на 160 Кбайт, оперативную память 64 Кбайт и первую версию дисковой операционной системы MS DOS, заказанной у фирмы Microsoft.

В 1982 г. СССР начал выпуск ПЭВМ «Агат».

В 1984 г. компания Apple представила компьютер «Макинтош» (Macintosh) на базе микропроцессора Motorola 68000 со встроенными средствами экранного взаимодействия с пользователем — графическим интерактивным интерфейсом, позволявшим вводить команды управления в виде небольших изображений — значков (пиктограмм), выбирая их с помощью манипулятора «мышь».

С этими новшествами и накопителями на 3,5-дюймовых дискетах персональный компьютер стал еще более доступным непрофессиональным пользователям.

Принцип открытой архитектуры настолько повлиял на развитие ПЭВМ, что произошел стремительный рост не только производства различных комплектующих и дополнительных устройств для компьютеров IBM PC, но и числа фирм, выпускающих совместимые с ними разнообразные вычислительные машины.

С этого времени рост промышленного производства персональных компьютеров стали обеспечивать и другие производители: Compaq, Zenith, AST, Apricot, которые за основу проектирования взяли открытую архитектуру и стандарты IBM PC.

Пользователи таких ПЭВМ получили возможность продлевать жизненный цикл своих компьютеров — самостоятельно модернизировать их аппаратную часть, оснащая современными устройства-



Рис. 1.1. Современные виды ПЭВМ:
а — настольные; б — ноутбуки; в — карманные

ми различных производителей и не заботясь о совместимости программных продуктов.

В настоящее время производится такое разнообразие компьютеров, что практически невозможно отследить всю существующую номенклатуру машин четвертого поколения и тем более предсказать их развитие (рис. 1.1).

На развитие четвертого поколения ЭВМ в значительной степени повлияло непрерывное совершенствование операционных систем Windows, пришедших на смену DOS.

Пятое поколение ЭВМ. К ЭВМ пятого поколения относятся обучающиеся системы с искусственным интеллектом, обеспечивающие переход от обработки информации к формализованной обработке профессиональных знаний с использованием естественных языков. Для решения задач распознавания рукописного ввода, речи и изображений с 1990-х гг. стали использовать модель биологического нейрона и искусственную нейтронную сеть на его основе.

По своей сути нейрон является простейшим сумматором входных сигналов, преобразующих их сумму в значение функции, зависящей от состояния самого нейрона. Каждый нейрон может иметь несколько входов и один выход. Нейронная сеть образуется соединением выходов одних нейронов с входами других. Нейронная сеть эквивалентна цифровой сложной схеме и, следовательно, может стать основой нейрокомпьютера. Программирование сети заключается в ее обучении для решения конкретной задачи, которое соответственно меняет структуру сети, изменяя связи между нейронами.

Возможность разработки таких ЭВМ тесно связана с созданием качественно новых компонентов с использованием достижений нанотехнологий, возможно, на иных физических принципах. Компьютеры с нейронной структурой, организованной распределенной сетью большого числа (от нескольких десятков до 10^8) параллельно работающих простых элементов — нейронов — смогут воспроизводить функционирование сложных биологических структур.

Традиционно продолжается совершенствование технологии производства СБИС. Например, корпорация Intel предполагает не применять для сборки микропроцессоров отдельно изготовленные корпуса, а «выращивать» их вокруг кристалла микросхемы. По предварительным оценкам это позволит создавать многоядерные процессоры, содержащие более миллиарда транзисторов и работающие на тактовых частотах до 20 ГГц.

Суперкомпьютеры в настоящее время широко используют параллельные вычисления. Как показывают исследования, в среднем вычислительная мощь настольных ПЭВМ отстает от уровня производительности суперкомпьютеров на 13 лет, так как по производительности современные персональные компьютеры практически полностью соответствуют суперкомпьютерам того времени. С внедрением многоядерных процессорных архитектур параллельное программирование начинает распространяться и на ПЭВМ. Количество систем, построенных на базе многоядерных процессоров, резко возрастет, поэтому развитие суперкомпьютеров начинает влиять на перспективы формирования архитектуры персональных компьютеров следующих поколений.

Программы разработки ЭВМ пятого поколения приняты во многих странах и, возможно, в ближайшем времени мы узнаем результат от их реализации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте характеристику основных этапов развития вычислительной техники.
2. Назовите известные механические вычислительные машины и их создателей.
3. Опишите электромеханический период вычислительных машин.
4. С чем связан переход от электромеханических вычислительных машин к поколениям электронной вычислительной техники?

5. Приведите примерные временные периоды существования отдельных поколений ЭВМ.
6. Какие факторы учитываются при смене поколений ЭВМ? Какой из этих факторов принято считать первостепенным?
7. Сравните технические характеристики ЭВМ первого, второго и третьего поколений.
8. Какие причины обусловили появление компьютеров четвертого поколения?
9. Почему при производстве ПЭВМ взята за основу архитектура и стандарты IBM PC?
10. Перечислите характерные черты четвертого поколения.
11. Осветите историю развития отечественных ЭВМ.
12. Какие ЭВМ можно отнести к ЭВМ пятого поколения?

1.3. БАЗОВЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В цифровых схемах ЭВМ все сигналы представляются высокими и низкими уровнями напряжения (тока), которым ставится в соответствие логические значения 1 и 0. В зависимости от состояния входного или выходного сигнала различают положительную логику, когда единичный двоичный сигнал отображается высоким уровнем, а нулевое значение — низким, и отрицательную логику, когда единичный двоичный сигнал отображается низким уровнем, а нулевое значение — высоким.

Высокий или низкий уровень сигнала определяется относительно некоторого порогового значения, которое зависит от элементной базы. Например, если сигнал превышает границу порогового значения, то он соответствует 1; если сигнал меньше порогового значения, то он воспринимается как 0.

В схемах ЭВМ применяют два способа физического порогового представления сигналов: импульсный и потенциальный (рис. 1.2).

Длительность одного импульсного сигнала не превышает одного такта работы ЭВМ, т.е. времени, в течение которого происходит воздействие входного сигнала на логический элемент. Длительность потенциального сигнала может занимать более двух тактов (например, сигнал исправности устройства).

Анализ и синтез логических схем ЭВМ производится с использованием математического аппарата булевой алгебры — булевых функций, в которых входные и выходные переменные могут принимать только одно из двух значений: 0 или 1.

Над переменными производятся три основных преобразования: логическое сложение, логическое умножение и логическое отрица-

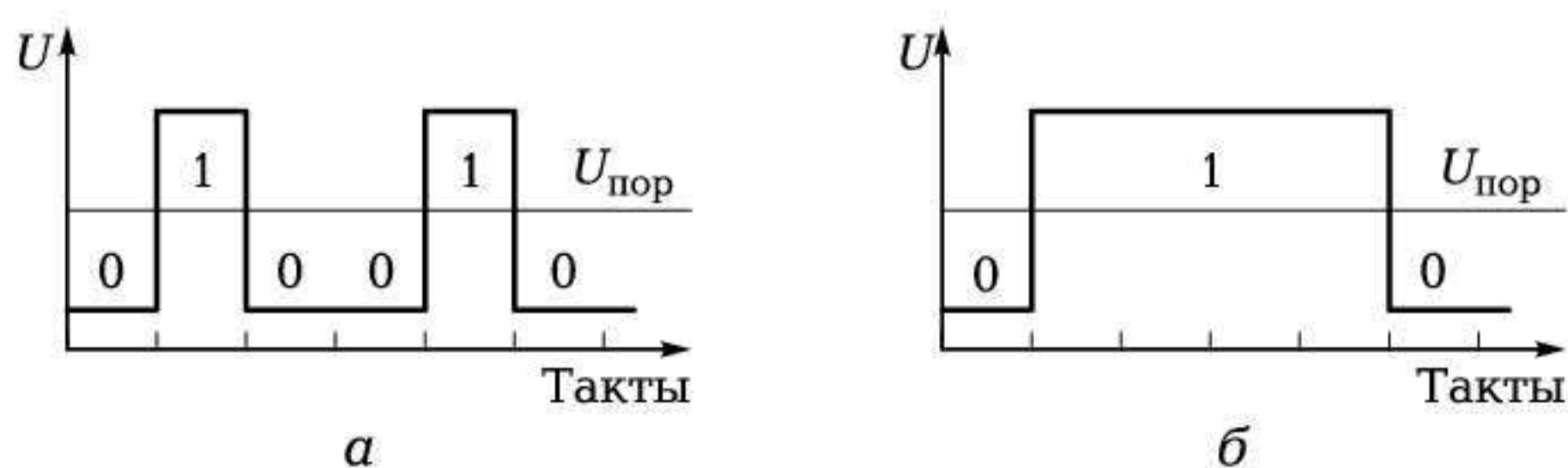


Рис. 1.2. Представление двоичных сигналов в ЭВМ:

а — импульсные сигналы; *б* — потенциальные сигналы; $U_{\text{пор}}$ — пороговое значение переключения элемента

ние, что соответствует простым базовым логическим функциям: дизъюнкции (ИЛИ), конъюнкции (И) и инверсии (НЕ).

На электрических схемах эти элементы обозначаются согласно рис. 1.3.

Чтобы реализовать любую сколь угодно сложную логическую функцию, необходима функционально полная система логических элементов. Доказано, что набор из элементов трех типов ИЛИ, И, НЕ является функционально полным, поэтому любое цифровое устройство можно представить в виде комбинации этих логических операций.

Булевы функции можно задавать аналитически в виде выражений алгебры логики или с помощью таблицы их значений.

Для описания выходных значений логических элементов при всех сочетаниях (наборах) входных переменных используются таблицы истинности. Таблица истинности любого логического элемента состоит из количества столбцов n , равного числу входов, одного столбца значений выхода и количества строк, равного 2^n (набор входных переменных).

Впервые теорию булевых функций применили при синтезе релейно-контактных схем, на примере которых рассмотрим схемную реализацию базовых операций НЕ, ИЛИ, И.

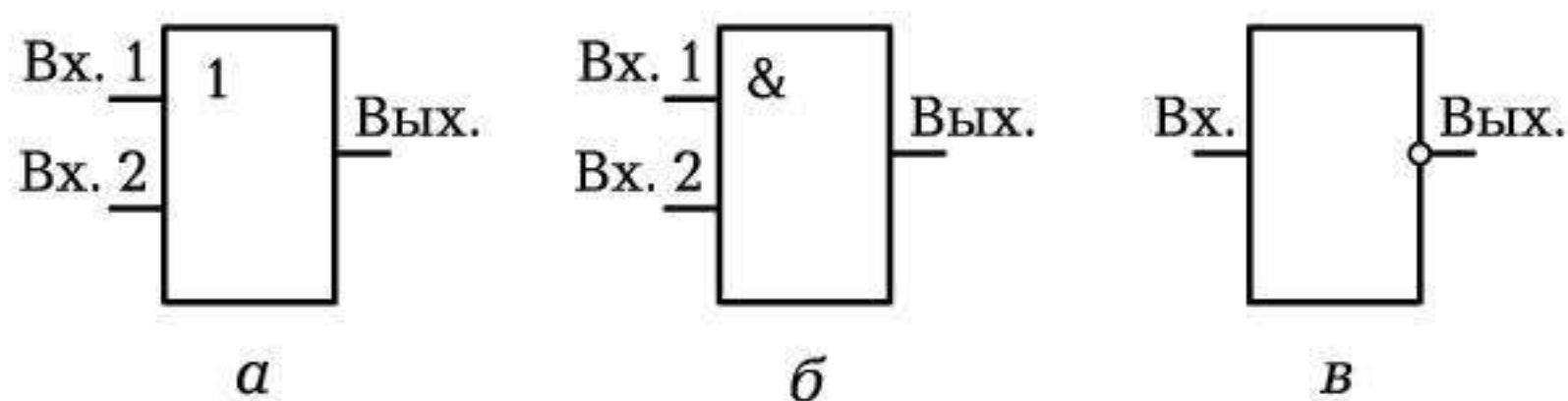


Рис. 1.3. Обозначение (логические схемы) базовых логических элементов:

а — ИЛИ; *б* — И; *в* — НЕ

Таблица 1.1. Таблица истинности элемента НЕ

Вход	Выход
0	1
1	0

Таблица 1.2. Таблица истинности элемента ИЛИ

Вход 1	Вход 2	Выход
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Логическое отрицание (инверсия) в алгебре логики обозначается чертой над символом аргумента. В алгебраической форме схема описывается выражением $Z = \bar{X}$.

Инверсия 1 приводит к 0, инверсия 0 приводит к 1, а двойная инверсия не изменяет значения переменной (табл. 1.1).

Для реализации функции НЕ можно использовать реле с замкнутым контактом (рис. 1.4).

При срабатывании реле цепь, в которую входит контакт к1, размыкается, а напряжение U на выходе Z инвертируется.

Логическое сложение (дизъюнкция) в алгебраической форме обозначается символом « V » (первая буква от лат. *vel* — или). Логическая сумма на выходе равна 1 тогда, когда равно 1 одно или несколько входных слагаемых (табл. 1.2).

В качестве примера реализации функции ИЛИ на рис. 1.5 приведена релейная схема с параллельным соединением замыкающих контактов.

При срабатывании хотя бы одного реле (P1 или P2) цепь Z , в которую входят контакты к1 и к2, будет замкнута. На временной диаграмме показано состояние цепи Z , когда последовательно включаются реле, обеспечивая суммирование сигналов X и Y .

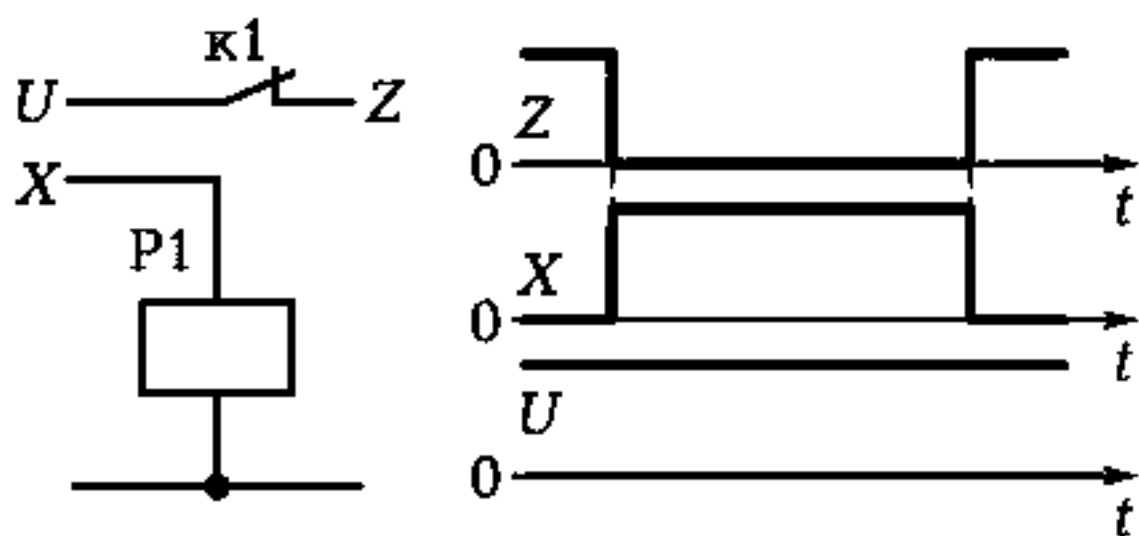


Рис. 1.4. Релейная схема НЕ и диаграмма ее работы:
 X — вход схемы; Z — выход схемы; P1 — реле; к1 — замкнутый контакт реле

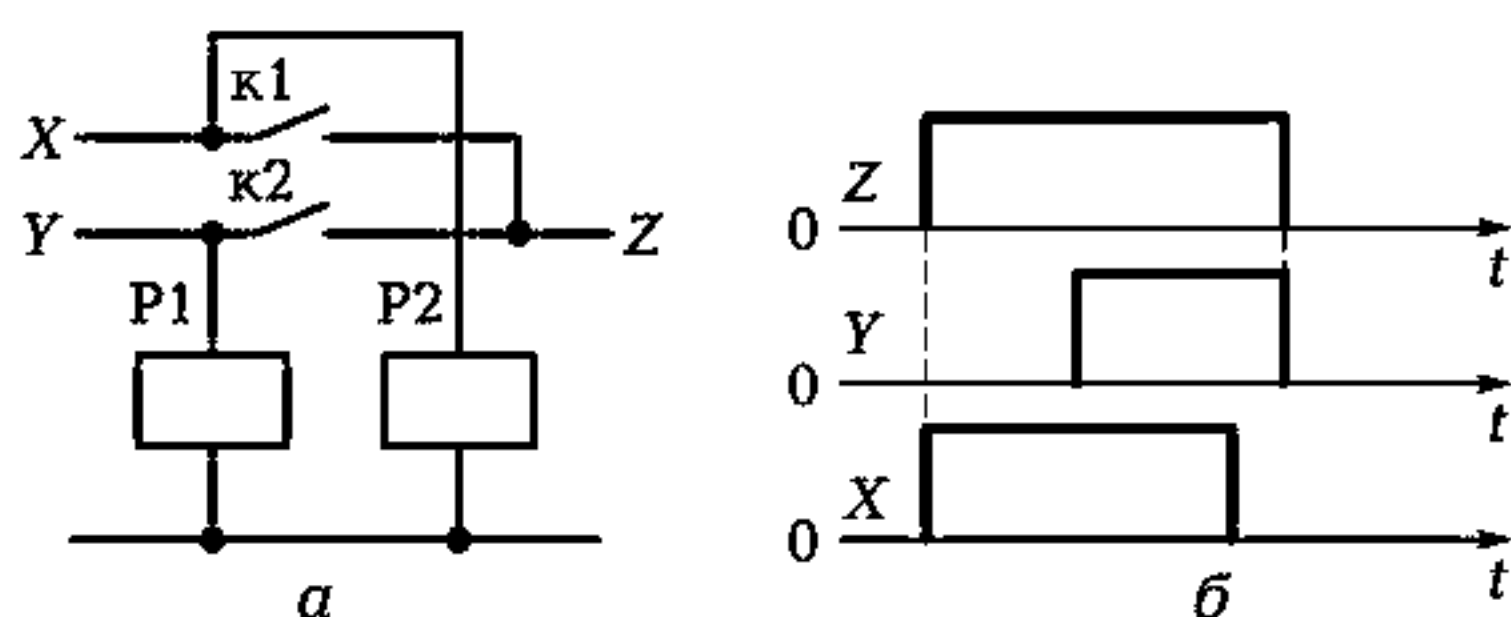


Рис. 1.5. Пример релейной схемы ИЛИ (а) и диаграмма ее работы (б): X, Y — входы схемы; Z — выход схемы; P1, P2 — реле; κ1, κ2 — контакты реле

В алгебраической форме данную схему можно описать выражением

$$Z = X \vee Y.$$

Логическое умножение (конъюнкция) в аналитическом виде обозначается символом «&». Элемент И — это схема совпадения, выход которой равен 1 только при одновременном наличии единиц на всех ее входах (табл. 1.3). Иногда двухвходовую схему конъюнкции называют вентилем (клапаном), который пропускает сигнал только при наличии логической единицы на одном входе.

Функцию И реализуют, например, соединенные последовательно замыкающие контакты нескольких реле (рис. 1.6).

Цепь из контактов κ1 и κ2 будет замкнута в единственном случае — когда совпадет по времени включение реле P1 и P2. В цепи Z формируется сигнал только при совпадении сигналов X и Y.

В алгебраической форме схема описывается выражением

$$Z = X \& Y.$$

Сочетания базовых логических элементов позволяют создавать сложные комбинационные (без обратных связей) схемы: ИЛИ—НЕ (отрицание дизъюнкции) (табл. 1.4), И—НЕ (отрицание конъюнкции)

Таблица 1.3. Таблица истинности элемента И

Вход 1	Вход 2	Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

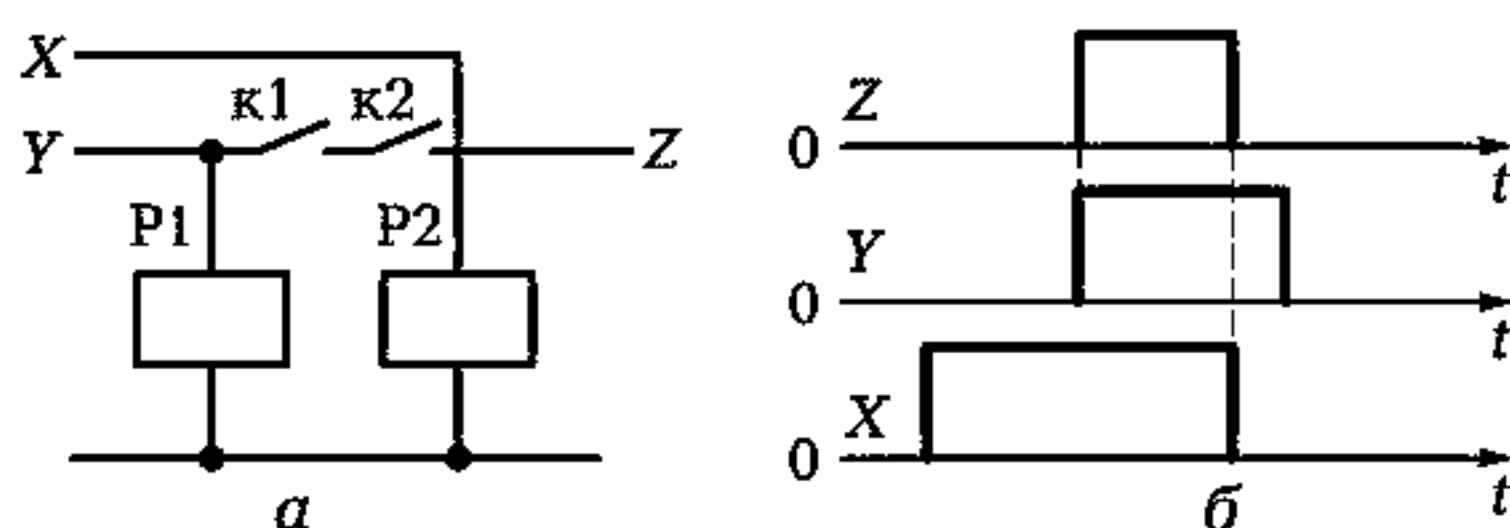


Рис. 1.6. Вариант релейной схемы И [а] и диаграмма ее работы [б]

юнкции) (табл. 1.5), дешифраторы (табл. 1.6) и другие схемы с различным числом входов и выходов.

Дешифратор представляет собой логическую схему, преобразующую входной многоразрядный код в соответствующий ему одноразрядный выходной сигнал. Например, если на дешифратор с N входами подать N -разрядный код, то на выходе получим 2^N комбинаций одноразрядных сигналов.

В ЭВМ дешифратор используется для преобразования кода адреса в сигнал выбора соответствующей ячейки в запоминающем устройстве.

Более сложными являются *схемы с памятью (схемы с обратными связями)*, в которых выходной сигнал зависит не только от набора входных переменных, но от внутреннего состояния ее элементов.

В ЭВМ широко применяются логические схемы с обратными связями, обеспечивающими два устойчивых состояния, так называемые *триггеры*, которые могут длительно хранить бит (одну двоичную цифру) информации (рис. 1.7), т. е. формировать на выходе потенциальный сигнал.

Как видно из диаграммы, переход триггера из одного устойчивого состояния в другое происходит под воздействием импульсных сигналов R или S , разнесенных во времени (табл. 1.7).

Таблица 1.4. Таблица истинности схемы ИЛИ—НЕ

Вход 1	Вход 2	Выход
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Таблица 1.5. Таблица истинности схемы И—НЕ

Вход 1	Вход 2	Выход
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Таблица 1.6. Таблица истинности двухвходового дешифратора

Вход 1	Вход 2	Выход 1	Выход 2	Выход 3	Выход 4
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

После записи бита по входу S триггер при наличии питания сохраняет эту информацию, находясь в этом статическом состоянии сколь угодно долго до появления сигнала R . Таким образом, после снятия входных сигналов триггер переходит в режим хранения (на выходе появляется потенциальный сигнал) записанного бита информации. Такой триггер называют *асинхронным*, так как его выходы меняют свое состояние в момент появления входного сигнала.

RS -триггер часто используется в различных блоках управления ЭВМ. На его основе получен целый ряд триггеров с более сложной логикой работы: синхронные (тактируемые) RS -триггеры, триггеры со счетным входом (T -триггеры), триггеры с задержкой сигнала на один такт (D -триггеры) и т. д. (рис. 1.8).

Для обеспечения хранения и преобразования информации используются логические схемы, состоящие из нескольких однотипных триггеров.

Триггеры широко применяются при построения n -разрядных регистровых схем (регистры сдвига, счетчики, сумматоры и т. д.) и

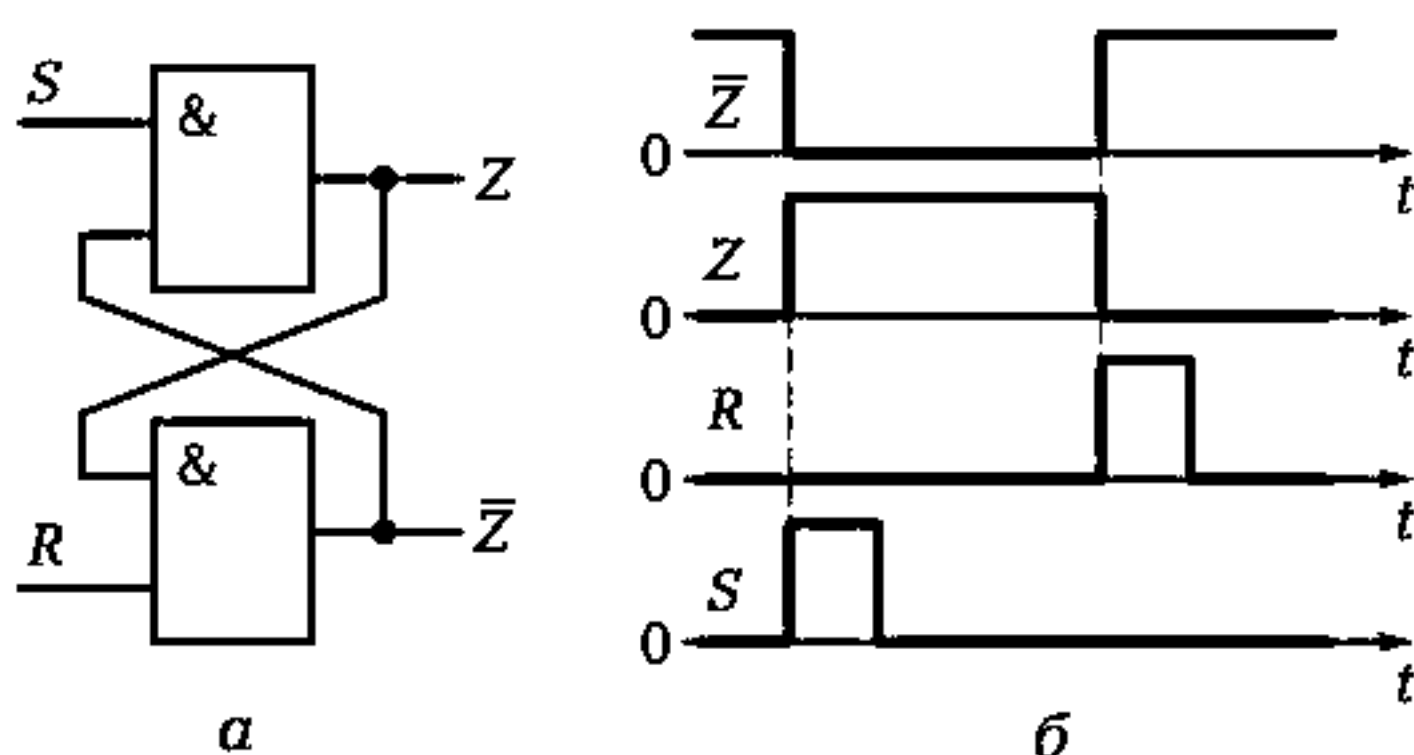


Рис. 1.7. Схема асинхронного RS -триггера [а] и временная диаграмма его работы [б]:

Z — прямой выход; $\bar{Z}$ — инверсный выход

Таблица 1.7. Таблица переходов RS-триггера

Вход R	Вход S	Состояние Z	Режим
0	0	0	Хранение
0	1	1	Занись
0	0	1	Хранение
1	0	0	Запись

ячеек статической памяти. Информация в регистры может заноситься и считываться либо параллельно (сразу всеми разрядами), либо последовательно. Регистры представляют собой соединение триггеров, число которых соответствует числу разрядов в блоке информации, и вспомогательных схем, обеспечивающих их работу при выполнении преобразования данных. Эти преобразования в основном заключаются в сдвиге двоичного кода на определенное число разрядов влево или вправо, в преобразовании последовательного кода в параллельный, и наоборот.

На рис. 1.9 приведена схема n -разрядного регистра на синхронных RS-триггерах.

Предварительно перед установкой кода в регистр на все входы R разрядов подается сигнал «Сброс» для обнуления триггеров. Информация по входам $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ параллельно фиксируется в соответствующих разрядах регистра только во время действия синхронизирующего импульса «Запись» и после переключения триггеров выдается на выходы $z_1, \dots, z_i, \dots, z_n$.

В ЭВМ для счета импульсов, сдвигов, формирования адресов используются различные суммирующие, вычитающие, реверсивные и циклические счетчики.

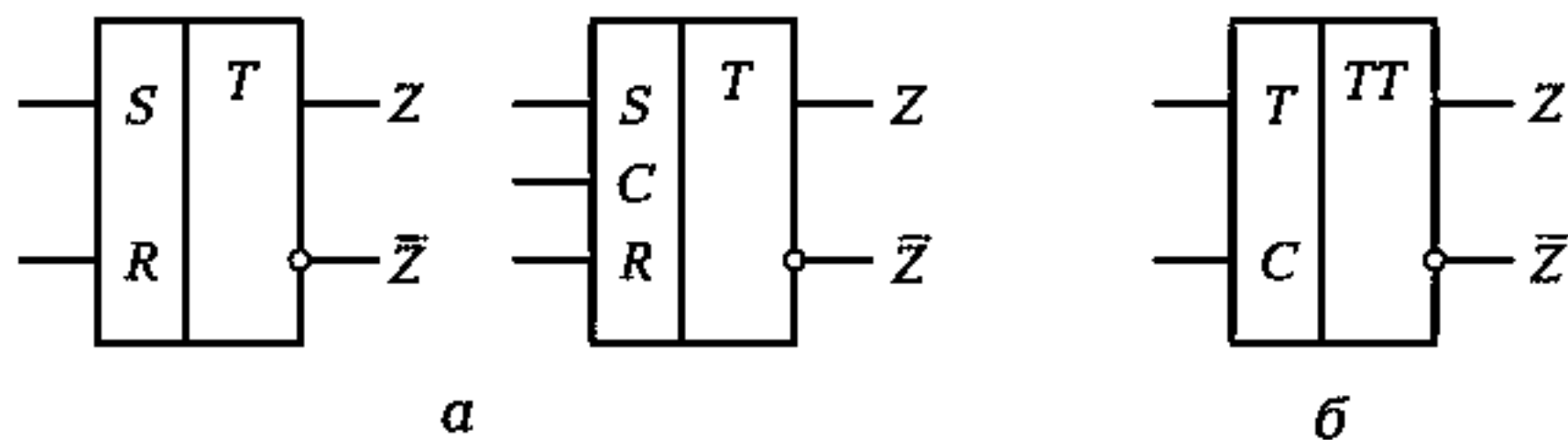


Рис. 1.8. Условное обозначение RS-триггеров (а) и T-триггера (б):

R (Reset — сброс) — вход установки триггера в нулевое состояние; S (Set — установка) — вход установки триггера в единичное состояние; T (Toggle — релаксатор) — счетный вход триггера; C (Clock — часы) — вход синхронизирующих импульсов [тактов]

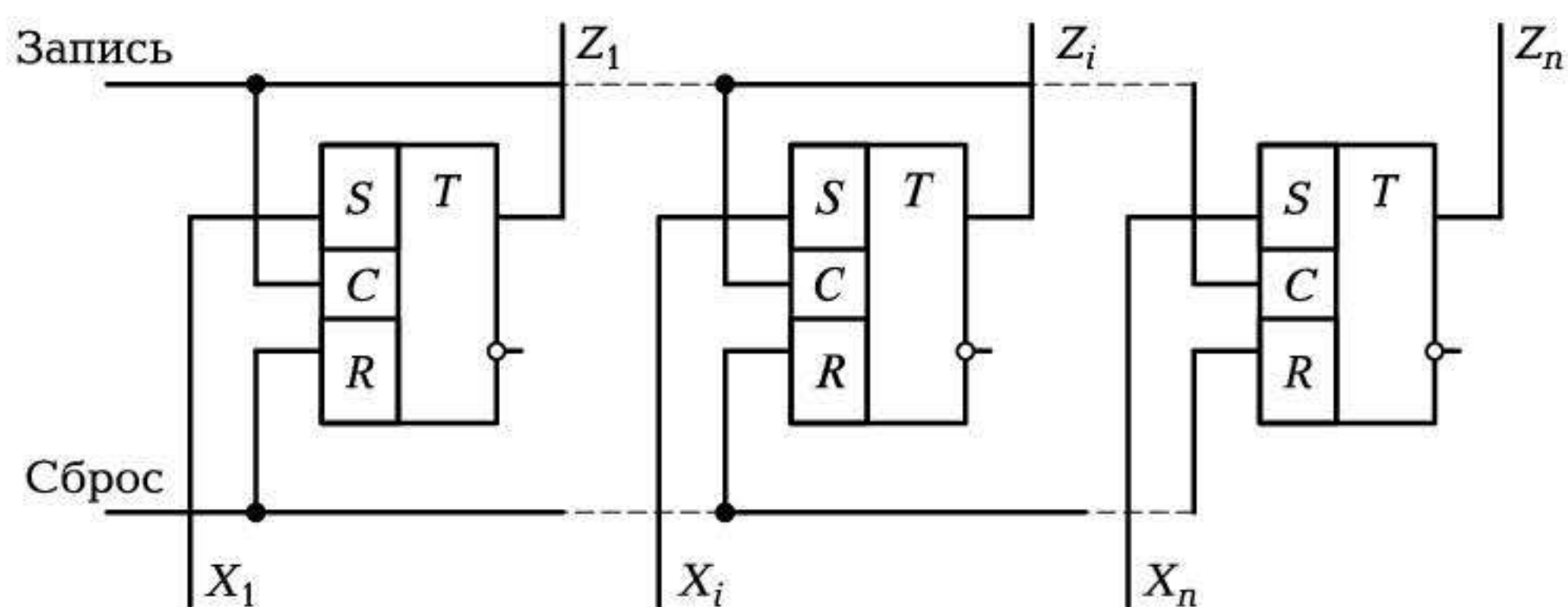


Рис. 1.9. Схема n -разрядного регистра на синхронных RS -триггерах

Суммирующий счетчик осуществляет подсчет поступающих на его вход сигналов и фиксацию результата в виде многоразрядного двоичного числа. Счетчик, состоящий из m -триггеров, дает возможность подсчитывать до N импульсов, связанных зависимостью

$$N = 2^m - 1.$$

В счетчиках применяют T -триггеры, изменяющие свое состояние на противоположное значение при подаче сигнала на счетный вход T . На рис. 1.10 показаны три разряда суммирующего m -разрядного счетчика, построенного на T -триггерах.

Перед началом подсчета импульсов все триггеры обнуляются сигналом «Сброс» (выходы Z устанавливаются в 0). С поступлением на вход (Вх.) импульса первый триггер переключается в состояние 1, второй импульс переводит его в состояние 0, но при этом следующий за ним триггер устанавливается в 1 и т.д. Такие счетчики применяются в ЭВМ в качестве таймеров и для отсчета текущего времени и даты.

Триггеры используются в ЭВМ для реализации сумматоров накапливающего и комбинационного типов.

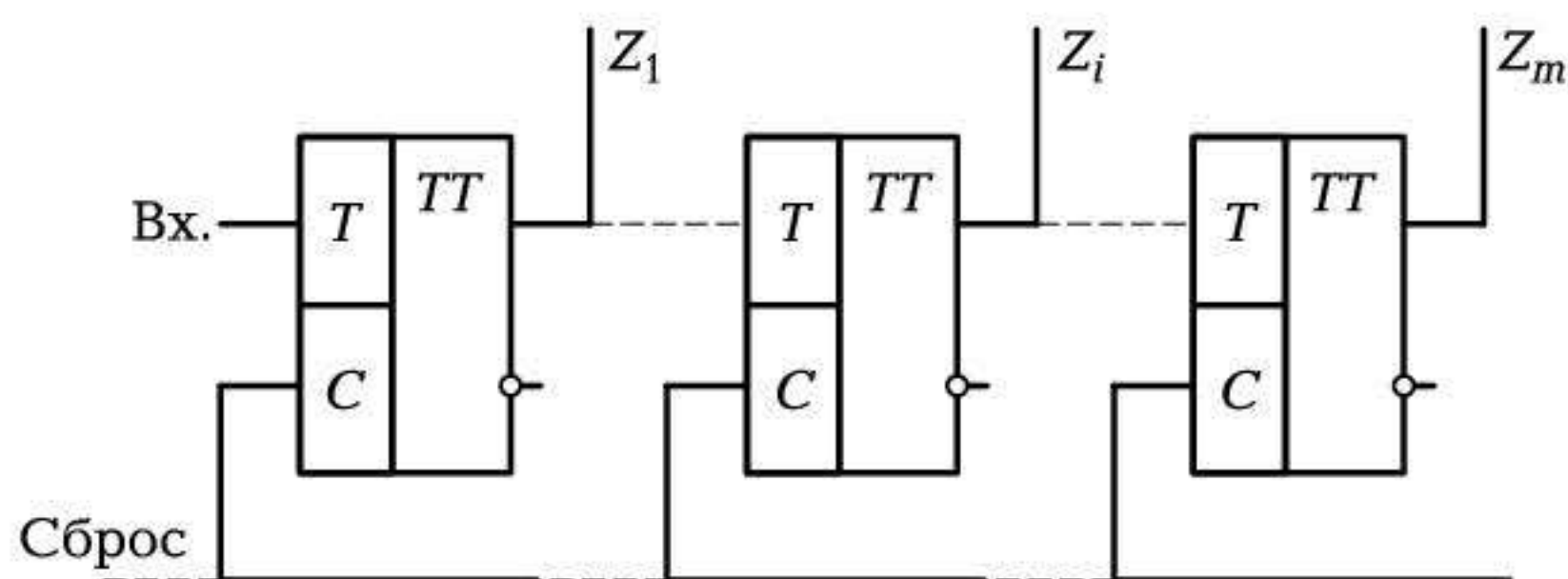


Рис. 1.10. Суммирующий m -разрядный счетчик

Сумматор представляет собой логическое устройство, предназначенное для выполнения арифметического сложения кодов двух двоичных многоразрядных чисел. В ЭВМ сумматор используется для выполнения арифметических (вычитания, умножения, деления) и логических (дизъюнкция и конъюнкция) операций. Обычно у сумматора на входе и выходе имеются регистры для хранения и преобразования кодов чисел и результата.

Регистры могут объединяться в регулярную единую структуру, образующую статическую память магазинного типа. Магазинная память образуется из последовательно соединенных многоразрядных регистров (рис. 1.11) и используется в ЭВМ для формирования очередности выполнения команд, подпрограмм и т. д.

Регистровая структура, представленная на рис. 1.11, а, является аналогом линии задержки сигналов, так как информация продвигается по регистрам последовательно в порядке поступления. Очередность считывания в такой памяти задается по принципу FIFO (first-in — first-out — «первым вошел — первым вышел»).

Память, образованная регистрами, представленными на рис. 1.11, б, называется стековой памятью, которая функционирует по алгоритму FILO (first-in — last-out — «первым вошел — последним вышел»). Регистр 1 является вершиной стека и через него осуществляется чтение. При записи очередного блока все содержимое стека сдвигается в сторону регистра N. Стек сдвигается в обратном направлении в сторону регистра 1, когда из вершины удаляется считанный блок информации.

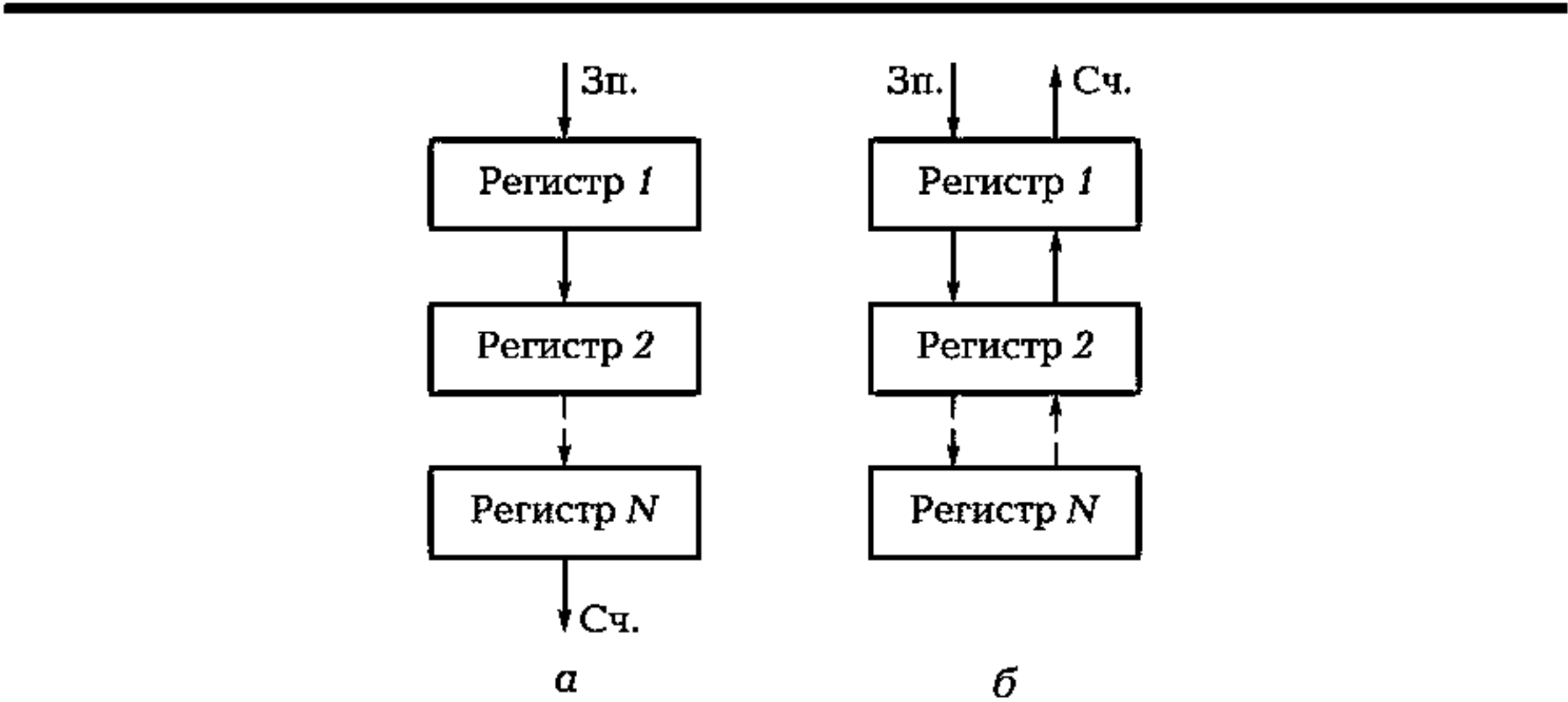


Рис. 1.11. Регистровая структура магазинного типа:
а — типа FIFO; б — типа FILO; Зп. — вход записи; Сч. — выход считывания блока информации

Все многообразие логических структур, построенных на трех базовых элементах И, ИЛИ и НЕ, позволило синтезировать и по мере развития электроники реализовывать сложнейшие процессоры, оперативную и постоянную память, микросхемы ввода-вывода информации и другие узлы цифровых ЭВМ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите базовые логические функции.
2. Что представляет собой таблица истинности логического элемента?
3. Составьте таблицу истинности для трехвходовой функции И—НЕ.
4. Напишите алгебраические выражения булевых функций И, ИЛИ.
5. В каких устройствах ЭВМ используют логические схемы с обратными связями?
6. Назовите типы триггеров и области их применения.

1.4. ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ЭВМ

Появление и дальнейшее совершенствование архитектуры ЭВМ тесно связано с развитием электроники, изучающей ионные и электронные процессы в вакууме, твердых телах, их поверхностных слоях, жидкостях, газах и плазме. Электроника создала теоретическую и практическую основу для производства элементной базы вакуумных, ионных, полупроводниковых, оптических и квантовых электронных приборов.

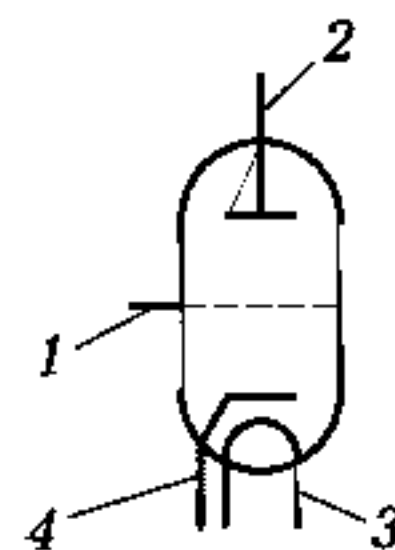
Качественный переход от электромеханических вычислительных машин к электронным (ЭВМ первого поколения) стал возможным благодаря применению электронных ламп (рис. 1.12).

Электронная лампа — это электровакуумный прибор, действие которого основано на изменении потока электронов (отбираемых от катода, разогретого нитью накала) электрическим полем, формируемым с помощью электродов (управляющих сеток и анода).

Первую двухэлектродную лампу (вакуумный диод) построил английский физик Джон Флеминг в 1904 г., а вскоре был изобретен триод, затем пятиэлектродная лампа — пентод и т. д. Электронные лампы дали толчок к созданию не только радиоэлектронных приборов, но и различных дискретных устройств. Например, триггер, изобретенный российским ученым Михаилом Александровичем

Рис. 1.12. Графическое обозначение электронной лампы (триода):

1 — сетка; 2 — анод; 3 — нить накала; 4 — катод



Бонч-Бруевичем (1918 г.), содержал два триода и мог находиться в одном из двух устойчивых состояний, т.е. хранить 1 бит информации.

Однако успехи полупроводниковой электроники (создание транзистора) обусловили бесперспективность дальнейшей разработки ЭВМ на лампах.

Транзистор (полупроводниковый триод) — твердотельный электронный прибор на основе полупроводникового монокристалла, предназначенный для генерирования и преобразования электрических колебаний. Он изобретен в 1948 г. У. Шокли, У. Браттейном и Дж. Бардином (Нобелевская премия за 1956 г.). В качестве полупроводниковых материалов для изготовления транзисторов использовали германий, а в настоящее время — преимущественно кремний (иногда арсенид галлия).

Транзисторы подразделяются на два основных класса: униполярные и биполярные.

В *униполярных (полевых) транзисторах* протекание тока через кристалл обусловлено носителями заряда только одного знака — электронами (n) или «дырками» (p).

По физической структуре и механизму работы полевые транзисторы условно подразделяются на полевые транзисторы с управляющим затвором (переходом металл — полупроводник) и полевые транзисторы с управлением от изолированного затвора — транзисторы МДП (металл — диэлектрик — полупроводник). В качестве диэлектрика широко используют окисел кремния (отсюда название — МОП-транзистор).

МОП-транзисторы различаются по двум видам проводимостей: p -типа и n -типа. Полевой транзистор с каналом p -типа открывается при отрицательном напряжении на затворе относительно истока, с каналом n -типа — при положительном напряжении.

Графические обозначения полевых транзисторов приведены на рис. 1.13.

Полевой транзистор является ключевым элементом (имеет пороговое напряжение переключения), что очень важно для построе-

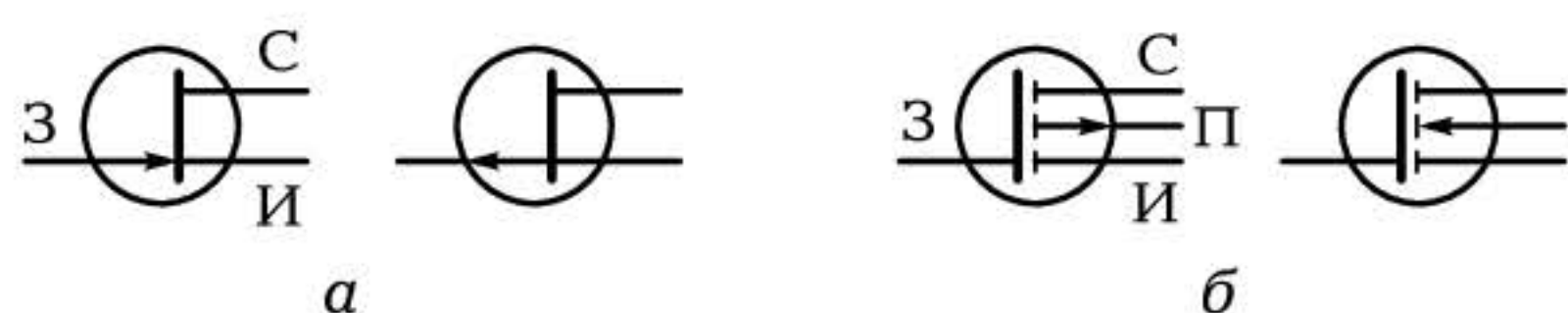


Рис. 1.13. Графическое обозначение полевых транзисторов:

а — полевой транзистор с управляющим затвором с *n* и *p* каналами; *б* — полевой транзистор с изолированным затвором с *p* и *n* каналами; *З* — затвор; *С* — сток; *И* — исток; *П* — подложка

ния цифровых схем. МОП-транзисторы занимают на кристалле очень маленькую площадь, а относительная простота изготовления и схемные особенности построения определили их преимущественное использование в больших интегральных схемах и сверхбольших интегральных схемах.

В *биполярных транзисторах* (или просто — транзисторах) прохождение тока через кристалл обусловлено движением носителей заряда обоих знаков. Такой транзистор представляет собой монокристаллическую полупроводниковую пластину, в которой созданы три области разной проводимости: дырочной (*p*) и электронной (*n*). В зависимости от порядка их чередования транзисторы могут быть *p—n—p*-типа и *n—p—n*-типа (рис. 1.14). Средняя область называется базой, две другие — эмиттером и коллектором.

Биполярные транзисторы управляются входным током базы, а полевые — входным напряжением, подаваемым на затвор.

В ЭВМ второго поколения вместе с транзисторами широко использовались ферритовые кольцевые сердечники с петлей гистерезиса — нелинейной кривой намагничивания, близкой к прямоугольной форме.

Ферриты — неметаллические твердые магнитные материалы (ферритмагнетики) — химические соединения оксидов некоторых металлов с оксидом железа. Ферритовые кольцевые сердечники устойчиво сохраняют одно из двух состояний намагниченности, которые можно отождествлять с нулевой и единичной информацией.

Ферритовые сердечники использовались в ЭВМ в качестве оперативной памяти с обращением по произвольному адресу и логиче-

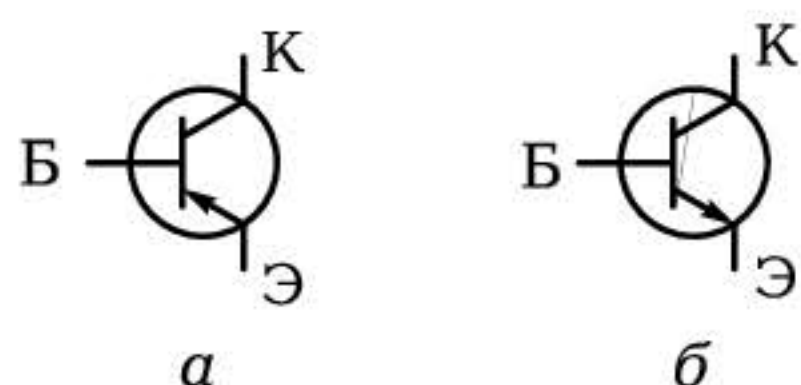


Рис. 1.14. Графическое обозначение биполярных транзисторов:

а — транзистор *p—n—p*-типа; *б* — транзистор *n—p—n*-типа; *Э* — эмиттер; *К* — коллектор; *Б* — база

ских элементов, которые формировались из феррит-диодных и феррит-транзисторных ячеек.

Феррит-диодные ячейки применялись в ЭВМ в 1950-х гг., а в 1960-х гг. они были вытеснены более совершенными феррит-транзисторными ячейками, которые, в свою очередь, были заменены интегральной электроникой.

Развитие полупроводниковой технологии позволило создавать на одном кристалле полупроводника электронные устройства, насчитывающие свыше нескольких десятков тысяч транзисторов. Такие устройства, получившие название «интегральные микросхемы» (ИС), стали основой аппаратной базы ЭВМ третьего поколения.

Первая монолитная интегральная полупроводниковая микросхема была изготовлена в 1958 г. Дж. С. Килби (лауреат Нобелевской премии в 2000 г.).

Переход к использованию ИС определил новое направление в конструировании и производстве малогабаритной и надежной радиоэлектронной аппаратуры, получившее название «микроэлектроника».

Микроэлектроника — это область электроники, занимающаяся созданием функциональных электронных узлов, блоков и устройств в микроминиатюрном интегральном исполнении. Используя достижения в области физики полупроводников, микроэлектроника обеспечивает согласно принципиальной электрической схеме конструктивное объединение в едином технологическом процессе большого числа микроминиатюрных транзисторов.

Такой процесс получил название «планарный». Он предполагает применение исходной заготовки в виде пластины из полупроводникового материала (монокристаллического кремния) для размещения большого числа функциональных однотиповых узлов, одновременно изготавливаемых в идентичных условиях в определенной последовательности технологических операций (рис. 1.15).

Процесс заключается в регламентированном выполнении следующих технологических операций: подготовка пластин кремния, эпитаксия, создание диэлектрических слоев, формирование $p-n$ -переходов, литография, травление, металлизация, контроль, сборка и герметизация корпуса микросхемы.

Технологический процесс начинается с получения металлургического слитка монокристаллического кремния. Затем происходит его механическая обработка: резка алмазными пилами на пластины, их шлифовка и полировка. После травления в смеси плавиковой, азотной и уксусной кислот с последующей промывкой получа-

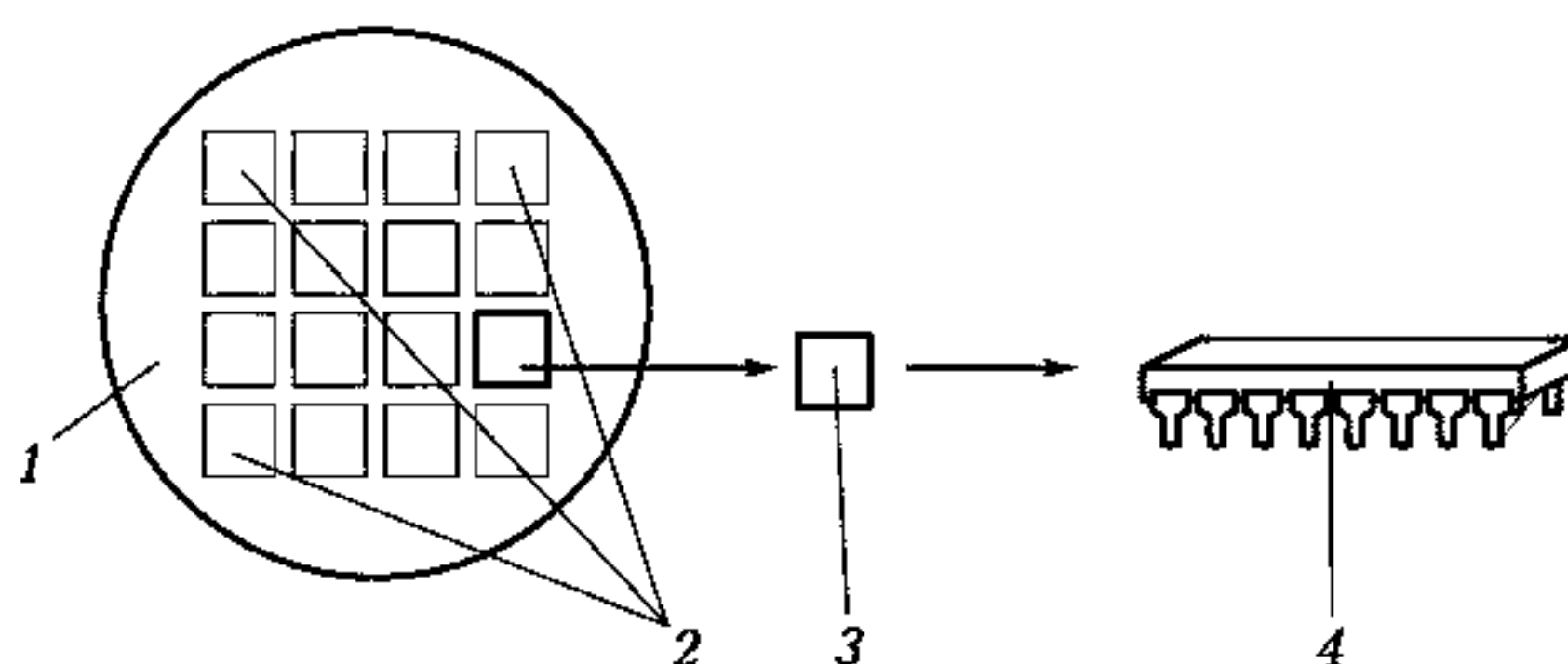


Рис. 1.15. Планарный процесс изготовления ИС:

1 — кремневая пластина; 2 — массив одинаковых функциональных узлов; 3 — монокристалл ИС; 4 — интегральная микросхема в корпусе

ются кремневые полированные пластины диаметром 15...40 см, толщиной 0,50...0,65 мм.

Процесс эпитаксии заключается в наращивании на полированной стороне пластины слоя с необходимыми электрофизическими свойствами (типом проводимости, удельным сопротивлением и т.д.).

Создание на пластине диэлектрических слоев и формирование проводящих участков происходит осаждением диэлектрических пленок, которые являются электрическим изолятором между металлами и средством защиты поверхности кристалла от воздействия окружающей среды.

Для изготовления $p-n$ -перехода используется химическая диффузия примесей, которая обеспечивает формирование базовых и эмиттерных областей и резисторов в биполярной технологии, создание областей истока и стока в МОП-технологии.

В процессе оптической литографии на пластину с помощью фотошаблонов послойно наносятся фрагменты рисунков, которые, поочередно накладываясь друг на друга, формируют функциональную схему ИС. Фотошаблон представляет собой стеклянную пластинку с рисунком, образованным непрозрачными и полупрозрачными участками. Для переноса схемы на пластину используется светочувствительный лак — фоторезист. Пленка фоторезиста наносится на пластину и через фотошаблон облучается ультрафиолетовым светом. После облучения пленка подвергается химическому или плазменному травлению — селективному удалению немаскированных участков фоторезиста для воспроизведения рисунка фотошаблона.

При изготовлении БИС и СБИС требуется неоднократное проведение литографического процесса для совмещения на пластине

целого ряда различных рисунков в многослойную электрическую схему, а для этого используется набор из десятка высокоточных фототаблонов.

После завершения формирования всего массива электрических схем пластина режется на отдельные монокристаллы ИС, которые после отбраковки на входном контроле поступают на монтаж.

Одним из основных методов монтажа кристалла является соединение его с корпусом твердыми припоями. Соединение контактных площадок кристалла с выводами корпуса осуществляется алюминиевой или золотой проволокой с помощью сварки.

Для герметизации ИС обычно используют эпоксидные смолы и кремнийорганические соединения. Основной целью герметизации корпуса является защита микросхемы от внешних механических и климатических воздействий.

Степень интеграции ИС характеризуется числом простейших элементов (инверторов) на одном кристалле. По степени интеграции ИС могут быть:

- малой степени интеграции — МИС (в одном корпусе несколько инверторов или один-два триггера);
- средней степени интеграции — СИС (в одном корпусе сложная логическая схема — сумматор или десятичный разряд счетчика);
- большой степени интеграции — БИС (в одном корпусе 2-, 4- или 8-разрядный микропроцессор);
- сверхбольшой степени интеграции — СБИС, содержащие, например, 32-разрядный процессор с кэш-памятью.

Геометрический (топологический) размер инвертора зависит от технологии производства и определяется проектными нормами, которые измеряются в нанометрах (чем меньше проектные нормы, тем выше степень интеграции микросхемы). В настоящее время проектные нормы не превышают 45 нм.

Наиболее распространены схемы инверторов на МОП-транзисторах (рис. 1.16).

Микросхемы на МОП-транзисторах. Логические схемы на МОП-транзисторах обеспечивают высокую плотность упаковки функциональных элементов, которая примерно на порядок выше, чем в ИС на основе биполярных транзисторов.

Микросхемы на КМОП-структурах. Для существенного снижения потребляемой мощности в логических МОП-схемах и повышения их быстродействия широко применяются КМОП-структуры (комплементарные МОП-схемы) на основе транзисторов разных типов проводимости. Малое потребление энергии позволяет ис-

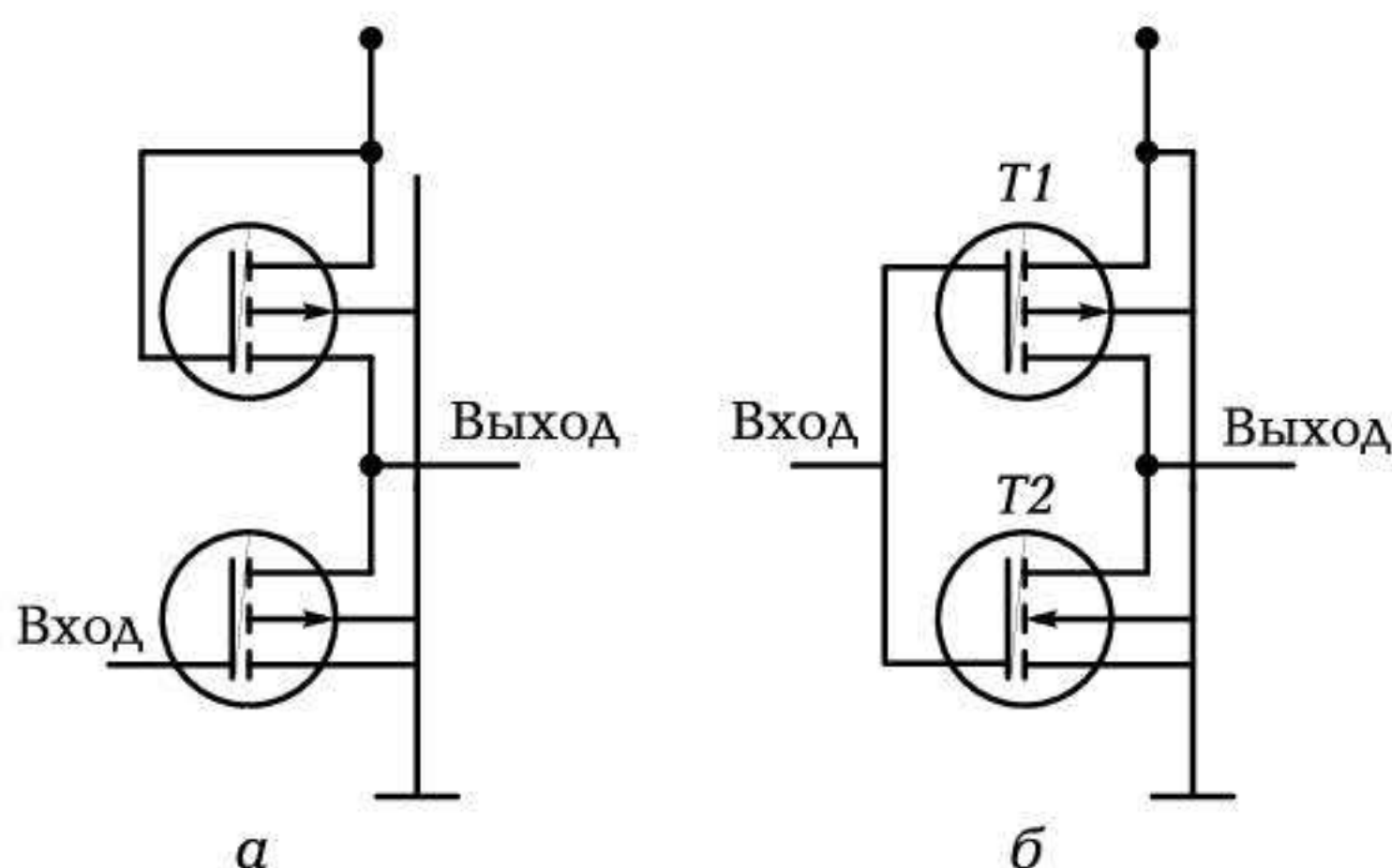


Рис. 1.16. Схемы инверторов:

а — на *p*-канальных МОП-транзисторах; *б* — на КМОП-структуре; T1 — *p*-канальный транзистор; T2 — *n*-канальный транзистор

пользовать КМОП-структуры для построения статических запоминающих устройств CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor — технология КМОП), которые из-за очень малого потребления надежно и длительное время (несколько лет) хранят информацию при наличии автономного питания от гальванических элементов.

Дальнейшее развитие цифровых ИС зависит от существенного повышения уровня интеграции и плотности упаковки транзисторов. Это связано с уменьшением геометрических размеров логических элементов (снижением норм проектирования), совершенствованием схемотехники, увеличением площади кристалла микросхем и исследованием и промышленным освоением принципиально новых технологий (например, нанотехнологий) и физических эффектов в области микроминиатюризации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое физическое свойство ферритов используется в запоминающих устройствах?
2. Чем отличаются биполярные и полевые транзисторы?
3. Почему в ИС широко применяются МОП-транзисторы?
4. В чем заключается планарный процесс изготовления микросхем?
5. Как подразделяются ИС по степени интеграции?

АРХИТЕКТУРА ЭВМ

2.1. КЛАССИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА ЭВМ

Первые упрощенные модели ЭВМ, так называемые абстрактные (воображаемые) вычислительные машины, независимо друг от друга в 1936 г. создали математики Эмиль Пост (США) и Алан Тьюринг (Великобритания).

«Машина Поста» и «машина Тьюринга» были аналогичны по своим возможностям, и при их построении использовались основные атрибуты реальных вычислительных машин: память, команда, программа.

Тьюринг ввел математическое абстрактное понятие *эквивалентный алгоритм* — заранее назначенное точное предписание, которое задает пошаговый (дискретный) процесс, начинающийся предопределенным образом и приводящий к результату за конечное число шагов. По Тьюрингу для каждой алгоритмически разрешимой математической задачи можно построить соответствующую вычислительную машину с необходимым и достаточным набором команд.

«Машина Тьюринга» состояла из бумажной ленты с записанными на ней символами из разрешенного рабочего алфавита, лентопротяжного механизма, читающей и пишущей головок и операционного (управляющего) устройства. В зависимости от используемых лент (фактически программ) она могла решать определенные математические или логические задачи. Следовательно, она имела основные свойства ЭВМ: пошаговое (за один такт) выполнение ограниченного набора элементарных операций (команд), запрограммированных в ленте (памяти).

Следующий важный шаг в совершенствовании вычислительной техники и становлении ЭВМ первого поколения сделал американский математик Джон фон Нейман. В 1946 г. в отчете «Предварительный доклад о машине EDVAC» фон Нейманом и рядом

инженеров были достаточно четко сформулированы базовые требования к структуре компьютера, известные как «принципы фон Неймана».

Один из основных принципов фон Неймана — вычислительные машины должны работать в двоичной системе счисления, т. е. программа (команды) и числа должны записываться в двоичном коде.

Впервые использовать в вычислительной математике бинарную (двоичную) систему счисления предложил в XVII в. немецкий математик Готфрид Лейбниц, сыгравший важную роль в истории создания электронно-вычислительных машин.

Джордж Буль, создав алгебру логики (булеву алгебру), первым провел аналогию между алгебраическими и логическими действиями, так как они предполагают единственные варианты ответов: «истина» или «ложь», т. е. 1 или 0. Физическое отображение 1 и 0 в ЭВМ — это пороговое представление цифры (например, есть напряжение — нет напряжения, есть импульс — нет импульса).

Булева алгебра располагала основными бинарными функциями (отрицание, дизъюнкция и конъюнкция), которые в определенных сочетаниях позволяют в двоичной системе счисления разрабатывать и реализовывать различные схемы ЭВМ, выполняющие сложение, вычитание, умножение, деление, сравнение символов и чисел и т. д.

Для обозначения двоичного знака или разряда был применен термин «бит» (сокращенно от *англ.* binary digit — двоичный знак).

Другой основной принцип фон Неймана — это принцип хранения программы. Программа вместе с числами и промежуточными результатами должна размещаться в запоминающем устройстве. Причем для повышения скорости вычислений была предложена иерархическая организация памяти: быстрое оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и более медленное внешнее долговременное запоминающее устройство (ВЗУ).

Следующие принципы фон Неймана:

- арифметическое устройство машины строится на основе схем, выполняющих операции сложения; создавать специальные устройства в целях выполнения иных арифметических и других операций нецелесообразно;
- в машине можно использовать несколько программ и реализовать передачу управления от одной программы к другой в соответствии с результатами вычислений;
- в машине используется параллельный принцип обработки чисел — операции над числами производятся одновременно по всем разрядам.

Основными функциональными узлами машины фон Неймана являются арифметико-логическое устройство (АЛУ) и устройство управления (УУ), объединенные в современных ЭВМ в центральное обрабатывающее устройство — процессор.

Классическая структура ЭВМ фон Неймана представлена на рис. 2.1.

Данная схема, состоящая из АЛУ, УУ, ОЗУ, ВЗУ и внешних устройств ввода-вывода, связанных одной шиной для передачи команд и данных и сигналами управления, получила название фон-неймановской архитектуры, т. е. архитектуры с общей (единой) магистралью для данных и команд, в составе которой одна общая память (как для данных, так и для команд).

ЭВМ, построенная по такой архитектуре, работает под управлением единственного устройства управления с ограниченным набором команд и функционирует согласно программе, записанной в ОЗУ. Оперативная память состоит из набора ячеек со своими уникальными адресами, в которых временно хранятся команды исполняемой программы и информационные слова (операнды).

Управляющее устройство, выполняя команды программы, автоматически обеспечивает согласованную работу всех составных частей машины. УУ может обмениваться информацией с оперативной памятью и внешними устройствами компьютера, а также приостанавливать выполнение программы до завершения операции ввода-вывода внешними устройствами.

Программы и данные в ОЗУ вводятся оператором с устройства ввода или автоматически из ВЗУ. ВЗУ является вспомогательным запоминающим устройством, предназначенным для хранения больших объемов информации в течение длительного времени.

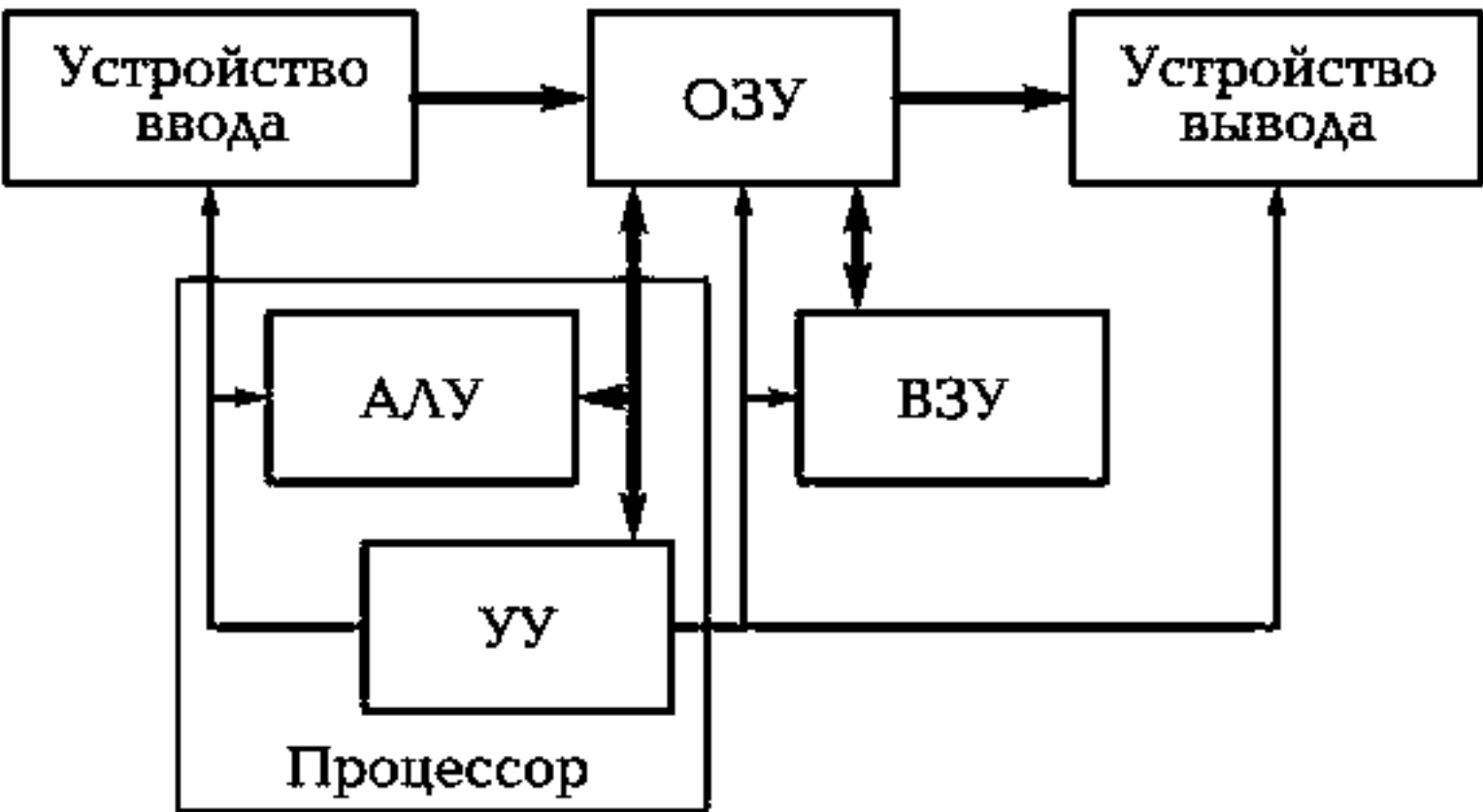


Рис. 2.1. Классическая структура ЭВМ фон Неймана:
→ — сигналы управления; ⇔ — потоки команд и данных

В каждый момент времени (такт работы) ЭВМ выполняет одну команду программы, адрес которой находится в специальном регистре УУ — счетчике команд. Программа выполняется последовательно, команда за командой, в соответствии с линейным наращиванием содержимого счетчика команд, или эта последовательность может меняться в зависимости от промежуточных результатов процесса вычислений. Это позволяет использовать сложные программы с ветвлениями и циклами.

Вызываемые из ОЗУ команды дешифрируются устройством управления.

Фактически каждая команда программы содержит перечень однозначных инструкций (микропрограмм) — из каких ячеек взять данные для обработки, какие арифметические или логические операции совершить с ними в АЛУ, в какую область памяти направить результат и как изменить содержимое счетчика команд, чтобы выбрать следующую команду, и т. д.

АЛУ выполняет арифметические и логические операции над данными, и каждый такт перенастраивается на выполнение очередной операции. В состав АЛУ входят сумматоры, счетчики, регистры общего назначения, логические преобразователи и др. Результаты выполнения отдельных операций сохраняются для последующего использования на одном из регистров АЛУ или записываются в оперативную память.

Результаты, полученные после выполнения программы, сохраняются в ВЗУ и передаются на устройства вывода ЭВМ в виде, удобном для восприятия человеком.

С развитием технологий архитектура фон Неймана незначительно изменялась и дополнялась, но двоичное счисление и классические принципы управления работой компьютера с помощью хранящихся в памяти программ остались фундаментальными.

Альтернативой фон-неймановской архитектуры является так называемая гарвардская архитектура. Ее модель была предложена позднее учеными Гарвардского университета в целях повышения быстродействия ЭВМ за счет параллельного выполнения отдельных процессов.

Гарвардская (двухшинная) архитектура основана на идее использования отдельных шин и областей памяти для данных и команд. Она модернизирует архитектуру фон Неймана, выделяя одну шину для выборки инструкций (шина команд), а другую для выборки операндов (шина данных).

Одновременная пересылка команд и данных позволяет существенно повысить быстродействие ЭВМ, так как обмен процессора



Рис. 2.2. Двухшинная архитектура ЭВМ

с каждым из двух типов памяти происходит одновременно по своей шине (рис. 2.2).

Архитектура с общей шиной (фон-неймановская) проще, так как она не требует от процессора одновременного обслуживания двух магистралей, контроля обмена по двум шинам сразу. Наличие единой памяти данных и команд позволяет оптимально распределить ее объем между кодами данных и команд.

Архитектура с раздельными шинами данных и команд сложнее классической, так как процессор должен одновременно работать по двум шинам с разными потоками информации. Программа может размещаться только в памяти команд, данные — только в памяти данных, что не дает возможности гибкого перераспределения памяти. Память данных и память команд в этом случае имеют не очень большой объем, поэтому данная архитектура преимущественно применяется при реализации микросхем процессоров, когда необходимо добиться максимального внутреннего быстродействия при ограниченной тактовой частоте.

Современные процессоры с внутренней двухшинной организацией способны совместить выполнение команд и проведение обмена данными с ОЗУ за счет использования конвейерных технологий и быстрой кэш-памяти.

Таким образом, современные ЭВМ базируются на фон-неймановской архитектуре, а для решения локальных задач используют гарвардскую архитектуру.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите принципы фон Неймана, положенные в основу построения современных ЭВМ.

2. Из каких устройств состоит фон-неймановская архитектура?
3. Опишите назначение функциональных узлов машины фон Неймана.
4. Почему архитектура фон Неймана называется классической?
5. В чем заключается преимущество гарвардской архитектуры?

2.2. АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЭВМ

Архитектура современных ЭВМ — это функционально взаимосвязанная система аппаратно-программных средств, доступных пользователю для решения его задач и реализации принципов организации процессов обработки данных.

Аппаратное обеспечение включает в себя основные конструктивные компоненты, обеспечивающие рабочую конфигурацию функционирования ЭВМ: процессор, системная плата, запоминающие устройства, монитор, клавиатура и периферийное оборудование, выполняющее преобразование и подготовку информации для удобного ввода в компьютер или вывода пользователю. Иногда термин «периферийное оборудование» отождествляется с внешними устройствами.

Базовым принципом построения всех современных ЭВМ остается программное управление.

Основной программой является *операционная система* — программа, управляющая всеми ресурсами ЭВМ, запускающая прикладные программы и выполняющая сервисные функции при работе компьютера. Сервисные программы обычно выполняют различные вспомогательные функции: создают резервные копии используемой информации, проверяют работоспособность устройств компьютера.

Принцип программного управления в современных ЭВМ может быть осуществлен различными способами.

По способу организации вычислительного процесса ЭВМ бывают параллельного и последовательного действия.

ЭВМ параллельного действия. ЭВМ параллельного действия (иногда их относят к вычислительным системам) содержат два и более процессора, которые могут одновременно использовать несколько потоков команд для обработки одиночного или множественного потока данных.

ЭВМ параллельного действия подразделяются на матричные (с одиночным потоком команд и множественным потоком данных) и

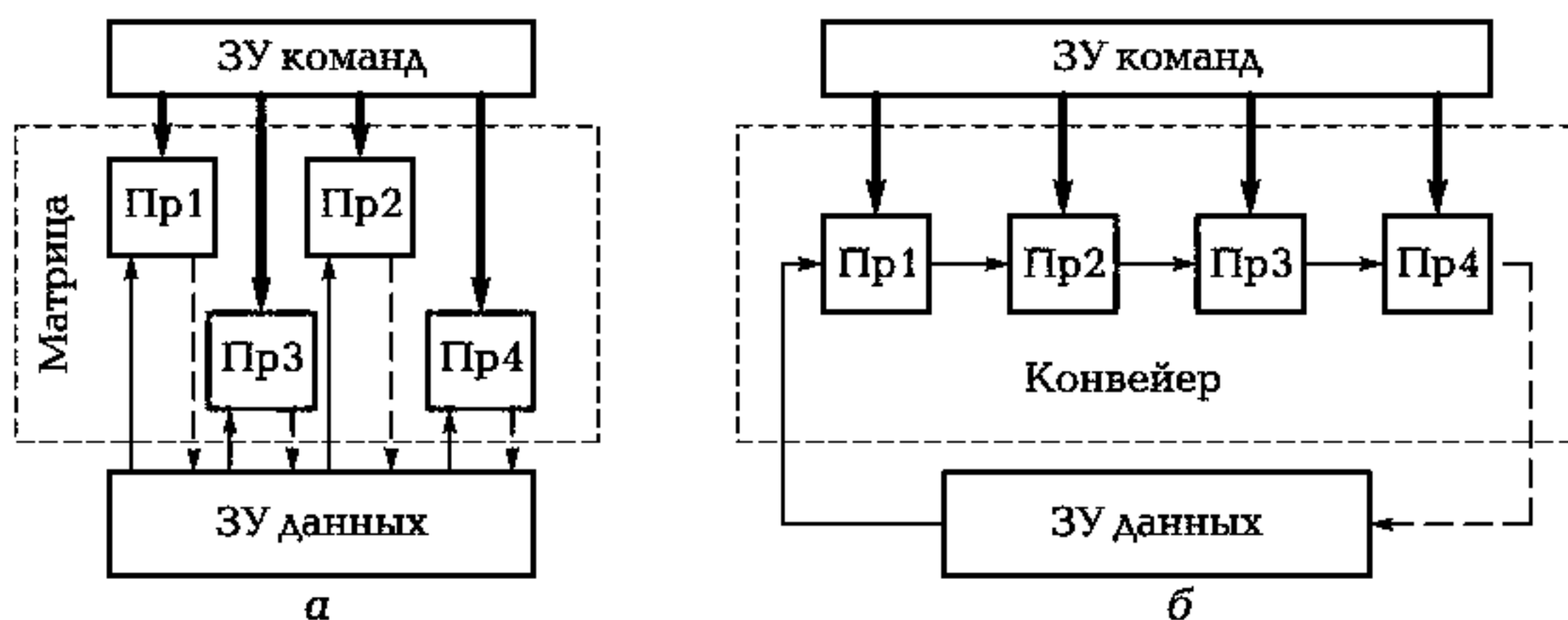


Рис. 2.3. Упрощенные схемы архитектуры ЭВМ с матричной (а) и конвейерной (б) структурой:

➡ — поток команд; → — поток данных; ---➡ — результат обработки информации; Пр — процессор

конвейерные (с множественным потоком команд и одиночным потоком данных) (рис. 2.3).

Матричные ЭВМ содержат несколько простых одинаковых процессоров, выполняющих одну и ту же команду, но над разными потоками данных. В сложных структурах каждый процессор в матрице имеет информационные связи со своими смежными «соседями» по горизонтали, вертикали или диагонали.

Объем данных, поступающих на обработку, нередко соответствует размерности матрицы, поэтому каждый из процессоров имеет в собственной памяти одну часть этих данных, например 1 байт из обрабатываемой информации. В сильно связанных матрицах любой процессор обрабатывает информацию, хранящуюся в собственной памяти, а также данные, поступающие от смежных процессоров по горизонтальным, вертикальным и диагональным информационным связям.

Конвейерные ЭВМ состоят из цепочки последовательно соединенных однотипных процессоров в так называемый конвейер, когда информация на выходе одного процессора является входной для другого и т. д.

Каждый процессор в этой структуре многократно выполняет одну и ту же команду над последовательностью данных, проходящих через конвейер. Если для обработки N различных блоков данных сохраняется одна и та же последовательность команд, то может быть построена конвейерная система длиной, равной последовательности команд, т. е. состоящая из N процессоров.

Архитектура с параллельной организацией вычислительного процесса обеспечивает очень высокую производительность и надежность, но из-за сложности построения и трудностей программирования она обычно применяется в специализированных супер-ЭВМ единичного производства.

Основой для универсальных ЭВМ последовательного действия и общего применения стала архитектура, описанная фон Нейманом при создании первых поколений компьютеров.

ЭВМ последовательного действия. Они, как правило, состоят из одного центрального процессора (ЦП), который последовательно в соответствии с адресами выбирает команды из ОЗУ, декодирует каждую из них, считывает данные в свои регистры, выполняет над ними микрооперации (в соответствии с предписанием в команде) и запоминает результаты в указанных ячейках памяти.

Связь ЦП с отдельными функциональными узлами и устройствами ЭВМ осуществляется по общей шине (ее называют еще системной магистралью), доступ к которой происходит в разные моменты времени. Системная магистраль представляет собой сгруппированные в шины линии связи: обмена данными и командами, передачи адресов, сигналов управления и контроля.

Шина данных — это основная шина, число разрядов (линий связи) которой определяет скорость и эффективность информационного обмена между всеми устройствами ЭВМ. Обычно шина данных имеет 32 или 64 разряда. Разрядность шины данных определяет и разрядность магистрали. Например, когда в техническом описании упоминается о 64-разрядной системной магистрали, подразумевается, что она имеет 64-разрядную шину данных.

Шина данных всегда двунаправленная, так как предполагает передачу команд и данных в обоих направлениях, поэтому выход ее каждой линии может иметь три состояния: уровни логического нуля, логической единицы и «разрыв» (высокое сопротивление) линии.

Шина адреса служит для передачи и определения адреса (номера) устройства, с которым в данный момент необходимо обмениваться информацией. Шина адреса обуславливает максимально возможный объем доступной оперативной памяти и, следовательно, размер программы и данных. Разрядность шины обычно кратна четырем, а число адресов, обеспечиваемых шиной адреса, равно 2^N , где N — число ее разрядов.

Шина адреса может быть однонаправленной (когда магистралью управляет только процессор) или двунаправленной (когда процессор может временно передавать управление магистралью другому активному устройству).

В шинах данных и адреса может использоваться положительная логика или отрицательная логика представления кода информации. При положительной логике высокий уровень напряжения сигнала на линии связи соответствует логической единице, низкий уровень — логическому нулю; при отрицательной логике — наоборот.

Для снижения в магистрали числа линий связи часто применяется так называемое мультиплексирование шин адреса и данных, когда одни и те же линии используются в разные моменты времени для передачи адреса и данных. Для повышения производительности в некоторых мультиплексированных магистралях после одного адреса могут передаваться несколько кодов данных (массив данных).

Шина управления является вспомогательной; она предназначена для синхронизации (тактирования) работы процессора и прочих активных устройств при взаимодействии с памятью и устройствами ввода-вывода. Она состоит из отдельных управляющих сигналов, каждый из которых в соответствии с диаграммой обмена информацией выполняет определенную функцию. Ее сигналы определяют тип (запись/считывание) текущего обмена информацией; отмечают моменты времени, соответствующие установке достоверных кодов на шинах адреса и данных; обеспечивают прямой доступ в ОЗУ и т. д.

В ПЭВМ применяются три основных режима обмена по системной магистрали:

- программный обмен информацией;
- обмен по прерываниям;
- прямой доступ к памяти (ПДП).

Программный обмен информацией является основным. В этом режиме операции обмена инициируются только процессором, и все они выполняются строго в порядке, предписанном исполняемой программой.

Обмен по прерываниям используется тогда, когда необходимо переключить работу процессора с текущей программы на обработку внешних событий, связанных с необходимостью ввода или вывода данных.

Прямой доступ к памяти — это режим обмена с ОЗУ по инициативе активного устройства без участия процессора.

Единая и однородная система аппаратных соединений значительно упростила архитектуру компьютера, сделав ее более универсальной и открытой для наращивания функциональных частей (рис. 2.4).

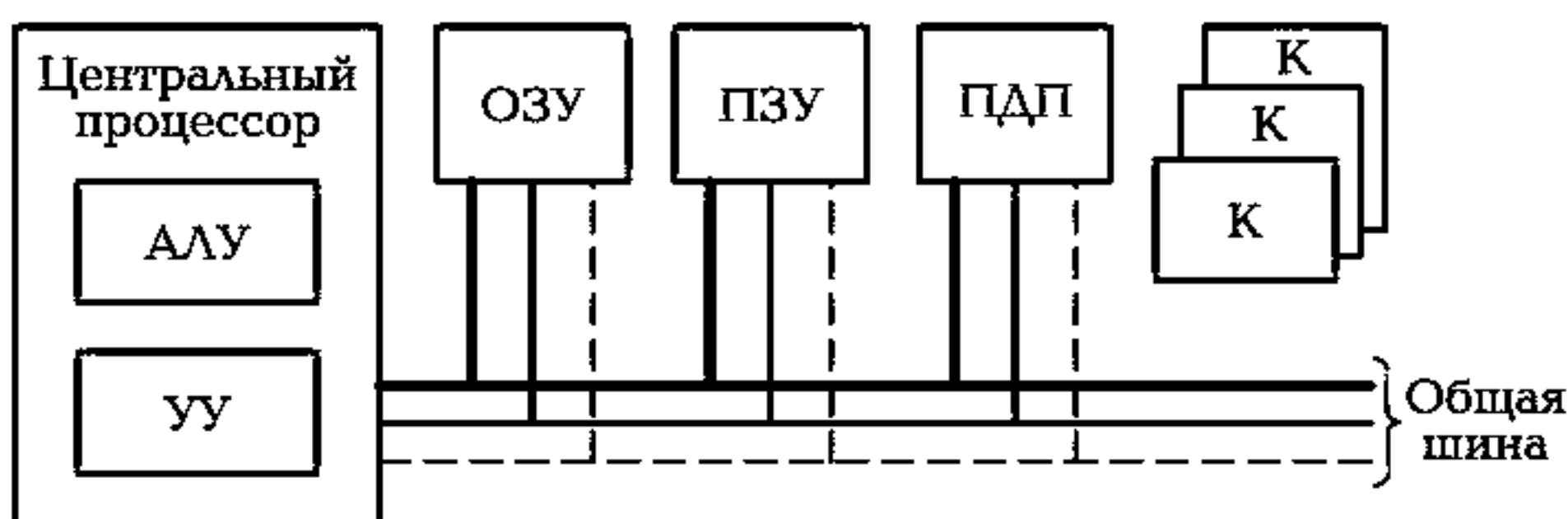


Рис. 2.4. Структурная схема ЭВМ с общей шиной:

—— — шина данных; ——— — шина адреса; — — — — шина управления и контроля; ОЗУ — оперативное запоминающее устройство; ПЗУ — постоянное запоминающее устройство; ПДП — устройство прямого доступа в ОЗУ; К — контроллеры ввода-вывода и накопителей

Основу ЭВМ составляют центральный процессор и системная память, состоящая из быстродействующего ОЗУ и постоянного запоминающего устройства.

Современные процессоры — это СБИС с микропрограммным управлением, которые интегрировали в себя АЛУ и УУ вычислительных машин первых поколений.

Основные функции процессоров:

- выборка команд из ОЗУ;
- декодирование команд;
- выполнение операций, закодированных в командах;
- управление пересылкой информации между своими регистрами и ОЗУ;
- обработка прерываний.

Основные характеристики процессоров:

- *разрядность* — количество двоичных разрядов, которые могут обрабатываться или пересылаться процессором одновременно;
- *быстродействие* — количество элементарных действий (операций), которое выполняет процессор в секунду.

В каждой ЭВМ имеются специальные узлы, формирующие *тактовые частоты* — последовательности синхронизирующих и управляющих сигналов, координирующих работу аппаратной части компьютера. Такт является частью цикла выполнения некоторой команды. Время выполнения любой операции процессора связано с определенным числом тактов, поэтому от тактовой частоты зависит быстродействие ЭВМ (больше частота — больше быстродействие).

Оперативное запоминающее устройство является главной и единственной памятью компьютера, оно реализует совместно с ЦП

процесс выполнения программ. ОЗУ предназначено для временно-го хранения и оперативного изменения своего содержимого.

ПЗУ предназначено для записи и постоянного хранения конфигурации, различных настроек, тестовых программ и программ начальной загрузки ЭВМ.

Подсоединение дисплея, клавиатуры, внешних запоминающих устройств и периферийных устройств обеспечивается через соответствующие программируемые контроллеры (адаптеры). Контроллеры служат для согласования протоколов обмена и скоростей работы по каналам ввода-вывода сопрягаемых устройств.

Устройство ПДП обеспечивает прямой обмен данными контроллеров с ОЗУ без загрузки процессора операциями пересылки информации. Таким образом, в ЭВМ происходит децентрализация управления: главное управление осуществляет ЦП, он инициирует и отслеживает результат работы контроллеров, которые в процессе выполнения своей локальной задачи функционируют автономно по собственным программам управления.

Фактически мы имеем иерархический принцип построения и управления, который характерен не только для ЭВМ в целом, но и для ее памяти. Действительно, одноуровневое построение памяти не позволяет выполнять взаимоисключающие требования, которые реализовать практически невозможно, — иметь запоминающее устройство большой информационной емкости и высокого быстродействия с приемлемыми массогабаритными параметрами. Поэтому память современных ЭВМ строится по многоуровневой системе: сверхоперативная память, кэш-память, оперативная и постоянная (долговременная) память.

Сверхоперативное запоминающее устройство представлено несколькими регистрами в ЦП с очень быстрым временем доступа (единицы наносекунд), в которых хранятся данные и микрокоманды, непосредственно используемые в работе АЛУ и УУ процессора.

Следующий уровень образует *кэш-память* — буферное запоминающее устройство, предназначенное для ускорения выборки команд и данных из ОЗУ. Кэш-память работает на опережающую загрузку команд и данных, которые вскоре могут потребоваться процессору при выполнении текущей программы.

В свою очередь, кэш-память имеет несколько уровней: самая быстродействующая память встраивается в процессор в качестве буфера между регистрами ЦП и ОЗУ, которая функционирует практически с той же скоростью (время обращения составляет десятки наносекунд), что и процессор, а менее быстродействующая находится во внешних накопителях.

ОЗУ — основная (главная) и менее быстродействующая память (время выборки — не более 100 нс), от которой в основном зависит производительность компьютера. Она предназначена для загрузки, текущего хранения и выполнения фрагментов операционной системы, пользовательских программ, их переменных и результатов работы и т. д.

На следующем уровне иерархии памяти находятся *внешние запоминающие устройства* (на гибких и жестких магнитных дисках, магнитных лентах, оптических дисках и т. д.) большой емкости с самым низким быстродействием, которые долговременно хранят огромные массивы программ и информации.

Иерархическая память образует своеобразный конвейер, позволяющий параллельно обрабатывать различные блоки команд и данных.

Согласованная работа всех уровней обеспечивается операционной системой, которая предоставляет пользователю возможность работы с виртуальной памятью ЭВМ, намного превышающей емкость ОЗУ.

Виртуальная память представляет собой совокупность всех ячеек ЗУ ЭВМ, связанных сквозной нумерацией, и обеспечивает переход от многоуровневой физической памяти к одноуровневой.

Любая операция в ЦП выполняется по определенной микропрограмме, реализуемой в схемах АЛУ соответствующей последовательностью сигналов управления (микрокоманд) или аппаратно. Каждая отдельная микрокоманда — это простейшее элементарное преобразование данных типа алгебраического сложения, сдвига на определенное количество разрядов, перезаписи информации из регистра в регистр и т. д.

В зависимости от системы команд центральные процессоры подразделяются:

- на CISC-процессоры (Complex Instruction Set Chip — микросхема с полным набором команд);
- RISC-процессоры (Reduced Instruction Set Chip — микросхема с упрощенной системой команд).

CISC-процессоры имеют более 200 машинных инструкций, которые выполняются за несколько тактов, малое число регистров общего назначения, значительное количество методов адресации и форматов команд различной разрядности.

Из-за простоты программирования CISC-процессоры в основном используются в универсальных ЭВМ, самыми массовыми из которых являются ПЭВМ.

В *RISC-процессорах* применяются команды постоянной длины и фиксированного формата. Выполнение большинства команд зани-

мает один машинный такт. Сверхоперативная память включает в себя большее число регистров (более 32), что позволяет существенно уменьшить число обращений к ОЗУ. RISC-процессоры широко применяются в рабочих станциях и серверах.

В современных ЭВМ для повышения производительности применяют CISC-RISC-процессоры.

Кроме центрального процессора в ЭВМ используются так называемые *сопроцессоры* для выполнения математических операций и *графические процессоры*, обеспечивающие обработку видеосигналов.

Для замены ЦП на ранее выпущенных ПЭВМ в целях защиты их от морального старения использовались дополнительные процессоры OverDrive. Они обеспечивали повышение параметров устаревших компьютеров и могли устанавливаться самими пользователями.

Модернизация компьютеров путем такой замены в настоящее время не используется из-за ее неэффективности, так как в ЭВМ после смены процессора всегда остаются медленные компоненты прежних выпусков.

В отдельных устройствах компьютера (например, в модемах и звуковых платах) могут применяться *цифровые процессоры обработки сигналов* (ЦПОС) с системой команд, ориентированных на битовые (одноразрядные) операции с данными.

Любая программа современных ЭВМ формируется из системы команд, которая содержит следующие основные группы:

- команды пересылки данных и загрузки адресов;
- арифметические команды и команды сравнения;
- логические команды;
- команды сдвига;
- команды ввода-вывода и т. д.

В каждой команде имеются поля кода операций и адресов операндов.

При выполнении математических расчетов указывают знаковые разряды, поле значащих разрядов чисел, старшие и младшие разряды.

Вызываемые из ОЗУ команды дешифрируются в центральном процессоре. Каждая команда содержит указания на конкретную выполняемую операцию, место нахождения операндов и имеет свой фиксированный адрес в области постоянной памяти управляющего устройства ЦП. Вызов команды инициирует запуск соответствующей микропрограммы, состоящей из набора элементарных инструкций.

Для доступа к программам, командам и операндам используются их адреса. В качестве адресов выступают номера ячеек памяти ЭВМ.

В зависимости от числа используемых в команде операндов различаются одно-, двух-, трехадресные и безадресные команды. В одноадресных командах указывается, где находится один из двух обрабатываемых операндов. Второй операнд может быть сохранен (помещен заранее) в регистрах АЛУ как промежуточный результат.

Двухадресные команды содержат указания о двух операндах, размещаемых в памяти (или в регистрах и памяти). После выполнения команды в один из этих адресов засылается результат, стирая предыдущий уже использованный операнд.

В трехадресных командах обычно два адреса указывают, где находятся исходные операнды, а третий — куда необходимо поместить результат.

В безадресных командах обычно обрабатывается один операнд, который до и после операции находится на одном из регистров АЛУ. Безадресные команды используются также для выполнения служебных операций (например, очистить экран, заблокировать клавиатуру, снять блокировку и др.).

Все виды информации (командная, числовая, символьная, текстовая, графическая, звуковая) имеют свои форматы с одинаковой кодировкой двоичными цифрами. Форматы состоят из целого числа байтов, поэтому организация памяти ЭВМ всегда кратна одному байту. Введенная информация полностью или частично сначала запоминается в ОЗУ, а затем переносится во внешнее запоминающее устройство, предназначенное для длительного хранения информации.

Для обмена ЭВМ с различными устройствами контроллеры имеют выделенные каналы ввода-вывода с последовательным и параллельным кодом передачи (приема) информации.

При каналах с *последовательным кодом* используются одиночные линии с минимальными аппаратными затратами, в которых данные передаются поочередно, разряд за разрядом.

Каналы с *параллельным кодом* используют одновременную передачу всех разрядов одного блока информации (как правило, байта). Естественно, при таком обмене скорость передачи и аппаратные затраты растут пропорционально числу разрядов кода.

Каналы могут быть *мультиплексными*, способными обслуживать с разделением по времени большое количество медленно работающих устройств ввода-вывода, и *селекторными* (выделенны-

ми), обслуживающие в монопольном режиме скоростные устройства.

Большинство универсальных ЭВМ для обеспечения информационной, аппаратурной и программной совместимости выпускают семействами, в которых в зависимости от времени разработки различают старшие и младшие модели. Программная совместимость в семействе устанавливается по принципу «снизу вверх», поэтому программы, используемые в старших (ранних) моделях, могут выполняться на младших ЭВМ более поздних выпусков.

Даже при значительных конструктивных и аппаратных различиях ЭВМ могут быть совместимыми, если одинаково представляют информацию и могут работать с одними и теми же прикладными программами, т.е. имеют систему однотипных команд. Работой таких компьютеров должны управлять одинаковые или функционально совместимые операционные системы.

При несовместимости ЭВМ используют имитацию работы одной вычислительной машины программными и (или) аппаратными средствами другой.

Например, программа, написанная в одной системе команд, может быть выполнена на ЭВМ с другой системой команд без переработки программы, но со специальной программой, эмулирующей эту систему команд.

Практически все современные персональные ЭВМ и их старшие модели имеют аппаратную, программную и информационную совместимости в пределах своего семейства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое архитектура современных ЭВМ?
2. Что включает в себя аппаратное обеспечение ЭВМ?
3. Назовите базовый принцип построения всех современных ЭВМ.
4. Что такое операционная система?
5. Почему в ЭВМ используется иерархическая память?
6. Для чего в ЭВМ используется общая шина?
7. В чем заключается основное отличие CISC-процессоров от RISC-процессоров?
8. Назовите основные группы команд и механизмы адресации оперативной памяти.
9. Зачем при обмене с ОЗУ используют устройство ПДП?
10. С какой целью производят семейства ЭВМ?
11. Чем различаются матричные и конвейерные ЭВМ?
12. Для чего необходима совместимость ЭВМ?

Постоянное расширение сфер деятельности людей с применением ЭВМ требует непрерывного развития и совершенствования их программных и аппаратных средств. Каждое поколение и отдельные модели ЭВМ имеют свое время существования — так называемый жизненный цикл.

Жизненный цикл ЭВМ, как и любого промышленного изделия, проходит ряд стадий:

- научный поиск — проведение фундаментальных, прикладных научных исследований и разработка технико-экономического обоснования для оценки целесообразности начала проектных работ;
- проведение опытно-конструкторских работ (ОКР) по проектированию технической документации и созданию опытных образцов новых технических средств;
- подготовка производства и выпуск опытной партии ЭВМ;
- серийный (массовый) выпуск новых изделий;
- модернизация (так называемый апгрейд ЭВМ);
- прекращение производства данного типа изделия и его утилизация.

Самый ответственный этап — проведение ОКР. От него в основном зависит срок морального старения аппаратной части ЭВМ и время жизненного цикла.

Основополагающим документом на проведение ОКР является техническое задание (ТЗ), которое устанавливает: основное назначение; технические, технико-экономические, производственные и специальные требования, предъявляемые к разрабатываемой ЭВМ. ТЗ определяет сроки этапов разработки; их финансирование; состав технической документации; порядок испытаний и приемки опытных образцов, ввода изделия в промышленную эксплуатацию и др.

В техническом задании в обязательном порядке указываются требования к функциональным характеристикам (быстродействие, разрядность, система команд, объем оперативной памяти и др.), электромагнитной совместимости, электропитанию, электрической прочности, сопротивлению изоляции, безопасности, обеспечению удобства эксплуатации, устойчивости к внешним воздействующим факторам, конструкции, использованию комплектующих элементов, маркировке и упаковке, транспортированию и хранению, патентной чистоте.

В процессе ОКР создается полный комплект конструкторской, эксплуатационной и технологической документации, предъявляются заказчику опытные образцы ЭВМ, изготовленные по этой документации и прошедшие технологическую тренировку согласно климатическим и механическим требованиям.

Приемка ЭВМ заключается в проверке и оценке соответствия конструкторской, эксплуатационной документации и опытных образцов требованиям ТЗ.

Приемочными испытаниями ОКР практически завершается, а комплекты конструкторской и технологической документации по решению заказчика передаются на завод-изготовитель для производства.

Различают три типа производства: единичное, серийное и массовое, которые отличаются количеством изготавливаемых ЭВМ. Например, функционально и конструктивно сложные ЭВМ, такие как суперЭВМ, могут изготавливаться в единичном производстве; персональные ЭВМ и периферийные устройства выпускаются в серийном или массовом производстве.

Проектирование ЭВМ заключается в получении всей системы структурных, функциональных, схмотехнических и конструктивных компонент, обеспечивающих ее тиражирование в производстве и функционирование с заданными в ТЗ характеристиками и параметрами.

Схмотехническое проектирование ЭВМ характеризуется большой трудоемкостью, поэтому используются машинные методы автоматизации данного процесса.

Не менее важная задача — разработка печатных плат с требуемой плотностью монтажа. Разводка печатной платы — очень сложный процесс, требующий автоматизированного проектирования на ЭВМ и связанный с необходимостью решения взаимосвязанных и противоречивых задач: с одной стороны, повысить плотность упаковки компонентов на плате, сократить число слоев в подложке; с другой стороны — исключить локальный перегрев элементной базы и обеспечить помехоустойчивость электрической схемы.

При проектировании должна быть решена задача обеспечения эксплуатационной устойчивости ЭВМ к воздействию внешних климатических и механических факторов, так как от этого в значительной степени зависит ее надежность.

Нормальными климатическими условиями эксплуатации ЭВМ общего применения считаются: температура окружающей среды — 5...35 °С; относительная влажность воздуха — около $(60 \pm 15) \%$; атмосферное давление — 630...800 мм рт. ст. Воздействие более низ-

ких температур на ЭВМ допускается только в нерабочем состоянии (при хранении в неотапливаемых помещениях и транспортировании).

Повышенная рабочая температура снижает надежность комплектующих элементов и ЭВМ в целом. Циклические колебания температуры могут привести к механическим напряжениям и повреждениям конструкции.

Элементная база не должна эксплуатироваться в режимах и условиях, не оговоренных в технической документации, поэтому на платах применяют навесные элементы для ее крепления, защиты от внешних дестабилизирующих воздействий (покрытие лаком), отвода теплоты (радиаторы, вентиляторы) и т.д.

В основном технологические процессы изготовления ЭВМ направлены на производство печатных плат, несущих конструкций, крепежных деталей и защитно-декоративных изделий; сборку; монтаж; контроль; регулировку и проведение испытаний.

Печатные платы подразделяются на односторонние (проводники располагаются только на одной стороне), двухсторонние (разводка проводников реализовывается на двух поверхностях) и многослойные. Основой печатной платы является жесткая подложка из диэлектрика, изготовленная из листов стеклоткани с токопроводящим слоем (медной фольгой). Многослойные печатные платы формируются прессованием из нескольких слоев двухсторонних плат, между которыми проложены изолирующие прокладки из стеклоткани, пропитанной эпоксидной смолой.

В ПЭВМ находят применение двухсторонние и многослойные печатные платы (рис. 2.5) с металлизацией сквозных (переходных) отверстий (межслойных соединителей).

При изготовлении плата проходит ряд технологических операций: обрезка (вырубка) заготовки, сверление отверстий, химико-гальваническая металлизация отверстий, нанесение рисунка проводников и контактных площадок, травление поверхности для удаления лишнего медного покрытия и т.д. Для удобства монтажа и ремонта на плату наносится маркировка мест установки компонентов, их обозначение в соответствии с принципиальной электрической схемой. Затем плату покрывают зеленой защитной маской из прочного лакокрасочного материала, предохраняющего проводники от перегрева и случайного попадания припоя или флюса при автоматизированной пайке. Открытыми остаются только монтажные контактные площадки для распайки электронных компонентов.

Технические средства персональных ЭВМ разрабатываются и изготавливаются на базе конструкций стандартных типоразмеров

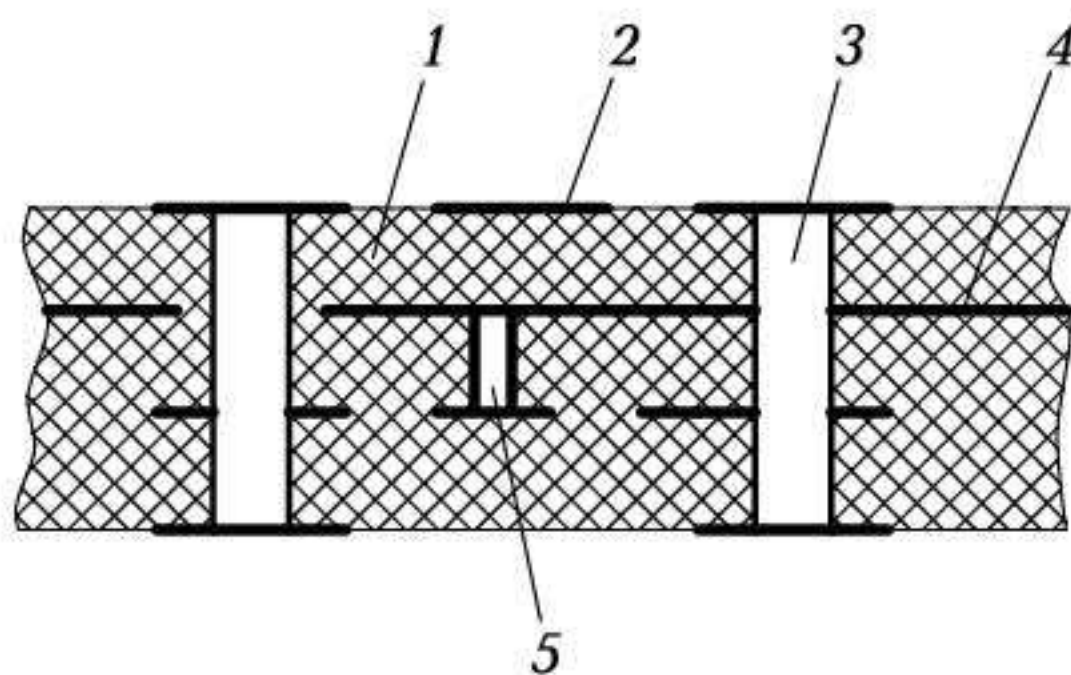


Рис. 2.5. Многослойная печатная плата в разрезе:

1 — трехслойная подложка; 2 — рисунок проводников и контактных площадок; 3 — сквозное металлизированное отверстие; 4 — разводка питания; 5 — переходное металлизированное отверстие между слоями платы

печатных плат (системных, видеоадаптеров и модулей), гибких, жестких и оптических дисководов.

Особое значение имеет стандартизация элементной базы ЭВМ: по номиналам, выводам и корпусам ИС различной степени интеграции, тактовым частотам, питанию, рабочей температуре и т.д. Стандартизация устанавливает комплекс норм, правил и требований к изделию в соответствии с действующими нормативно-техническими документами и обеспечивает программную, информационную, техническую и эксплуатационную совместимость с различными видами и моделями ЭВМ.

Стандартизация обеспечивает единство конструктивного исполнения изделий ЭВМ разных производителей, а также совместимость разъемных соединений, электронных модулей, встраиваемых устройств и разнообразного периферийного оборудования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие стадии определяют жизненный цикл ЭВМ?
2. Назовите основные этапы проектирования ЭВМ.
3. Перечислите обязательные требования, предъявляемые к разрабатываемой ЭВМ.
4. Что собой представляет печатная плата?
5. Опишите технологический процесс изготовления печатных плат.
6. Назовите устройства ЭВМ, в которых используются печатные платы.

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

3.1. МАГИСТРАЛЬНО-МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ

3.1.1. Шинная организация ПЭВМ

Бурное и непрерывное развитие ПЭВМ в значительной степени связано с использованием открытой архитектуры, предложенной фирмой IBM и нашедшей преимущественное распространение во всем мире.

Историческое развитие децентрализованной структуры и управления ЭВМ привело к общепринятой, а затем к стандартной идеологии создания современных компьютеров: аппаратурная модульность построения, магистральность (использование шинных связей), масштабируемость (возможность наращивания вычислительных ресурсов) и иерархия управления. Данная идеология разрешает противоречия между требованиями однотипности изделий массового производства и многообразием моделей совместимых ПЭВМ и реализуется аппаратно-программными средствами.

Аппаратурная модульность построения предполагает выделение в структуре ЭВМ небольшой разновидности автономных, функционально и конструктивно совместимых устройств (процессора, модулей памяти, системных плат, накопителей на магнитных и оптических дисках, блоков питания и т. д.), соединенных унифицированными линиями связи и управления.

Модульная конструкция ПЭВМ делает ее открытой вычислительной системой, способной к адаптации и совершенствованию структуры. К ПЭВМ можно подключать устройства различных производителей, улучшая ее технические и экономические показатели и приспособлявая компьютер к конкретным условиям применения в соответствии с меняющимися требованиями пользователей и появлением новых аппаратных и программных средств.

Полная модульность структуры ПЭВМ требует стандартизации и унификации оборудования для совместимости технических и программных средств, средств сопряжения — интерфейсов (физи-

ческих связей) и протоколов обмена данными, конструктивных решений, применения типовых элементов замены, унификации элементной базы и нормативно-технической документации. Все это способствует улучшению технических и эксплуатационных характеристик ПЭВМ, росту технологичности производства и снижению их стоимости.

В вычислительной системе, состоящей из множества автономно функционирующих подсистем (модулей), необходимы механизмы их информационного и организационного взаимодействия.

Прежде всего эти модули должны быстро и эффективно обмениваться данными. Каждое устройство ПЭВМ должно взаимодействовать по общим или независимым линиям связи, используя единые или разные правила (протоколы) обмена информацией.

Для достижения наибольшей универсальности и упрощения обмена информацией между основными устройствами ПЭВМ применяются шинные структуры связей.

Магистральность определяет единство шинной структуры ПЭВМ, когда все сигналы между устройствами могут передаваться по одним и тем же линиям связи с разделением во времени (мультиплексированная передача). Обмен сигналами по общим линиям связи может осуществляться в обоих направлениях (двухнаправленная передача), что существенно сокращает количество соединений.

Это достоинство шинной структуры позволяет устройствам, подключенным к общей шине, принимать и передавать информацию по одним и тем же протоколам обмена. В этих устройствах все узлы, отвечающие за обмен с общей шиной, должны быть единообразны и унифицированы.

Наличие общей информационной системной магистрали, состоящей из набора многоразрядных шин, к которым на разных уровнях иерархии возможно подключение различных модулей через разъемы расширения и контроллеры, позволяет увеличивать производительность, наращивать оборудование, улучшать структуру ПЭВМ путем замены отдельных устаревших устройств на современные технические средства и т. д.

Отдельные (выделенные) линии связи небольшой разрядности используются в основном для взаимодействия ПЭВМ с периферийными устройствами ввода-вывода.

Компьютерная шина — это комплект из трех типов линий разной разрядности и производительности: управления, адреса и данных.

Основной характеристикой любой шины является полоса пропускания (скорость передачи информации), которая определяется ее разрядностью и частотой обмена.

Для управления обменом данными и исключения конфликтных ситуаций в шинах используется механизм арбитража, согласно которому устройства, подключенные к шине, подразделяются на bus masters (главное, или ведущее) и bus slaves (подчиненные, или ведомые). Ведущие устройства способны управлять работой шины, т. е. инициировать обмен информацией. Ведомые устройства могут передавать данные только по разрешению главных устройств.

С процессорной, или локальной, шиной отождествляют шину процессора, которую принято называть шиной FSB (Front Side Bus — частотная внешняя шина). Она является единственным каналом связи и управления между процессором и всеми остальными устройствами персонального компьютера. Разрядность шины процессора определяет разрядность внешней кэш-памяти и оперативной памяти. Процессорная шина ПЭВМ, как правило, не может быть унифицирована, так как зависит от используемых процессоров, разрядность, организация обмена с ОЗУ и частота работы которых непрерывно меняются.

Системная шина предназначена для обеспечения передачи данных между процессором и внутренними устройствами и является самым востребованным и ограничивающим ресурсом ПЭВМ. По мере развития персональных компьютеров использовалось несколько стандартов организации системных шин.

Шина ISA (Industry Standart Architecture — промышленная стандартная архитектура) широко использовалась в персональных компьютерах IBM PC, IBM PC/XT и IBM PC/AT. Она характеризуется 16-разрядной шиной данных с невысокими скоростями обмена (8 Мбайт/с).

Следующая ее модификация — шина EISA (Extended Industry Standart Architecture — усовершенствованная промышленная стандартная архитектура) — использовалась в компьютерах с процессорами i80386 и i486. Она являлась расширением ISA и сохраняла аппаратную совместимость с модулями предыдущих моделей ПЭВМ. Максимальная скорость передачи по шине EISA составляла около 33 Мбайт/с.

Системная шина стандарта MCA (Micro Channel Architecture — микроканальная архитектура) применялась в IBM PS/2 и была несовместима с ISA и EISA. Шина поддерживала 8/16/32-разрядную асинхронную передачу данных и позволяла адресовать до 4 Гбайт памяти. Пропускная способность шины MCA составляла 20... 160 Мбайт/с.

Более совершенная 32-разрядная синхронная шина стандарта PCI (Peripheral Component Interconnect — взаимосвязь периферийных компонентов), созданная в 1992 г., используется и в настоящее время в виде 64-разрядной модификации. Шина PCI не зависит от типа процессора, так как предусматривает использование специального контроллера памяти — северного моста (Northbridge), разделяющего сигналы процессорной и системной шин и осуществляющего разрешение конфликтов по доступу в ОЗУ (рис. 3.1).

В шине применяется передача данных методом линейных пакетов, когда блок информации считывается и записывается непрерывной последовательностью, байт за байтом, с автоматическим приращением адресов. Для уменьшения размерности шины в PCI применено мультиплексирование (передача адреса и данных по одним и тем же линиям в разные моменты времени). Стандарт PCI позволяет использовать «мосты» для организации связи, например с шиной ISA. В новых спецификациях стандарта предусмотрена поддержка «горячей» замены PCI-устройств. Ввод такой возможности позволит менять платы в слотах шины без выключения компьютера.

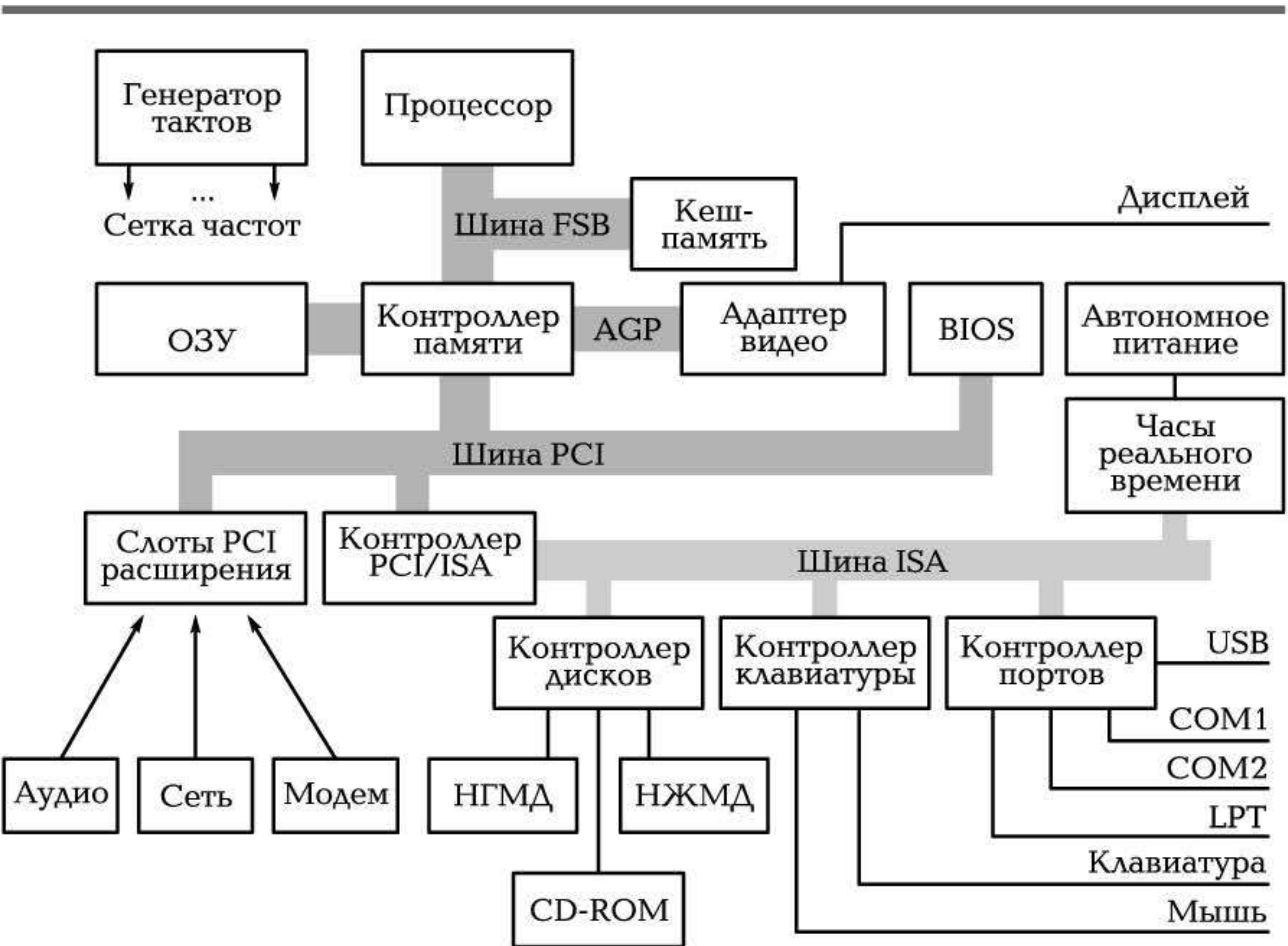


Рис. 3.1. Структурная схема ПЭВМ

Во время перехода на шину PCI существовали компьютеры с шинами PCI и ISA (см. рис. 3.1). Для обеспечения информационного взаимодействия между этими шинами в ПЭВМ применялся контроллер PC/ISA — южный мост (Southbridge), который обеспечивал соединение с более медленными компонентами и периферийными устройствами.

Главной причиной длительного применения шины ISA являлось большое количество выпускаемых модулей с этим стандартом.

В дальнейшем вместо шины ISA для южного моста была применена более простая шина LPC (Low Pin Count Interface — малоконтактный интерфейс). Эта шина имела всего семь основных линий для передачи информации и шесть дополнительных линий, обеспечивающих подключение устройств. Шина LPC пригодна как для настольных, так и для мобильных систем. Она обеспечивает управление потребляемой мощностью и увеличивает адресуемое пространство с 16 Мбайт (шина ISA) до 4 Гбайт.

Применяя шину LPC, корпорация Intel перешла от использования мостов к применению хабов (повторителей). В новой структуре управление шиной PCI отдается южному хабу, к которому по шине LPC подключается контроллер гибких дисков, LPT, COM, клавиатуры и мыши.

Северный мост представляет собой хаб MCH (Memory Controller Hub — хаб контроллера памяти) — контроллер локальных шин процессора и видео (AGP), оперативной памяти и связи с южным хабом. Интерфейс между хабами представляет собой быструю прямую связь «точка — точка» и не предназначен для подключения каких-либо устройств.

Южный мост является хабом ICH (I/O Controller Hub — хаб контроллера ввода-вывода) — контроллером ввода-вывода (жестких дисков, USB, аудио и шин PCI и LPC) и выполняет функции системной шины.

В такой архитектуре шина PCI уже не является системной шиной, а является только шиной расширения, которая допускает устанавливать слоты для подключения к ПЭВМ дополнительных модулей (карт). Организация шины позволяет совмещать на одной карте до восьми функционально законченных устройств.

Шина PCI поддерживает технологию Plug and Play («подключил и работай»).

Каждый добавляемый модуль при подключении сообщает свои данные, позволяющие операционной системе автоматически сконфигурировать ПЭВМ с новым устройством и разрешить аппаратные конфликты.

Шина PCI, хотя и является довольно быстрой, не способна эффективно передавать графическую информацию. Поэтому для ее передачи используют отдельную 32-разрядную локальную шину AGP (Accelerated Graphics Port — ускоренный графический порт), которая через контроллер памяти имеет прямой доступ в ОЗУ.

Ускоренный графический порт AGP необходим для эффективной работы ускорителя трехмерной графики (3D-акселератора), для которого требуется видеопамять большого объема, чтобы получить на мониторе качественное изображение. Шина AGP может обеспечить скорость передачи графических данных более 1 Гбайт/с.

В настоящее время наметилась выраженная тенденция перехода от параллельных шин к последовательным, т. е. к использованию в архитектуре ПЭВМ сетевых решений. На смену шины PCI пришел новый стандарт последовательной высокоскоростной шины PCI Express. Шина PCI Express полностью заменяет стандарт PCI внутри настольных и переносных ПЭВМ.

В отличие от PCI новая шина представляет собой группу независимых (выделенных) последовательных (одноразрядных) дуплексных каналов передачи данных, каждый из которых состоит из двух сигнальных линий и обеспечивает соединение типа «точка — точка». Стандартом предусмотрено формирование шины PCI Express с применением 1, 2, 4, 8, 16 и 32 каналов, что позволяет увеличивать скорость обмена данными до 0,5... 16 Гбайт/с. Для обеспечения достоверного обмена данными используется помехоустойчивое кодирование.

Применение шины PCI Express позволяет не только в десятки раз увеличить скорость обмена информацией, но и существенно сократить число контактов в микросхемах мостов, упростить разводку системных плат ПЭВМ и эффективно заменить шину AGP.

Основу информационного взаимодействия между аппаратными частями большинства ПЭВМ (см. рис. 3.1) составляет система взаимосвязанных параллельных шин различных уровней: процессора (шина FSB), системной шины (шины стандарта PCI) и шины ISA (LPC), обслуживающей накопителя и устройства ввода-вывода.

Ядро ПЭВМ образуют процессор и буферная память (кэш-память), непосредственно связанные процессорной шиной FSB. Процессор напрямую взаимодействует с кэш-памятью и имеет высший (абсолютный) приоритет при работе с ОЗУ по отношению к другим устройствам.

Все современные процессоры имеют встроенную кэш-память первого (реже — второго) уровня, поэтому кэш-память, представ-

ленную на рис. 3.1, можно отнести к кэш-памяти третьего уровня. Данная буферная память предназначена для ускорения процесса обмена данными между процессором и ОЗУ. Как уже отмечалось ранее, кэш-память строится на основе статических ЗУ, которые на порядок быстрее, чем оперативная память динамического типа.

ОЗУ создается по модульному принципу и позволяет наращивать объем памяти до 4 Гбайт.

Весь обмен информацией в компьютере объединяется в единое целое контроллером памяти — коммутационной микросхемой (северным мостом). Такое построение центральной части ПЭВМ позволяет оптимально соединить функциональные компоненты компьютера, сохраняя возможность их независимой модернизации. Например, используя один и тот же тип северного моста, можно применять процессоры разной производительности; заменяя мост, можно, используя с процессором совершенно разные типы оперативной памяти.

Процессор через мост может подключаться к шине PCI, обеспечивая возможность одновременной передачи данных между несколькими слотами. Слоты PCI расширяют возможности ПЭВМ за счет использования унифицированных функциональных дополнительных модулей — звуковых и модемных плат, сетевых карт, различных контроллеров периферийных устройств и т. д.

Шины ISA или LPC в основном используются для объединения контроллеров накопителей, клавиатуры и портов ввода-вывода.

Шина AGP соединяет только одно устройство — видеоадаптер — с AGP-контроллером северного моста. Таким образом, шина предоставляет возможность видеоадаптеру обращаться за графическими данными в ОЗУ по своему отдельному каналу, тем самым позволяя современным 3D-ускорителям использовать не только встроенную память, но и системную память ПЭВМ.

Все устройства ПЭВМ работают на различных частотах, поэтому для выработки сетки необходимых синхронизирующих тактовых частот используется генератор тактов.

ПЭВМ представляет собой комплекс различных устройств, каждое из которых может автономно выполнять свойственные ему функции под управлением своего контроллера параллельно с процессором и другими такими же активными устройствами. Иницирует, организует и контролирует эту работу процессор. Для оперативного обслуживания всех активных компонент ПЭВМ процессору необходимо знать текущее состояние их функциональных процессов, т. е. периодически отслеживать это состояние.

Чтобы не загружать процессор такими опросами в ожидании штатных или критических событий, используется система прерываний. Система прерываний позволяет процессору выполнять текущую работу, отвлекаясь на проверку состояния компонент ПЭВМ только при необходимости, когда требуется среагировать на возникшую ситуацию. Источниками (запросами) прерываний могут быть сбои и неисправности в аппаратуре; сигналы таймера, модулей, контроллеров и периферийных устройств при проведении операций ввода-вывода информации; возникновение особых условий при выполнении программ и т. д.

ПЭВМ может обрабатывать до 256 различных пронумерованных прерываний, поэтому в компьютере устанавливается приоритетный порядок обслуживания поступающих запросов с возможностью разрешать или запрещать прерывания определенных видов. Каждому из прерываний задается свой вектор прерываний (адрес), в котором хранится конкретное предписание на работу процессора, и приоритет в обслуживании. Поэтому каждый запрос на прерывание обрабатывается соответствующей программой обработки прерывания в порядке его поступления или вне очереди.

Прерывания подразделяются на внутренние (аппаратные и программные) и внешние (от периферийных устройств). Запрос на программное прерывание формируется по специальной команде с указанием номера вызываемого прерывания. Запрос на аппаратное прерывание вырабатывается в виде специального электрического сигнала.

При возникновении запроса на прерывание процессор прекращает обработку текущей программы, сохраняет промежуточное состояние прерванного процесса и переходит к выполнению программы обработки возникшего события. Состояние отложенной программы фиксируется на соответствующих регистрах процессора и содержит информацию, необходимую и достаточную для запуска текущей программы с момента прерывания ее работы.

К группе приоритетных прерываний относятся программные прерывания BIOS (Basic Input-Output System — базовая система ввода-вывода). Базовая система ввода-вывода — это основная исходная программа ПЭВМ, предназначенная для начального запуска компьютера после включения питания. BIOS хранит основные параметры конфигурации ПЭВМ, в соответствии с которыми проводит проверку исправности ее аппаратных средств, обеспечивает загрузку операционной системы и обслуживает системные прерывания. Для обеспечения корректировки BIOS заносится в репро-

граммируемые постоянные запоминающие устройства (РПЗУ) заводом-изготовителем и может иметь объем до 4 Мбит.

Для функционирования программы BIOS в схему часов реального времени встраивается специальная энергозависимая память CMOS, которая содержит дополнительные настройки, задаваемые пользователем (например, пароль пользователя, параметры жестких и гибких дисков). Часы реального времени и память CMOS питаются от автономного источника, поэтому сохраняет работоспособность при отключенном питании ПЭВМ.

Подключение периферийных устройств (внешних модемов, принтеров и других различных цифровых аппаратов) к ПЭВМ производится через внешние разъемы, называемые портами ввода-вывода, которые обслуживаются контроллерами.

К ним относятся последовательные порты COM1, COM2 (communication — коммуникационный), параллельный порт LTP (Line Printer — построчное печатающее устройство), которые использовались в самых первых персональных компьютерах для подключения клавиатуры и печати.

В современных ПЭВМ альтернативой им становится интерфейс USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина), постепенно вытесняющий устаревшие параллельный и последовательные порты и выделенные стыки для подключения клавиатуры и мыши.

3.1.2. Интерфейсы накопителей

Для подключения дисковых накопителей в настоящее время применяются параллельные интерфейсы семейства IDE (Integrated Drive Electronics — интегрированная электроника накопителя) и SCSI (Small Computer System Interface — интерфейс малых компьютерных систем).

В интерфейсе IDE впервые введена стандартная шина обмена с контроллером накопителей за счет интеграции в дисководы электронных схем, выполняющих основные функции управления их памятью.

В качестве другого обозначения интерфейса IDE применяется наиболее употребляемый (возможно самый правильный) термин ATA (AT Attachment — привязанный к AT), названный по марке модели ПЭВМ IBM AT, в которой он впервые был использован.

Существует несколько разновидностей 16-разрядного интерфейса ATA, совместимых друг с другом снизу вверх, различающих-

ся по скоростным параметрам и особенностям реализации: ATA-1, ATA-2, ATAPI, Fast ATA, Fast ATA-2, EIDE, ATA-3, Ultra ATA.

Первой стандартной реализацией интерфейса IDE стала версия ATA-1, в которой поддерживалось только два жестких магнитных накопителя, причем их объем составлял около 500 Мбайт. Эти устройства подключались по схеме master (управляющий, или ведущий) — slave (управляемый, или ведомый). Конфигурация ведомый или ведущий задавалась переключкой на дисководе.

Интерфейс ATA-1 обеспечивал несколько способов обмена данными.

Первым способом был PIO (Programmed Input/Output — программный ввод-вывод), при котором обмен данными производился через регистры процессора, существенно увеличивая его загрузку операциями ввода-вывода.

Второй способ использовал режим прямого доступа к памяти DMA (Direct Memory Access — прямой доступ к памяти), при котором обмен с дисковыми накопителями происходил через ОЗУ без участия процессора. Скорость передачи данных по шине составляла около 8,3 Мбайт/с.

Физически интерфейс был реализован при помощи плоского 40-жильного кабеля, на котором друг за другом размещались разъемы для подключения одного или двух жестких дисков. Из-за влияния помех общая длина кабеля не превышала 45 см, а между разъемами выдерживалось расстояние не менее 15 см.

Стандарт ATA-2 установил более скоростные протоколы, позволял получать информацию о характеристиках устройства, определял новые режимы обмена блоками данными, что обеспечило работу с дисками большой емкости.

Fast ATA — название интерфейса, по существу ничем не отличающегося от стандарта ATA-2.

Интерфейсы ATA-1 и ATA-2 морально устарели и уже давно не используются.

ATAPI (ATA Packet Interface — пакетный интерфейс ATA) — стандарт, аналогичный ATA-2, но с добавлением поддержки оптических и магнитооптических дисководов. Протокол ATAPI позволял управлять настройкой этих накопителей с помощью BIOS.

EIDE (Enhanced IDE — улучшенный IDE) определял интерфейс, включающий в себя все возможности ATA-2, ATAPI и позволяющий распараллеливать операции обмена информацией и контролировать ее целостность. Контроллер EIDE имеет два канала: Primary (первичный) и Secondary (вторичный), к каждому из которых могут подключаться до двух накопителей по схеме ведущий/ведомый.

Максимальная скорость передачи данных — около 20 Мбайт/с. В дальнейшем интерфейс EIDE получил изменения, направленные на повышение производительности и надежности передачи данных, и стал называться ATA-3 (или Fast ATA-3).

ATA-3 — неофициальный стандарт, использующий технологию SMART (Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology — технология самотестирования и анализа), с помощью которой осуществляется автоматическая проверка целостности данных, состояния поверхности жестких дисков, перенос информации с критических участков на нормальные и другие операции без участия пользователя. Кроме того, при появлении критических ошибок SMART своевременно выдает сообщение о необходимости принятия дополнительных мер по защите данных.

Следующим шагом развития IDE стал интерфейс UltraATA, который разработан для увеличения скорости обмена новыми моделями накопителей с частотой вращения жестких дисков более 7 200 оборотов в минуту. В интерфейсе применен протокол передачи данных UltraDMA (другие обозначения: UDMA, UltraDMA/33 и UDMA/33). Скорость передачи в UltraATA составила 33,3 Мбайт/с. Для проверки целостности данных в интерфейсе используются контрольные коды CRC (Cyclical Redundancy Code — контроль циклическим избыточным кодом), позволяющие исправлять одиночные ошибки.

В качестве дальнейшего развития UltraDMA внедрена спецификация UltraDMA/66/100/133 с пиковой производительностью соответственно 66, 100 и 133 Мбайт/с. Для обеспечения помехоустойчивости применяется специальный, более качественный 80-жильный ленточный кабель, в котором каждая сигнальная линия отделена экраном из соседних нулевых проводов, поэтому разъем остался 40-контактным.

С недавних пор для подключения накопителей данных стал применяться интерфейс SATA (Serial ATA — последовательный ATA). Интерфейс является последовательным каналом с дуплексным обменом (данные одновременно передаются в обоих направлениях). На каждый канал можно подключить только одно устройство. Применение SATA позволило уменьшить толщину кабеля (используется экранированная витая пара проводов), габариты разъемов (семь контактов) и передавать информацию со скоростью до 300 Мбайт/с. Стандарт предусматривает увеличение пропускной способности до 600 Мбайт/с и поддерживает режим «горячей» замены — подключение или отключение накопителей без выключения питания ПЭВМ.

После внедрения стандарта SATA интерфейсы ATA стали называть PATA (Parallel ATA — параллельный ATA).

Другой промышленный стандарт — SCSI, предназначенный для обеспечения работы высокоскоростных устройств с большим объемом передаваемых данных: встраиваемые и сменные жесткие диски, накопители оптических и магнитооптических дисков, стримеры, сканеры и т. д. Эти устройства управляются специальным SCSI-контроллером, реализованным в виде платы расширения или встроенным в системную плату ПЭВМ. Контроллер SCSI является активным адаптером, имеющим собственную микросхему BIOS и выполняющим обмен с устройствами без вмешательства процессора.

Интерфейс SCSI параллельный с шириной шины данных 8 или 16 бит с контролем четности; он имеет возможность подключения до 7 или 15 устройств к одному контроллеру по общей шине. Каждое устройство SCSI имеет свой адрес в диапазоне 0...7 (или 0...15).

Стандарт SCSI для каждой линии данных определяет два способа передачи сигналов: асимметричный (имеется один нулевой провод, относительно которого передаются сигналы по всем линиям данных) и дифференциальный (для каждой линии данных выделено два провода, а сигнал на этой линии получается вычитанием потенциалов на их выходах). В интерфейсе SCSI используется плоский кабель с 25- или 50-контактными разъемами для подключения внешних и периферийных устройств, которые подсоединяются последовательной цепочкой друг за другом.

Существует несколько различных версий интерфейса SCSI, отличающихся пропускной способностью, числом подключаемых устройств и длиной кабеля. В домашних и офисных ПЭВМ чаще всего применяются интерфейсы Fast SCSI или Ultra SCSI.

Для интерфейса Fast SCSI суммарная длина кабеля не превышает 3 м при скорости передачи 10 Мбайт/с. В спецификации Ultra SCSI общая длина кабеля может достигать 12 м при максимальной скорости передачи информации 40 Мбайт/с.

В настоящее время для увеличения скорости обмена информацией и количества подключаемых устройств параллельный интерфейс SCSI постепенно заменяется последовательным интерфейсом SAS (Serial Attached SCSI — последовательный, прикрепленный к SCSI), который базируется на командах SCSI. Каждое устройство подключается к интерфейсу по выделенному каналу, что обеспечивает скорость передачи данных в несколько гигабит в секунду. SAS совместим с интерфейсом SATA.

3.1.3. Номенклатура портов ввода-вывода

Подсоединение к ПЭВМ различных устройств (внешних модемов, графических планшетов, сканеров, манипуляторов, принтеров) производится через специальные порты ввода-вывода с использованием стандартных интерфейсов (рис. 3.2).

Физическое взаимодействие с периферийными устройствами происходит с помощью проводных соединений (кабелей) через разъемы (розетки и вилки) с определенными уровнями и длительностями электрических сигналов или беспроводных протоколов обмена на основе оптического и радиодиапазонов.

Наиболее распространенные порты ввода-вывода используют стандартные последовательный и параллельный интерфейсы. В качестве последовательного интерфейса применяется RS-232 (Recommended Standard — рекомендуемый стандарт), а в качестве параллельного — Centronics.

Асинхронный интерфейс RS-232 — самый простой интерфейс для последовательного двунаправленного способа связи ПЭВМ с периферийными устройствами через COM-порт. COM-порт допускает только соединение «точка — точка», т.е. к нему можно подключить только одно устройство. Обмен данными осуществляется на одной из дискретных скоростей: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1 200, 2 400, 4 800, 9 600 и 19 200 бит/с, частота которых стабилизирована в контроллере кварцевым генератором.

Информация передается и принимается последовательными блоками, состоящими из стартовых и стоповых сигналов и

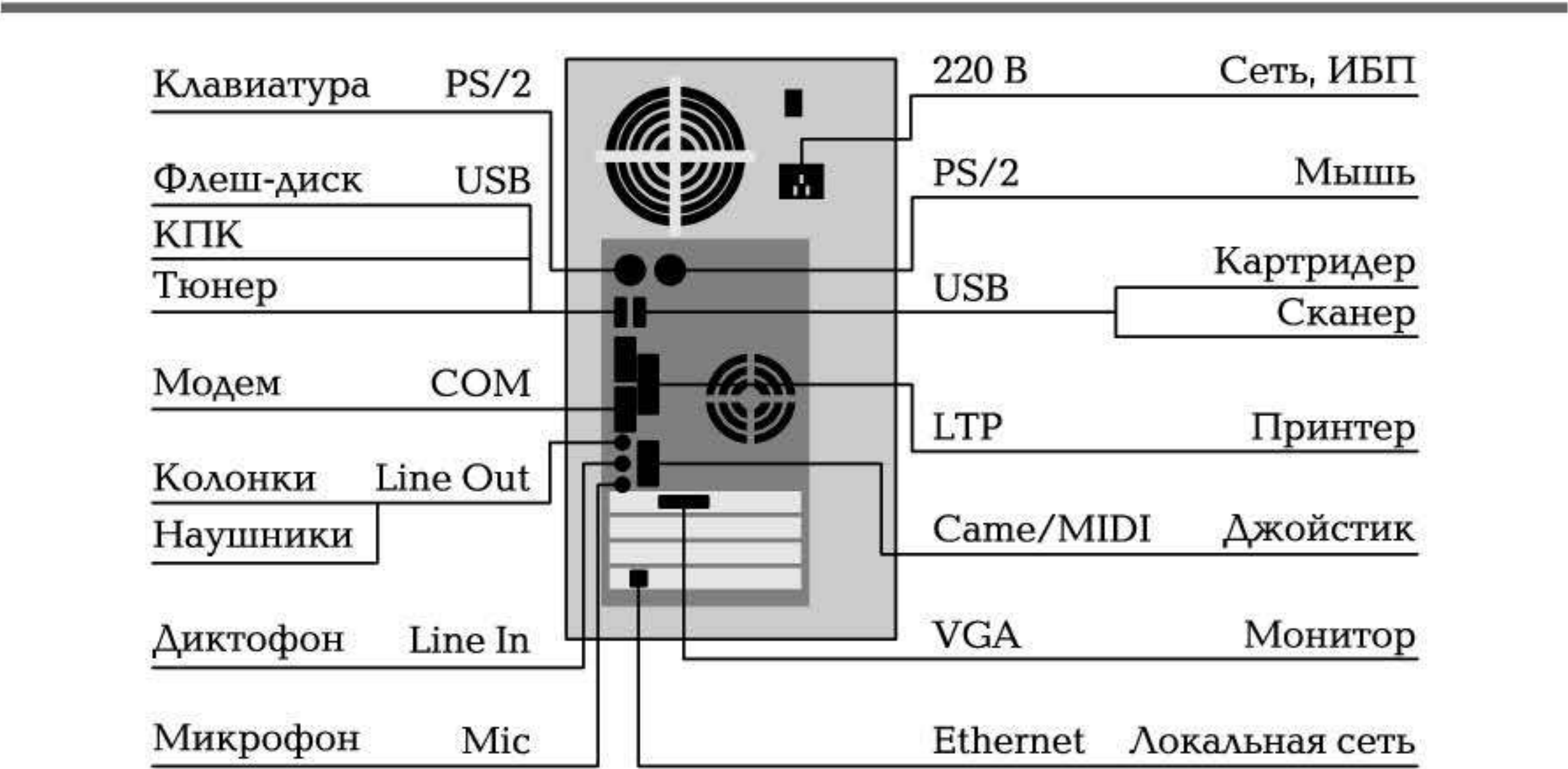


Рис. 3.2. Схема подключения типовых устройств к ПЭВМ

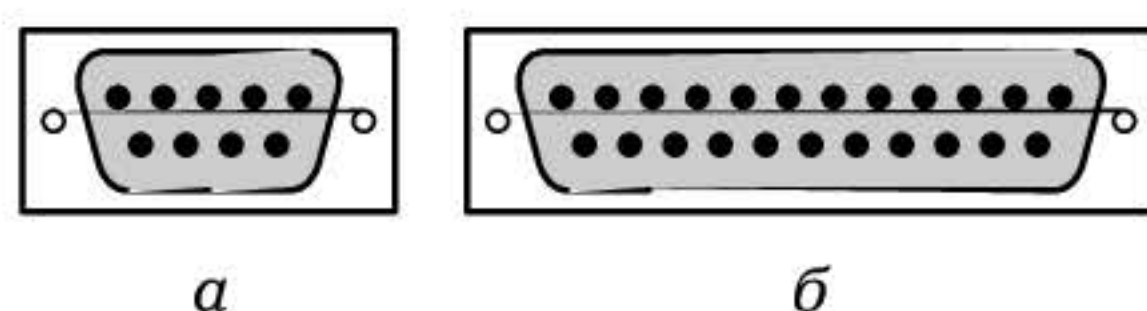


Рис. 3.3. Разъемы стандарта RS-232:
а — DB-9; б — DB-25

7-битового информационного символа. Для синхронизации обмена используются стартовый бит, который предшествует семи значащим битам данных, и в конце два стоповых бита. Для защиты от помех к данным добавляется 1 бит контрольного разряда. Длина кабеля (не более 15 м) зависит как от скорости передачи, так и от характеристик соединительного кабеля.

В ПЭВМ из 25 сигналов, предусмотренных стандартом RS-232, используются только девять, поэтому в данном интерфейсе применяются разъемы типа DB-Shell: 25-контактный DB-25 и 9-контактный DB-9 (рис. 3.3).

Более новыми (по сравнению с RS-232), позволяющими обеспечить высокоскоростную работу ПЭВМ на большие расстояния, являются стандарты RS-422А и RS-423А.

Стандарт RS-422А представляет собой несимметричный цифровой интерфейс с максимальной скоростью передачи около 100 кбит/с на расстояние до 10 м. Он, как и RS-232, для каждой сигнальной линии использует один провод, второй (нулевой) провод является общим.

Стандарт RS-423А определяет электрические характеристики симметричного цифрового интерфейса. Он предусматривает работу на скоростях до 10 Мбит/с. Для его реализации, в отличие от RS-232, требуется на каждый сигнал два физических провода (прямой и обратный). Реализация симметричных цепей имеет лучшие выходные характеристики, обеспечивая устойчивую работу на скорости 100 кбит/с и использование кабеля длиной до 1 000 м.

Параллельный порт LPT в ПЭВМ чаще всего используется для подключения принтера, поэтому его называют портом принтера. Порт ПЭВМ соединяется с кабелем через 25-контактный разъем DB-25, а со стороны принтера используется специальный 36-контактный разъем типа Centronics.

Максимальная длина кабеля для принтера не превышает 3 м. Порт предназначен только для однонаправленной передачи информации со скоростью до 150 Кбайт/с.

Для работы с внешними модемами требуется двусторонняя передача, которая может быть обеспечена интерфейсами EPP

(Enhanced Parallel Port — улучшенный параллельный порт) и ECP (Extended Capabilities Port — порт с расширенными функциями).

Двунаправленный EPP-порт обеспечивает параллельную передачу байта в обоих направлениях со скоростью 2 Мбайт/с и обмен с ОЗУ, минуя процессор. Кроме того, спецификация порта EPP позволяет подключать в цепочку до 64 периферийных устройств.

Интерфейс ECP имеет бóльшую по сравнению с портом EPP скорость передачи данных — 5 Мбайт/с, так как обладает встроенной функцией сжатия данных и позволяет подключать до 128 периферийных устройств. При использовании режима сжатия данных последовательность одинаковых символов передается всего двумя байтами: один байт определяет повторяющийся символ, а второй — число повторений.

Для подключения клавиатуры и мыши используются отдельные последовательные порты с интерфейсом *PS/2*, в котором предусмотрено их питание (5 В, 1 А). В портах применяются одинаковые 6-контактные разъемы типа miniDIN, маркированные разными цветами: для мыши бирюзовым, для клавиатуры — сиреневым.

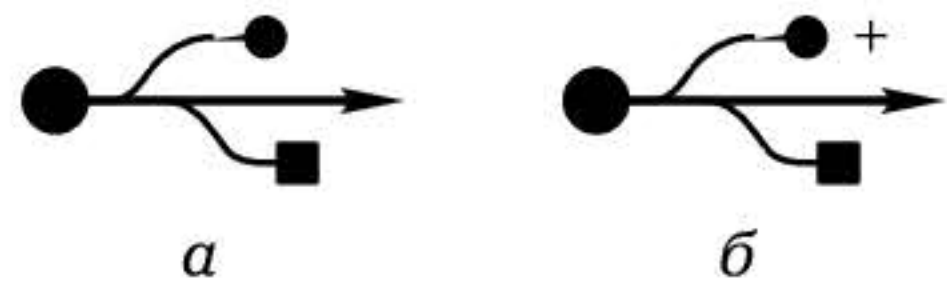
Для подключения джойстика или музыкальных инструментов в ПЭВМ применяется игровой порт — *Game/MIDI Adapter* с 15-контактным разъемом типа DB. Стандартный GAME-порт поддерживает два джойстика с двумя кнопками каждый, имеет вывод питания 5 В и простой аналого-цифровой преобразователь для координатных устройств.

В настоящее время разъемы USB стали обязательным атрибутом современной ПЭВМ, постепенно заменяя устаревшие параллельный и последовательный порты.

Интерфейс *USB* обеспечивает последовательную передачу данных в асинхронном и синхронном режимах и предназначен для взаимодействия с периферийными устройствами. Обмен информацией по стандарту USB 1.1 с быстрыми устройствами осуществляется со скоростью 12 Мбит/с, с медленными устройствами — 1,5 Мбит/с; стандарт USB 2.0 поддерживает скорость до 60 Мбайт/с (рис. 3.4), стандарт USB 3.0 до 4,8 Гбит/с.

Интерфейс USB рассчитан на мультиплексное обслуживание до 127 устройств с обеспечением автоматической настройки новой конфигурации, а также на так называемое горячее подключение любых устройств к работающему компьютеру без его перезагрузки. Информационные сигналы и питающее напряжение 5 В (ток 0,5... 1,0 А) передаются по четырехпроводному кабелю. В качестве линий передачи и приема информации используется экранированная витая пара проводов. Мощности цепи питания одного разъема

Рис. 3.4. Условное графическое обозначение разъема USB:
а — стандарта 1.1; б — стандарта 2.0



USB достаточно для подключения большинства устройств: клавиатур, адаптеров беспроводной связи, тюнеров, графических планшетов и т. д.

Распределение пропускной способности шины USB обеспечивает корневой (главный) хаб, устанавливаемый в системном блоке. Для наращивания количества устройств применяется древовидная сетевая топология организации шин, при которой внешние хабы последовательно соединяются друг за другом. Каждый последующий подключаемый хаб преобразует входящую шину USB в нисходящие порты. Длина кабеля между работающим устройством и хабом — около 5 м. Для увеличения дальности применяют промежуточные хабы.

С интерфейсом USB выпускаются модемы, клавиатуры, мыши, джойстики, ленточные и дисковые накопители, сканеры и принтеры, флэш-память, карманные компьютеры и другие устройства, оснащаемые специальными разъемами (рис. 3.5).

Стандартом предусматривается четыре типа разъемов USB: А, В, mini-A и mini-B. Как видно из рис. 3.5, типы разъемов внешне отличаются друг от друга (чтобы предотвратить возможность ошибочных соединений).

Мини-разъемы применяются только в миниатюрных устройствах, например в цифровых фотокамерах. Как правило, вилки разъемов типов А и В применяются в кабелях; розетки типа А устанавливаются на системных блоках ПЭВМ, корпусах ноутбуков и внешних хабах, а типа В — на корпусах габаритных периферийных

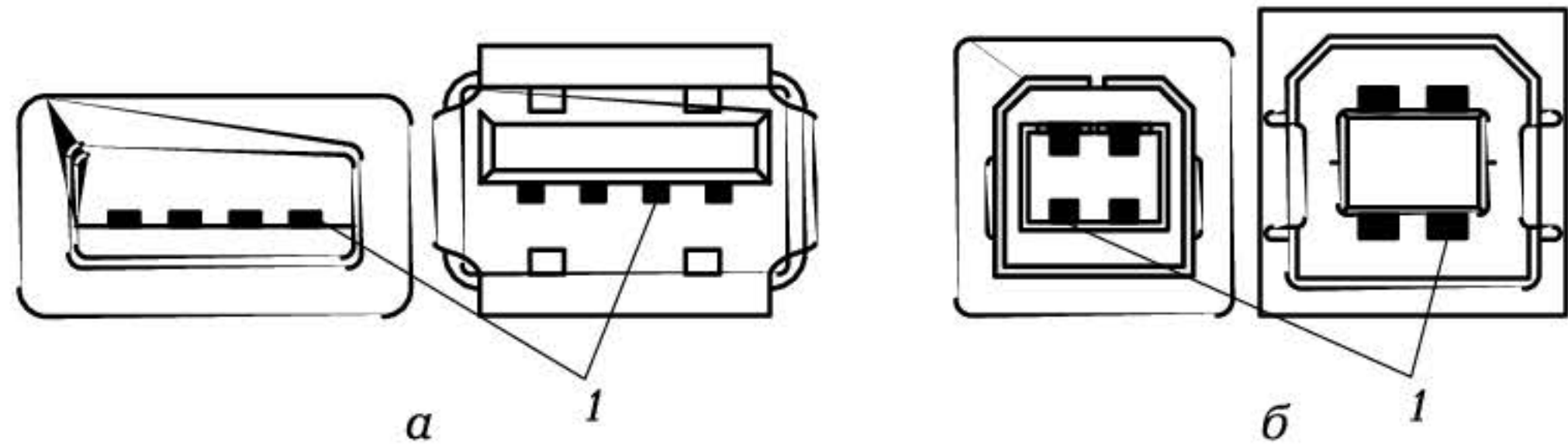


Рис. 3.5. Вид разъемов для USB-порта и кабелей:
а — плоские вилки и розетки типа А; б — квадратные вилки и розетки типа В; 1 — контакты

устройств. В некоторых конструкциях кабель USB может быть встроен в периферийное устройство. Все USB-разъемы спроектированы так, чтобы шины питания входили в контакт первыми для обеспечения горячего подключения.

Последовательная шина стандарта IEEE-1394, или FireWire (огненные провода), используется для подключения устройств, требующих более высокой скорости обмена: 100, 200 и 400 Мбит/с.

Интерфейс FireWire поддерживает синхронную и асинхронную передачу данных, позволяет подключать до 63 устройств на один порт с обеспечением их взаимного обмена информацией и организовывать сетевую структуру, состоящую из 63 узлов. При объединении сетей FireWire между собой мостами (до 1 023) в системе может функционировать до 64 449 автономных периферийных устройств. Для связи используется 6-проводной экранированный кабель: по двум проводам может подаваться напряжение питания периферийных устройств 8...40 В (ток — до 1,5 А), остальные четыре линии (две экранированные витые пары) используются для передачи данных. В устройствах могут использоваться два типа разъемов: 6- и 4-контактные (соответственно с цепями питания и без них). Каждое устройство с интерфейсом FireWire может содержать три—шесть разъемов для подключения других устройств. Длина сегмента связи может достигать 4,5 м.

Интерфейс FireWire поддерживает функцию автоопределения устройств, «горячее» включение и режим работы, обеспечивающий взаимодействие устройств на разных скоростях. Интерфейс FireWire используется для подключения сменных накопителей, сетевых карт и другого высокоскоростного оборудования.

С появлением ноутбуков был создан универсальный экономичный и компактный *интерфейс стандарта PCMCIA* (Personal Computer Memory Card International Association — Международная ассоциация по картам памяти для персонального компьютера), который получил название PC Card.

В этом стандарте выпускаются модули памяти, модемы, SCSI-адаптеры, сетевые карты, звуковые карты, миниатюрные накопители на жестких дисках и т. д. Устройства PC Card размещаются на специальных корпусированных платах (картах) следующих типов: Type I, Type II и Type III, линейные размеры которых отличаются по толщине.

Передняя часть карт соединяется с ноутбуком 68-контактным разъемом.

Разъемы на противоположной части карт используются для подключения локальных сетей, телефонных линий и т. д.

В стандарте PCMCIA сначала применялась шина CardBus, которая логически и электрически совместима с 32-разрядной шиной PCI, работающей на частоте 33 МГц. В настоящее время новые карты формфактора ExpressCard используют одноканальную шину PCI Express.

Для связи портативных компьютеров с настольными ПЭВМ, а также для подключения к ним различных периферийных устройств используются беспроводные технологии IrDA (Infrared Data Association — инфракрасное цифровое соединение) и радиосвязи Bluetooth* (голубой зуб).

Адаптер IrDA оснащается передающим инфракрасным светодиодом малой мощности, работающим в диапазоне 850...900 нм. Передача данных осуществляется последовательным излучением оптических сигналов, которые принимает фотодиод. Данные передаются 10-битовыми блоками, состоящими из стартового бита, 8 бит информации и стопового бита. Подобная связь имеет невысокое энергопотребление, не имеет вредных высокочастотных излучений, но работает только в пределах прямой видимости и позволяет устанавливать связь в режиме «точка—точка». В настоящее время устройства IrDA имеют скорость передачи от 115,2 кбит/с до 4 Мбит/с, однако канал связи ограничен расстоянием несколько метров и углом прямой видимости до 30°. Инфракрасная связь использовалась в основном для подключения ноутбука к мобильному телефону при работе в сети Интернет.

Технология *пакетной радиокommunikации Bluetooth* основана на международном стандарте 802.15 и позволяет осуществлять беспроводный обмен данными между персональными компьютерами, периферийным оборудованием, мобильными телефонами и другими различными электронными устройствами. В отличие от интерфейса IrDA, действующего в пределах прямой видимости и обеспечивающего соединение «точка—точка», Bluetooth работает как многоточечный радиоканал.

Радиопrotocol Bluetooth обеспечивает информационный обмен в частотном диапазоне 2,4 ГГц с дальностью связи 10...100 м и может сформировать локальную личную сеть PAN (Personal Access Network — сеть персонального доступа) пользователя в пределах его рабочего места или помещения. Сеть может строиться с многочисленными узлами и допускает работу до восьми устройств на одном канале. Устройства Bluetooth обеспечивают скорость обмена данными более 2 Мбайт/с, не требуют взаимной ориентации их

* Назван в честь короля Дании Гарольда II (X в.), прозванного «Голубой зуб».

приемников и передатчиков, освобождают пользователя от кабельных соединений и пространственных ограничений, создавая более комфортные условия работы. В целях защиты радиообмена данные между устройствами Bluetooth могут засекречиваться.

В настоящее время устройствами или адаптерами Bluetooth укомплектованы почти все карманные компьютеры, большинство ноутбуков, некоторые настольные ПЭВМ, а также значительная часть периферийного оборудования (принтеры, цифровые фотокамеры и т. д.).

Разнообразие исторически сложившихся интерфейсов привело к необходимости создания специальных переходных устройств для обеспечения совместимости ПЭВМ и периферийного оборудования различных производителей.

В настоящее время применяются следующие типы переходников: USB-LPT, USB-COM, USB-SCSI, PS/2-USB и т. д.

Для ноутбуков, для которых задача совместимости с периферией наиболее актуальна, существуют проводные и беспроводные адаптеры, подключаемые в слот PC Card.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается магистрально-модульный принцип построения ПЭВМ?
2. Назовите состав и назначение аппаратных средств персонального компьютера.
3. Что составляет основу информационного взаимодействия между аппаратными частями ПЭВМ?
4. Что обеспечивают серверный и южный мосты?
5. Назовите основные стандарты интерфейсов системных шин.
6. Для чего современные ПЭВМ используют технологию Plug and Play?
7. Для чего используется система прерываний?
8. Какие накопители вам известны?
9. Какие интерфейсы применяются в АЭВМ для подключения накопителей?
10. Чем характерен режим «горячего» подключения и какой интерфейс допускает его использование?
11. Какие устройства относятся к периферийным?
12. Назовите наиболее распространенные порты ввода-вывода.
13. Какие порты используются для подключения клавиатуры и мыши?

14. Почему сохраняется тенденция замены параллельных интерфейсов на последовательные?
15. Назовите виды беспроводной связи. В чем заключается их преимущество перед проводными?

3.2. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЭВМ

3.2.1. Процессоры

Основу ПЭВМ составляет *процессор (микропроцессор)* — центральное обрабатывающее устройство, служащее для арифметических и логических преобразований данных; организации обращения к ОЗУ, внешним накопителям, периферийным устройствам; управления ходом вычислительного процесса. В настоящее время существует много разновидностей процессоров, различающихся назначением, функциональными возможностями, структурой и конструктивным исполнением.

Характеристики процессоров определяют набор параметров, которые обуславливаются технологией производства, архитектурой, тактовой частотой, количеством и разрядностью регистров, системой команд, размерностью шин, объемом встроенной кэш-памяти, напряжением питания, рабочей температурой и типом корпуса.

В центральных процессорах ПЭВМ используются процессоры с полной системой команд, т.е. CISC-процессоры с аппаратной реализацией отдельных операций.

Наиболее существенным различием между процессорами является количество разрядов адреса и данных, которые всегда кратны байту: 8-, 16-, 32- и 64-битовые. Использование микропроцессоров (МП) в персональных компьютерах практически началось с их 16-разрядных моделей, нашедших применение в различных модификациях ПЭВМ IBM PC.

Исторически сложилось так, что наибольшее распространение получили микропроцессоры корпорации Intel, которые изначально проектировались с обеспечением совместимости по системе команд и форматам данных.

Микропроцессор Intel 8086 стал базовым аналогом для IBM совместимых машин, поэтому все последующие типы процессоров основывались на идеологии его построения, развивая в основном только его архитектуру и систему команд.

Следующие модификации МП фирмы Intel различаются разрядностью локальной магистрали и выборкой команд и операндов из оперативной памяти за разное число машинных циклов. Расширяется система команд, реализуется мультизадачность. Было разработано уникальное семейство процессоров Pentium, которое включает в себя уже несколько поколений. Это семейство практически стало прототипом для создания новых моделей процессоров другими производителями и базовым для персональных компьютеров широкого применения — от стационарных (настольных) до переносных и мобильных.

Первый Pentium (32-разрядный процессор с 64-битной шиной данных) был изготовлен по технологии 0,8 мкм, содержал около 3 млн транзисторов и имел питание 5 В.

Последующие поколения процессоров Pentium и другие типы изготавливались с постепенным уменьшением технологических норм: 0,60, 0,35, 0,25, 0,18 мкм и т. д. (с десятками и сотнями миллионов транзисторов в кристалле). Это позволило постепенно снизить потребляемую мощность, увеличить объемы встроенной кэш-памяти, тактовую частоту и перейти к многоядерной структуре.

В персональных ЭВМ нашли применение не только микропроцессоры Intel, но и их аналоги фирм крупнейших производителей, например AMD, VIA. Все процессоры этих изготовителей, хотя и совместимы с процессорами Intel, отличаются технологией, архитектурой, аппаратной реализацией, рабочей частотой, напряжением питания, типом корпусов т. д.

В новых моделях непрерывно повышается производительность процессоров, совершенствуется система команд, вводится прогнозирование переходов по командам условной передачи управления, суперскалярная архитектура с параллельно работающими конвейерами, обеспечивающими за один такт выполнение более одной операции, и т. д. Однако в основе всех настоящих и будущих процессоров для ПЭВМ остается система команд первых 32-разрядных процессора Intel 80386 (центральный) и сопроцессора Intel 80387 (математический), или x86-процессоров.

Базовый набор команд современных МП сформировался по мере развития семейства процессоров Pentium. Расширения системы команд процессоров Intel были предназначены для повышения быстродействия МП при выполнении некоторых специфичных операций над данными, для обработки которых ранее требовалась небольшая программа.

В качестве дополнительных команд используются SIMD-расширения (Single Instruction Multiple Data — одна инструкция

над множеством данных), позволяющие обеспечивать параллельные вычисления на массиве данных, когда одной командой одновременно обрабатывается группа операндов. Преимущество в производительности достигается при необходимости многократно произвести одну и ту же последовательность действий над разными потоками данными.

Реализация SIMD-расширений осуществлялась вводом в процессоры дополнительных наборов команд:

1. MMX (MultiMedia eXtension — мультимедийное расширение) с введением дополнительных команд, предназначенных для обработки звуковых, видеосигналов и телекоммуникационной информации.

2. MMX Extended, 3DNow!, 3DNow! Extended — расширение набора команд MMX, используемых в процессорах фирмы AMD для ускорения обработки трехмерной графики, мультимедиа и других интенсивных вычислений чисел с плавающей запятой.

3. SSE (Streaming SIMD Extensions — потоковое SIMD-расширение) с группой команд, аналогичных набору инструкций для процессоров AMD.

Новые инструкции SSE (68 целочисленных и 76 инструкций для вычислений с плавающей запятой) позволяют более эффективно работать с трехмерной графикой, потоками аудио- и видеоданных в формате MPEG2, приложениями распознавания речи. Технология SSE включила в архитектуру процессора восемь дополнительных 128-битных регистров и позволила преодолеть недостатки MMX: при исполнении команд MMX невозможно было одновременно производить вычисления с плавающей запятой, так как регистры задействовались командами MMX и были недоступны, и работать с вещественными числами.

Появление команд для работы с 64-битными целыми числами, увеличение количества, разрядности регистров и максимального объема адресуемой памяти привели к внедрению в ПЭВМ 64-разрядных процессоров.

Все известное программное обеспечение (например, операционные системы Windows, офисные пакеты) разрабатывалось для x86-процессоров, поэтому, с одной стороны, под архитектурой МП можно понимать совместимость с определенным набором команд, с другой стороны, аппаратная архитектура как характеристика семейства совместимых процессоров — это внутренняя конструкция или их структурная организация.

Термин «архитектура ядра» трактуется как совместимость современных МП с общепринятой системой команд и совокупность

аппаратных решений, присущих определенной группе процессоров разных производителей.

Под понятием «процессорное ядро» (или просто «ядро») будем понимать конкретное аппаратное воплощение архитектуры в кристалле СБИС, являющееся стандартом для целой серии совместимых процессоров и обладающее определенным набором строго обусловленных характеристик: тактовой частотой, объемами кэш первого и второго уровней, количеством регистров, АЛУ и т. д.

Таким образом, можно констатировать, что архитектура описывает общие принципы построения процессора, ядро является ее конкретным аппаратным воплощением, от реализации которого зависят все его характеристики. Например, разные ядра, построенные на одной микроархитектуре NetBurst (сетевая шина), используются во многих процессорах Intel (Pentium 4, Celeron и Xeon) и имеют разные параметры, в том числе разное быстродействие.

Непрерывная борьба разработчиков за повышение производительности МП привела к многоуровневой системе кэширования практически во всех процессорах. Как указывалось ранее, многоуровневая кэш-память является «составным буфером» ядра процессора, служащим для увеличения скорости обмена с ОЗУ. Поэтому используется последовательный алгоритм поиска нужной информации: сначала информация ищется в кэш первого уровня (K1); если ее там нет — в кэш второго уровня (K2); затем — в кэш третьего уровня (как правило, в современных МП встречается редко). Если ни в одном кэш она не найдена, то происходит обращение к ОЗУ для их последующего заполнения. Из-за ограниченного объема такого составного буфера использованные команды и данные время от времени удаляются из кэш и по мере необходимости заменяются новыми.

Во всех современных МП все уровни кэш-памяти практически функционируют на той же частоте, что и процессорное ядро, поэтому внутренняя скорость обмена информацией может более чем на порядок превышать скорость его работы с основной памятью по шине FSB.

В соответствии с гарвардской архитектурой, которая является основополагающей для построения современных процессоров, кэш первого уровня традиционно разделяются на две равные аппаратные части с независимыми шинами: кэш инструкций (K1И) и кэш данных (K1Д).

В K1И поступают только команды для последующего декодирования, а в K1Д — только данные, предназначенные для внутренних регистров процессора (рис. 3.6).

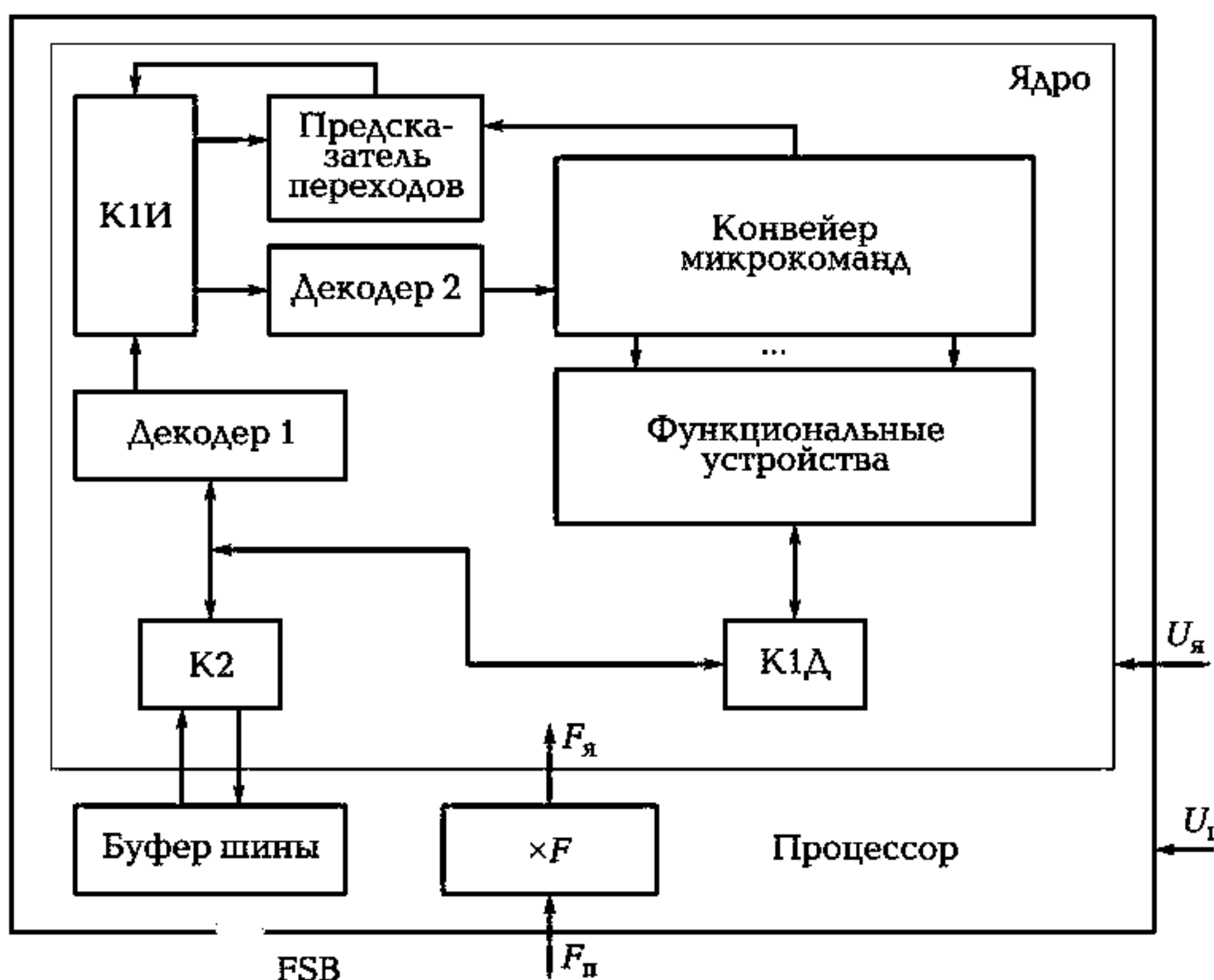


Рис. 3.6. Упрощенная структурная схема процессора:

F_p — частота процессора; $F_{\text{я}}$ — частота ядра; $\times F$ — умножитель частоты; U_p — питание процессора; $U_{\text{я}}$ — питание ядра

Кэш второго уровня К2 по объему памяти всегда больше, чем К1: у современных процессоров объем К2 достигает 2 Мбайт, а объем К1 не превышает 128 Кбайт.

Распределение информации по уровням кэш-памяти может осуществляться двумя способами: дублированием, когда К2 содержит в себе и весь объем данных, которые находятся в К1И и К1Д; четким разделением информации по уровням кэш без ее повторения. В первом случае общий размер буфера ядра равен объему К2; во втором случае он равен суммарному объему кэш двух уровней. В первых процессорах Pentium кэш-память второго уровня располагалась на системной плате и работала на ее частоте, а затем была интегрирована в кристалл.

В процессорах используются две независимые шины: внутренняя шина кэш второго уровня и внешняя шина FSB (от процессора к ОЗУ), позволяющие ядру получать одновременный доступ к их данным и повышать информационный обмен в процессоре в несколько раз.

Скорость работы кэш-памяти зависит не только от частоты, но и от ширины шины, с помощью которой она интегрирована в ядро

процессора. Аппаратная реализация связи между К1 и К2 в большинстве процессоров представляет собой или двунаправленную 64-разрядную шину, способную одновременно передавать и принимать информацию, или однонаправленную шину шириной до 256 бит, работающую в симплексном режиме: либо на передачу, либо на прием.

Для преобразования команд во внутреннюю систему элементарных микрокоманд (микроинструкций или микроопераций) ядра используется декодирующий блок — декодер. При этом одна машинная команда может быть преобразована в последовательность из нескольких микрокоманд. Декодер является частью современного процессора. От его быстродействия зависит своевременное и непрерывное поступление на исполнительные функциональные блоки потока микроинструкций.

В зависимости от организации процессора команды в К1И могут храниться в исходном виде, частично преобразованном и декодированном виде, т. е. в виде подготовленных для исполнения наборов микрокоманд. В случае отсутствия в кэш-памяти нужных инструкций (исходных либо преобразованных) они считываются из К2, при необходимости подвергаясь предварительному декодированию перед помещением их в кэш К1И. Таким образом, если команда исполняется повторно и находится в К1И, декодеру процессора не нужно снова преобразовывать ее в последовательность микрокоманд, так как она содержится в кэш в уже декодированном виде.

Современные процессоры способны запускать на исполнение не только ту команду, которую согласно текущей программе следует исполнить в данный момент времени, но и другие команды, следующие за ней. Поэтому в большинстве процессоров инструкции считываются из К1И с опережающей предвыборкой и отправляются в декодер 2 (при его наличии) и предсказатель переходов (ветвлений программ). Блок предсказания переходов заблаговременно прогнозирует адрес команды, на которую будет производиться переход.

Декодер преобразует исходные (частично декодированные) инструкции в микрооперации, а предсказатель переходов определяет, есть ли в обрабатываемом блоке команды перехода, будут ли эти переходы совершены и по каким адресам.

Предсказания ветвлений происходят по результатам анализа ряда ранее выполненных команд условного перехода. Считается, что если в процессе вычислений несколько раз подряд результатом стал переход на определенный адрес, то следующий переход будет осуществлен туда же. Если переход предсказывается как возмож-

ный, то в кэш K1И дополнительно считывается блок инструкций, находящийся по предсказанному адресу. При ошибочном предсказании ветвления будут выполнены лишние и не востребуемые в дальнейшем операции.

Для сокращения времени доступа к данным и повышения скорости исполнения программ в процессоры встраивается так называемый блок предвыборки данных, который компенсирует задержки при обращении к ОЗУ за счет опережающей загрузки данных в кэш. Алгоритм выборки данных с упреждением постоянно отслеживает регулярные адреса, по которым считывалась информация из системной памяти, и на основании их предсказывает, с какого адреса должны быть считаны данные для работы следующего отрезка программы. Например, на основании прогноза данные могут считываться из ОЗУ в кэш второго уровня раньше, чем они будут задействованы в текущей программе.

В процессорах предвыборка данных может работать как по возрастанию, так и по убыванию адресов.

В случае ошибки в предсказании в кэш могут быть загружены не те данные и вытеснены нужные. Однако такие ситуации случаются редко и незначительно влияют на эффективность работы блока предвыборки данных.

В программах всегда присутствуют последовательности команд, которые могут быть выполнены параллельно, если они независимы друг от друга по исходным данным и по месту размещения результата. Кроме того, некоторые команды допускают внеочередное выполнение за счет перестановки порядка их следования без нарушения алгоритма вычислений, что также повышает быстродействие исполнения программ.

Для выполнения нескольких команд одновременно в современные процессоры встроен ряд внутренних конвейеров.

Технология одновременного выполнения нескольких команд называется *суперскалярной*.

Реализацию параллельного и внеочередного выполнения команд в ядре осуществляет блок конвейера микрокоманд, представляющий собой буфер, в котором в специальной очереди хранятся микрокоманды, упорядоченные по времени исполнения. В конвейере хранятся также все необходимые вспомогательные данные о выделенных ресурсах — назначенных регистрах и функциональных устройствах для параллельного и внеочередного выполнения команд.

Длина конвейера определяет число микроинструкций, которые одновременно могут находиться на исполнении, и минимальное

время реализации отдельной команды. По мере их выполнения очередь продвигается, освобождая место для следующих микрокоманд, поступающих из декодера. Конкретная микрокоманда находится в очереди, ожидая готовности данных или освобождения регистров и функциональных устройств.

Для обеспечения параллельного выполнения нескольких команд в процессорах используется разное (более двух) количество однотипных функциональных (исполняющих) устройств: арифметикологические устройства и блоки вычислений с плавающей запятой (согласно американскому стандарту — с плавающей точкой).

64-разрядные АЛУ оперируют с целыми числами, выполняя арифметические действия (сложение, вычитание, умножение и деление) и логические операции (ИЛИ, И, НЕ и их комбинации). Как правило, АЛУ функционирует на тактовой частоте, вдвое превышающей тактовую частоту ядра.

128-разрядные блоки вычислений работают с числами с плавающей запятой и выполняют дополнительные наборы команд SIMD (MMX, 3DNow! и SSE).

В каждом процессоре имеются также исполнительные устройства вычисления адресов загрузки и выгрузки данных, которые производят доступ к кэш данным и к оперативной памяти. В процессе вычислений используются общие (регистры общего и специального назначения) и отдельные наборы внутренних физических регистров для целочисленной арифметики и для арифметики с плавающей запятой.

Регистры фактически определяют разрядность ядра и играют очень важную роль в работе функциональных устройств, так как они задействованы во всех процессах, сопровождающих обработку данных. В регистрах хранятся промежуточные результаты выполнения микроопераций, через них проходят все данные и микрокоманды, поступающие на исполнение, осуществляется передача адресов доступа к внутренней и системной памяти ПЭВМ и т.д. Основная доля микрокоманд также ориентирована на работу с регистрами.

Наиболее традиционным способом организации внешнего интерфейса является локальная шина FSB (64-разрядная шина данных и 36-разрядная адресная шина), используемая в процессорах компании Intel для связи с контроллером оперативной памяти — северным мостом. Разрядность шины адреса позволяет процессору работать с памятью объемом до 64 Гбайт.

В настоящее время шина FSB трансформировалась в шину QPB (Quad-Pumped Bus — шина с учетверенной частотой), способной передавать четыре блока данных за такт, т.е. $4 \times 64 = 32$ байт.

Частота шины данных определяет внешнюю производительность процессора. Почти все современные процессоры работают на внутренней тактовой частоте, значительно превышающей тактовую частоту системной платы. Для ее формирования в процессорах используется встроенный множитель $\times F$ тактовой частоты.

Частота ядра ($F_{\text{я}}$) задается произведением частоты шины процессора FSB ($F_{\text{ш}}$), подаваемой с системной платы на формирователь ($\times F$), на его внутренний коэффициент умножения. Кратность умножения частоты может составлять: 3,5 $\times$, 4 $\times$, 4,5 $\times$, 5 $\times$ и более. Например, частота процессоров Pentium последних выпусков в 10 раз превышает частоту системной платы. Частота шины FSB современных процессоров ПЭВМ достигает 800 МГц.

Тактовую частоту системной платы и множитель можно установить с помощью перемычек (переключателей) или в программе установки параметров в BIOS. Однако большинство современных процессоров Intel имеют фиксированный коэффициент умножения частоты, поэтому модифицирование частоты $F_{\text{я}}$ возможно только изменением частоты шины FSB.

Почти все типы процессоров имеют технологический запас по увеличению тактовой частоты, при котором они сохраняют свою работоспособность. Установка рабочей частоты процессора, большей номинальной, называется *разгоном* (overclocking). После установки повышенных значений частоты увеличивается быстродействие процессора, но в то же время при разгоне процессора снижается устойчивость его работы. Во многих случаях процессоры на повышенных частотах могут работать без сбоев, поскольку они проектируются с более высоким быстродействием, а по производственным причинам (например, чтобы повысить коэффициент выхода годных микросхем) в их маркировке указана более низкая тактовая рабочая частота.

В процессорах компании AMD контроллер памяти (северный мост) интегрирован в ядро и оснащен несколькими внешними шинами: одна группа шин (до двух) предназначена для обмена с ОЗУ, а другая группа шин — для связи с другими устройствами ПЭВМ. Вместо процессорной шины FSB используются высокоскоростные шины HyperTransport. Преимуществом такой схемы является уменьшение задержек при обращении процессора к оперативной памяти. Шина обеспечивает синхронную двунаправленную последовательную пакетную связь, по схеме «точка — точка» и имеет малое число выводов. Каждый пакет состоит из 32-разрядных блоков.

Большинство процессоров имеют встроенный режим тестирования кэш-памяти, контроль ошибок в микропрограммах, обеспе-

чивают поддержку 64-битных вычислений и технологии энергосбережения.

В настоящее время ведущие производители микросхем выпускают СБИС с нормой проектирования 65 нм и в ближайшем будущем смогут перейти на 32 нм и менее, что позволит снизить мощность потребления и искать новые подходы к созданию высокопроизводительных процессоров.

Несколько лет назад специалистам стало ясно, что сохранение существующей архитектуры микропроцессоров сдерживает их развитие, так как дальнейшее наращивание тактовой частоты с обеспечением нормального теплового режима СБИС становится практически невозможно.

Проблема повышения производительности МП в настоящее время решается за счет перехода на многоядерные структуры с уменьшением или сохранением тактовой частоты на достигнутом уровне и поддержанием стабильного энергопотребления. По многим оценкам двухкратное увеличение ядер процессора может привести к росту производительности более чем на 40 %, а четырехъядерный процессор имеет в 1,5 раза большую производительность, чем лучшие двухъядерные.

Тенденция роста числа ядер в процессорах возрастает — в промышленности уже освоены 48-ядерные процессоры. Они используются в мощных серверах, но, возможно, и в ПЭВМ скоро не ограничатся применением двухъядерных МП.

В настоящее время можно считать, что увеличение числа ядер является оптимальным способом наращивания мощности вычислительных устройств различного назначения. Производительность многоядерных процессоров зависит от эффективности работы программного обеспечения (если оно было разработано для традиционных одноядерных аппаратных средств).

При создании многоядерных процессоров применяют следующие подходы:

- используют независимые одинаковые процессорные ядра, расположенные на разных кристаллах, которые объединены в одном корпусе (многочиповый процессор);
- несколько независимых одинаковых ядер размещают в одном кристалле;
- ядра интегрированы в кристалл и используют общие встроенные ресурсы (например, шину FSB, кэш второго уровня и контроллер системной памяти).

Первые модели двухъядерных процессоров Intel являлись просто парой обыкновенных не связанных одноядерных процессоров

Pentium 4 с пониженной тактовой частотой, интегрированных в кристалле. В последующих модификациях кэш-память второго уровня стала общей для обоих ядер, что способствовало повышению производительности. Проблем с тепловыделением у современных двухъядерных процессоров практически не существует, так как они потребляют мощность, как одноядерные (с немного пониженной частотой ядер).

Иногда производители, изготавливая двухъядерные процессоры, в целях повышения уровня выхода годных микросхем позиционируют их как одноядерные. Для уменьшения брака при производстве процессоров у них оставляли одно ядро (при неисправности одно из ядер просто отключалось).

Для снижения потребляемой мощности и улучшения теплового режима во все современные процессоры введена система двойного питания.

Процессоры с двойным напряжением питания используют 3,3 В для питания буферов шины FSB и пониженное напряжение (это значение постоянно уменьшается) для питания ядра, которое работает на более высокой частоте и потребляет подавляющую часть мощности. Между ядром и буферами включены схемы преобразования уровней. Напряжение питания ядра у разных типов процессоров может изменяться от 1,4 до 2,0 В, поэтому на системных платах всегда предусматривается ручная установка требуемого напряжения.

Потребляемая мощность процессоров для стационарных ПЭВМ может составлять более 70 Вт (зависит от тактовой частоты ядра); при этом максимальная температура их корпуса не должна превышать 90 °С. Рабочая температура кристалла в значительной степени определяет стабильность работы и надежность микросхемы, поэтому для охлаждения процессоров используют радиаторы и принудительную вентиляцию.

Современные модели процессоров имеют встроенную защиту от перегрева. Для защиты процессоров от перегрева в его кристалл встраивают датчик — термодиод, осуществляющий постоянный контроль температуры ядра. Если температура достигает критического значения, то они могут уменьшать тактовую частоту, вплоть до полной остановки.

Некоторые производители поставляют так называемые боксированные процессоры, на которые изготовителем установлены неразъемные радиатор с вентилятором для его воздушного охлаждения.

Процессоры для стационарных ПЭВМ традиционно выпускаются в следующих типах корпусов, устанавливаемых в разъем:

- PPGA (Plastic PGA — пластмассовый) — термоустойчивый пластмассовый корпус (вариант керамического корпуса PGA (Pin Grid Array — решетчатая структура выводов) с матрицей штырьковых вертикальных выводов, расположенных в нижней части корпуса в несколько параллельных рядов по строкам и столбцам (рис. 3.7, а));
- SPGA (Scattered PGA — модификация PGA с разбросанными выводами) — вариант PGA со штырьковыми выводами, расположенными в шахматном порядке (рис. 3.7, б), что позволяет разместить большее количество контактов на меньшей площади.

Корпуса имеют металлическую крышку и пластмассовое обрамление с запрессованными выводами на нижней стороне, которые нумеруются по двумерной координатной сетке.

Для установки МП используют гнездовые разъемы типа Socket: Socket 478, Socket 754 и Socket 939 (число указывает количество выводов в корпусе). Большое количество контактов процессора требует существенных усилий (десятки килограмм) при установке процессора в обычное гнездо системной платы, поэтому для защиты процессоров от механических повреждений стали применять гнезда ZIF (Zero Insertion Force — нулевое усилие установки).

На смену традиционным штырьковым выводом пришел новый разъем — Socket T (LGA 775): на процессоре располагаются скругленные плоские контакты, а в гнезде, устанавливаемом на системной плате, — соответственно ответные штыри (ножки). Такое соединение облегчает установку процессоров и улучшает его охлаждение. Надежное контактирование выводов процессора с ножками гнезда осуществляется с помощью прижимного механизма, который удерживает это соединение под большим усилием (рис. 3.8).

Корпуса процессоров имеют специальный вырез (ключ), не позволяющий устанавливать их в гнездо ошибочно.

Все приведенные типы разъемов предоставляют возможность определять тип установленного процессора, а преобразователям

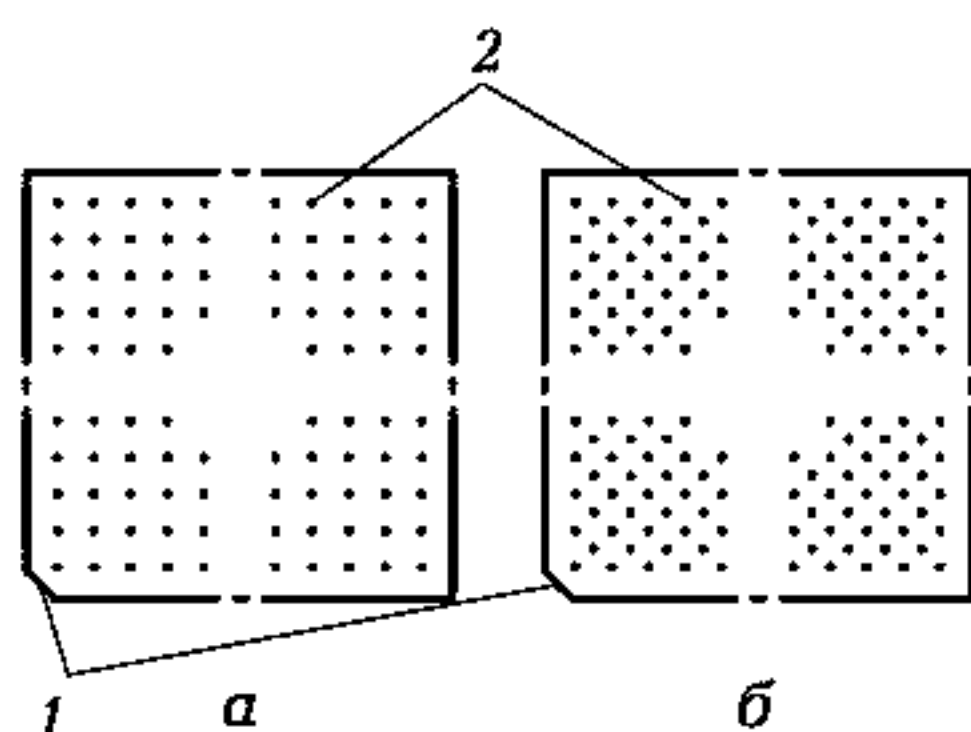


Рис. 3.7. Виды корпусов процессоров со стороны выводов:

а — PPGA; б — SPGA; 1 — ключ; 2 — штыревые и плоские скругленные контакты

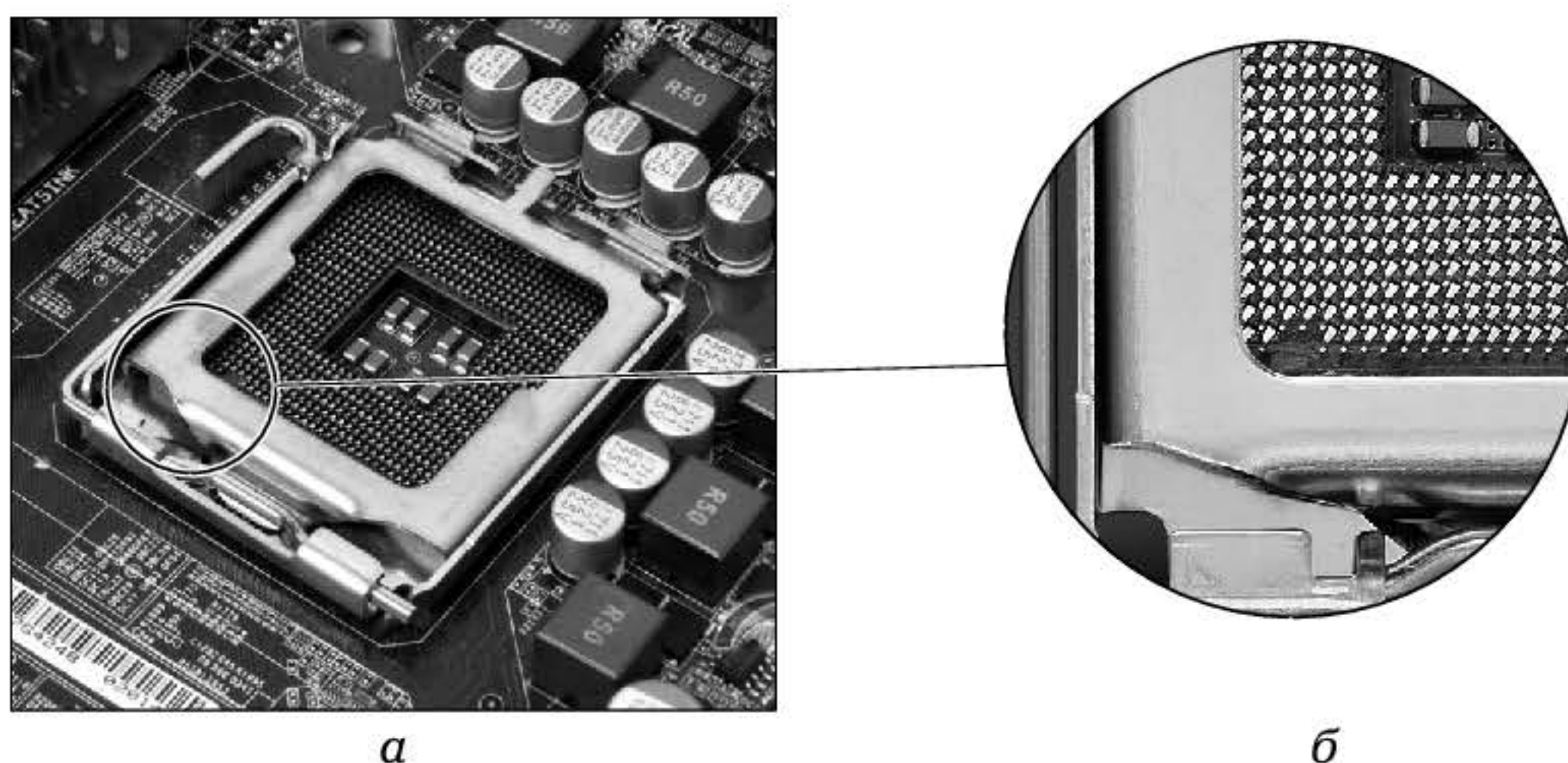


Рис. 3.8. Разъем гнезда ZIF с рамкой крепления процессора (а) и увеличенный фрагмент штыревого контактного поля (б)

напряжения, встроенным в системную плату, автоматически устанавливать его номинальное напряжение питания. В большинстве системных плат изменить эти значения вручную невозможно, но некоторые производители допускают ручное изменение напряжения с точностью до десятых долей вольта.

У современных процессоров выводы распределяются следующим образом.

Обычно 36 контактов выделяются под адресную шину, 64 — под шину данных, примерно 124 — под служебные сигналы, несколько десятков оставляют в резерве, а остальные (около 200 контактов, половина которых задействовано под 0 В) — для подводки питания, что вызвано большим током потребления ядра. Кроме того, часть контактов определяют на системной плате точное значение напряжения питания для установленного процессора.

Для мобильных персональных компьютеров выпускают процессоры в миниатюрных корпусах с выводами, предназначенными для распайки на печатной плате.

Первым мобильным процессором считается Intel Mobile Pentium 4 — версия настольного варианта Pentium 4 с режимом динамического управления энергопотреблением. Система управления питанием SMM (System Management Mode — режим управления системой) дает возможность процессорам экономно использовать емкость аккумулятора портативных компьютеров и продлевать срок их автономной работы. Система SMM интегрирована в процессор и может управлять потреблением мощности в зависимости от его загруженности.

В результате в ноутбуках снижается потребление энергии и увеличивается срок службы источников питания, сокращается выделение энергии в кристалле МП и снижается его температура, благодаря чему увеличивается срок службы процессора.

Для современных ноутбуков и карманных компьютеров производители выпускают экономичные модели процессоров с пониженным (Low Voltage) и сверхнизким (Ultra Low Voltage) напряжением.

Помимо платформы РС/х86 существует другая, менее распространенная, аппаратная платформа Mac (линейка компьютеров Macintosh). Основное отличие между процессорами этих платформ заключается в том, что они используют разные системы команд.

Старшие модели компьютеров Macintosh применяли процессоры Motorola 680х0, а в последнее время используют 64-разрядный процессор PowerPC, который сконструирован в соответствии с принципами RISC-структуры с суперскалярной реализацией.

3.2.2. Микросхемы системной логики

Появление качественно нового процессора сопровождается выпуском для него соответствующего набора микросхем (микросхем системной логики) для обеспечения его эффективного функционирования и формирования следующей структуры ПЭВМ.

Микросхемы системной логики, обеспечивающие работу процессора, системной шины, взаимодействие с оперативной памятью и другими компонентами, определяют не только характеристики персональных компьютеров, но и их модельные типовые ряды.

Идеология производства ПЭВМ с магистрально-модульной структурой привела к тому, что многие наборы системных микросхем совместимы друг с другом по выводам, электрическим и механическим параметрам (разъемам, корпусам и т.д.). Количество микросхем в современных наборах очень ограничено (не более трех), так как в них интегрированы почти все электронные компоненты компьютера: контроллеры прерываний, прямого доступа к памяти, управления памятью, вводом-выводом и системной шиной, которые для первых IBM PC выпускались в отдельных микросхемах.

Набор микросхем системной логики принято называть *чипсетом* (chip set — набор микросхем). Микросхемы набора — это СБИС, по степени интеграции близкие к процессору, поэтому требуют специальных мер по отводу теплоты.

Набор определяет функциональные возможности системной платы: типы подключаемых процессоров, структуру и объем кэш-

памяти, виды и объем модулей ОЗУ, режимы энергосбережения и т.д. На одном и том же наборе разные изготовители могут выпускать несколько модификаций системных плат, пригодных для комплектации целых семейств ПЭВМ.

Лидером среди производителей системных микросхем является компания Intel, современные наборы которой обычно состоят из двух базовых СБИС: северного и южного мостов.

Северный мост практически является четырехпортовым высокоскоростным коммутатором, обеспечивающим управление шиной оперативной памяти, шиной AGP, шиной PCI и взаимодействие системной шины с локальной шиной процессора (рис. 3.9).

Коммутатор объединяет в единое целое составные части северного моста и распределяет все потоки информации, которые используются в ПЭВМ. Он обеспечивает работу шины FSB-процессора, шины оперативной памяти с адресацией до 4 Гбайт и встроенной функцией коррекции ошибок. Практически все северные мосты поддерживают асинхронный режим работы с ОЗУ. Пропускная способность скоммутированной магистрали на участках процессор—северный мост и контроллер памяти—ОЗУ может превышать 6,4 Гбайт/с.

В схему моста входит APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller — контроллер прерываний с программируемыми приоритетами), предназначенный для сбора и обработки возникающих в компьютере аппаратных и программных (процессорных) прерываний.



Рис. 3.9. Структурная схема северного моста

Некоторые типы северных мостов могут поддерживать двух-процессорную конфигурацию. В двухъядерных процессорах APIC синхронизирует программные прерывания каждого ядра процессора.

Контроллер DMA (ПДП) занимается обработкой задач, связанных с быстрым обслуживанием пересылки информации в ОЗУ по системной шине и с южного моста без прерывания работы процессора. Контроллер DMA программируется процессором на автономное выполнение обмена между ОЗУ и контроллерами ввода-вывода и не участвует в этом процессе.

Контроллер AGP обеспечивает графическому адаптеру доступ к системной памяти ПЭВМ и позволяет современным 3D-ускорителям использовать не только видеопамять видеокарты, но и часть ОЗУ.

В последние годы стали выпускаться чипсеты с встроенным в северный мост 128-разрядным видеоконтроллером, поддерживающим режим AGP 4x и имеющим до 64 Мбайт видеопамати.

Между некоторыми северными мостами трудно найти какие-либо существенные функциональные отличия кроме номенклатуры поддерживаемых процессоров.

Южный мост осуществляет управление интерфейсами накопителей, USB, имеет в своем составе ACPI, адаптер шин ISA-PCI, контроллеры гибких дисков, клавиатуры и мыши. Эти функции почти всегда являются базовыми для микросхем южных мостов разных производителей. Кроме того, в состав моста может входить до двух контроллеров жестких дисков с функциями дублирования данных. Некоторые изготовители добавляют в южный мост сетевой адаптер Ethernet, многопортовый контроллер USB, модем и даже высококачественный преобразователь звука.

Переход в ПЭВМ на новую, так называемую хабовую, структуру иногда приводит к необходимости разработки набора микросхем из трех функциональных компонентов, работающих независимо друг от друга. В этом случае к южному мосту подключают микросхему ввода-вывода Super I/O, которая относится к системной логике. Хабовая архитектура разгружает шину PCI и почти вдвое увеличивает ее пропускную способность.

Существуют решения для системных плат без южного моста, когда производители отказываются, например, от последовательных и параллельного портов, а контроллер жестких дисков перемещают в северный мост.

В настоящее время невозможно себе представить, во что трансформируется конструкция ПЭВМ, когда существует тенденция интеграции функций северного моста в кристалл процессора.

3.2.3. Устройства памяти

Для хранения информации в ПЭВМ используются различные устройства оперативной и долговременной памяти, имеющие разное назначение, емкость, быстродействие и аппаратные затраты на единицу хранимой информации. Как уже отмечалось, магистрально-модульный принцип построения компьютера предполагает разделение всех запоминающих устройств по уровням иерархии в зависимости от места их установки и выполняемых задач, причем чем выше уровень, тем меньше по объему память и выше ее быстродействие (регистры процессора, кэш, ОЗУ, магнитные накопители).

Как правило, запоминающие устройства ПЭВМ находятся в общем адресном пространстве процессора, образуя единую так называемую виртуальную память для обеспечения автоматического перемещения информации между запоминающими устройствами, относящимися к различным уровням иерархии.

Использование виртуальной памяти существенно упрощает процесс разработки программ, взаимодействие их между собой и с данными, расположенными на различных носителях.

В ПЭВМ применяется целый комплекс взаимоувязанных технических средств, реализующих функции различных типов запоминающих устройств, память которых подразделяется на внутреннюю, внешнюю и периферийную, позиционируя ее так по месту подключения и установки в ПЭВМ (рис. 3.10).

Внутренняя память. К внутренней памяти относятся ОЗУ, кэш, CMOS, РПЗУ, ПЗУ. Внутренняя память строится по единому прин-

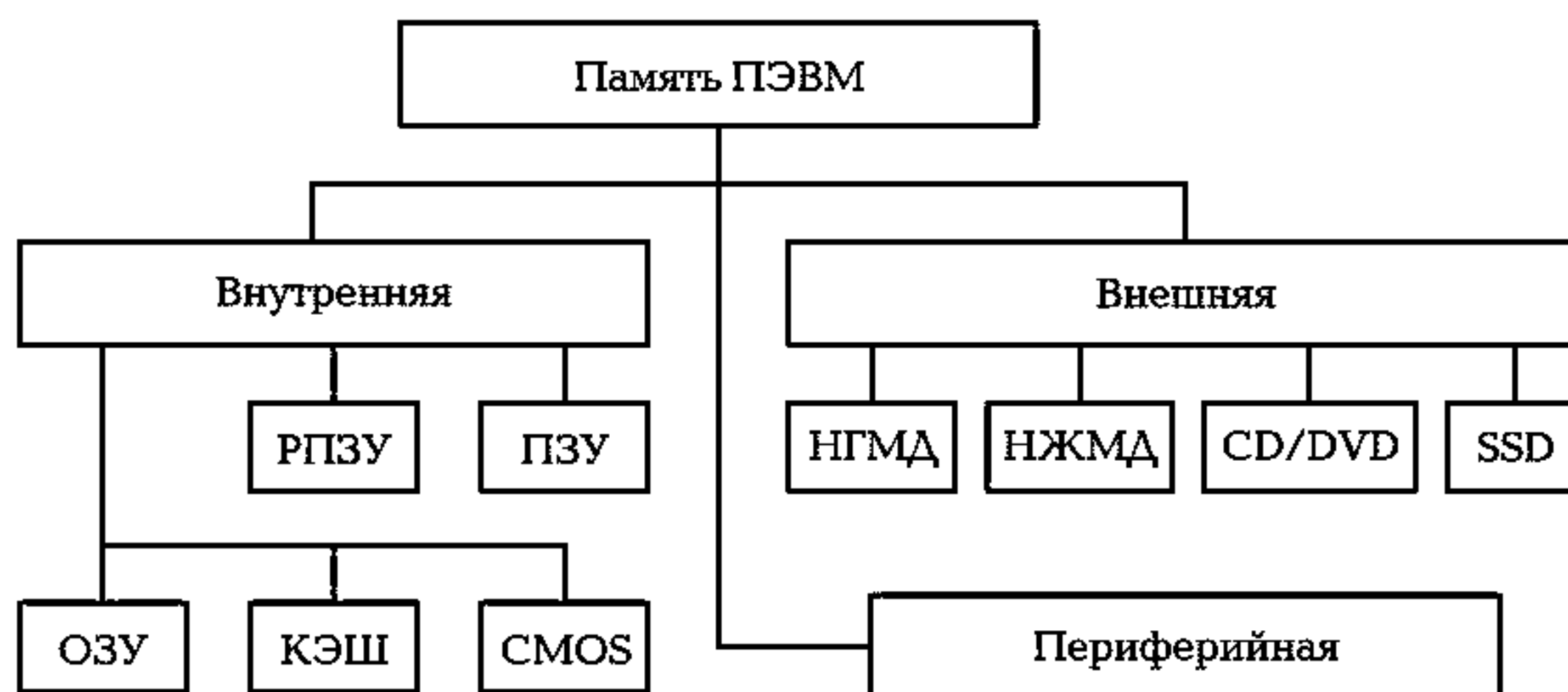


Рис. 3.10. Типы запоминающих устройств ПЭВМ:

SSD (solid-state drive) — полупроводниковый (твердотельный) энергонезависимый перезаписываемый накопитель

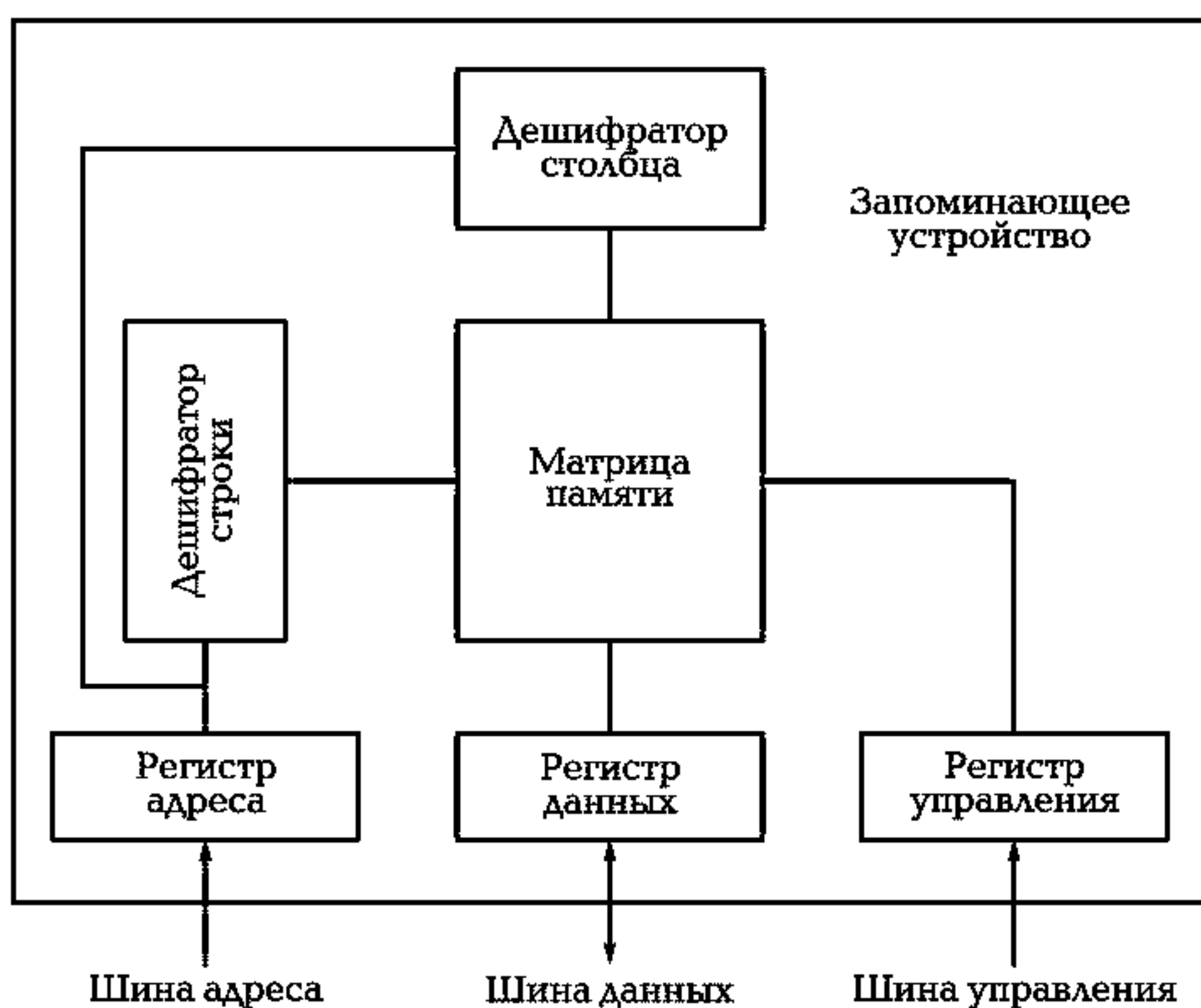


Рис. 3.11. Структурная схема матричного ЗУ

ципу. Базовой частью ЗУ (за исключением кэш-памяти, которая имеет регистровую структуру) является матрица, в которой все ячейки памяти объединены в двухмерный массив (рис. 3.11).

Матричная организация памяти предполагает координатный принцип выборки необходимой ячейки из ЗУ, когда адрес делится дешифраторами на две части (координаты): строка и столбец. На пересечении координат находятся элементы памяти с требуемой информацией (например, байт или машинное слово). Количество линий в адресной шине определяет объем доступной памяти. Максимальная емкость памяти равна 2^n , где n — число линий в шине адреса.

Каждому адресу соответствует количество бит информации, равное числу линий ввода-вывода, используемых в ЗУ. В общем случае микросхемы памяти могут иметь разную ширину шины данных — обычно это $\times 8/\times 16/\times 32$.

По шине управления передаются сигналы, обеспечивающие запись/считывание информации, и сигналы тактовой синхронизации.

Оперативное запоминающее устройство, или RAM (Random Access Memory — память с произвольным доступом), является системной (основной или главной) памятью ПЭВМ. ОЗУ использует-

ся для временного хранения команд и данных, необходимых процессору для выполнения текущей программы. Информация в ОЗУ загружается из внешней или периферийной памяти и не сохраняется при выключении питания ПЭВМ.

Оперативная память ПЭВМ строится на основе *DRAM* (Dynamically RAM — динамические ОЗУ) — асинхронных микросхем памяти с произвольным доступом к каждому байту, для которой время считывания или записи по случайному адресу равно времени доступа по последовательным адресам. В качестве ячейки хранения бита данных используются два МОП-транзистора и конденсатор небольшой емкости, который сохраняет заряд в течение нескольких миллисекунд.

Динамическая память постоянно нуждается в периодическом восстановлении хранящейся информации из-за саморазряда конденсатора, поэтому сохраняет информацию только при наличии регенерации и питания.

Регенерация ОЗУ совершается страницами объемом 2К (4К) байт или машинных слов, т.е. при фиксации адреса столбца происходит последовательное изменение адресов строк, по которым происходит восстановление информации. Поэтому чем меньше строк на странице, тем быстрее проходит регенерация.

При выполнении операции считывания регенерация выполняется автоматически; считанные данные сразу записываются по тем же адресам, восстанавливая заряд на конденсаторах битовых ячеек памяти. Этот алгоритм позволяет уменьшить число требуемых циклов регенерации и увеличить быстродействие ОЗУ.

С выпуском более скоростных процессоров на смену асинхронной памяти *DRAM* пришла *синхронная оперативная память SDRAM* (Synchronous DRAM — синхронная DRAM), спроектированная для обеспечения синхронной работы ОЗУ с локальной шиной процессора. Технология SDRAM освобождает процессор от ожидания появления на шине данных запрошенной информации, так как отслеживает точный цикл его работы. Поэтому процессор может получить данные из оперативной памяти в нужный момент и без дополнительной задержки на ожидание, сокращая время доступа. Синхронная динамическая память способна обмениваться блоками данных на рабочей внешней частоте локальной шины процессора.

Ячейки памяти SDRAM разделены на два независимых так называемых банка, которые могут быть задействованы в работе процессора переключением между ними. Чередувание банков снижает количество циклов обращения процессора к оперативной памяти и увеличивает скорость обмена за счет непрерывной выдачи инфор-

мации. Кроме того, в синхронном ОЗУ используется пакетный (конвейерный) режим быстрой передачи, который применяется в кэш-памяти. Конвейерная передача основывается на предположении, что процессору после выдачи запроса по первому адресу в дальнейшем потребуются информация по следующей серии последовательных адресов.

С этими усовершенствованиями синхронное динамическое ОЗУ стало быстрее асинхронной памяти и по своим параметрам значительно приблизилось к статическим ЗУ.

Развитие технологии привело к созданию более совершенной памяти *DDR SDRAM* (Double Data Rate SDRAM — двойная скорость передачи данных). DDR SDRAM выдает информацию как по переднему, так и по заднему фронту импульсных сигналов шины управления, что позволяет получить удвоенную эффективную скорость передачи данных на один такт частоты.

В настоящее время в ПЭВМ широко используется модификация этой памяти — DDR2 SDRAM, которая в два раза увеличивает объем выборки данных по сравнению с DDR. Питающее напряжение микросхем DDR2 составляет 1,8 В. Оно меньше по сравнению с напряжением питания DDR (2,5 В), поэтому значительное увеличение частоты обмена информацией не приводит к существенному энергопотреблению.

На производительность ОЗУ влияет не только время доступа, но и параметры тактовой частоты, и разрядность данных локальной шины процессора и системной магистрали. В идеале тактовые частоты ОЗУ и шин не должны отличаться друг от друга.

Разрядность шины данных (16, 32 или 64 бита) определяет размерность информации, считываемой (записываемой) из (в) ОЗУ за одно обращение процессора.

Интегральной характеристикой производительности ОЗУ с учетом частоты и разрядности является пропускная способность, которая измеряется в Мбайт/с. При пакетном обмене для считывания данных по первому адресу необходимо больше времени, чем при последующих обращениях к памяти. Количество тактов, необходимых для первого и последующих обращений, также является характеристикой ОЗУ.

Память кэш и *CMOS* строятся на статических ЗУ, в которых ячейки хранения информации представляют собой триггер. Кэш-память отличается большим быстродействием, CMOS-память — очень малым энергопотреблением.

Постоянное запоминающее устройство, или ROM (Read Only Memory), содержит информацию, которая не меняется в процессе

эксплуатации ПЭВМ. Информация заносится в ПЗУ в процессе производства микросхемы или перед установкой в компьютер с помощью специального устройства — программатора. ПЗУ функционирует только в режиме чтения информации и обеспечивает ее хранение при выключенном питании.

Ячейка памяти однократно программируемого ПЗУ представляет собой легкоплавкую перемычку, соединяющую в матрице две координатные линии строки и столбца. В состав перемычки входят проводники, полупроводниковые диоды или транзисторы. При программировании матрицы по адресам ячеек, в которые необходимо записать 0, программатором подается импульс тока, достаточного для устранения (прожига) перемычки. В ячейках памяти, в которых сохраняется связь между адресами и линиями считывания, записывается 1.

Непрограммируемые ПЗУ изготавливаются на заводе, имеют неразрывное соединение между координатными проводниками в виде диода или транзистора для ячеек с состоянием 1 и не имеют такой связи для ячеек с состоянием 0.

Репрограммируемые постоянные запоминающие устройства занимают промежуточное место между ОЗУ и ПЗУ и обеспечивают энергонезависимое хранение информации и ее многократное изменение (перезапись). Вместо аббревиатуры РПЗУ применяются также термины «флэш-память», «твердотельная память» и EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory — электрически стираемое программируемое ПЗУ).

РПЗУ не допускает перезаписи отдельной ячейки без предварительного поблочного стирания. При этом стираются все ячейки внутри выбранного блока, независимо от других блоков. Стирание происходит подачей специального стирающего напряжения. Количество стираемых за один раз данных определяется схемотехникой памяти и зависит от размера блока.

При программировании данные вводятся во РПЗУ побитно, байтно или словами. Запись информации производится обнулением ячеек, стирание переводит их в состояние логической 1. Современные микросхемы РПЗУ выдерживают не менее 1 млн циклов стирания/записи и могут сохранять информацию при отключенном питании более 10 лет.

Для хранения программ BIOS раньше использовались ПЗУ, а в современных ПЭВМ применяются микросхемы РПЗУ.

Устройства внешней и периферийной памяти очень разнообразны и отличаются по ряду признаков:

- по виду носителя;

- типу конструкции;
- принципу записи и считывания информации;
- методу доступа и т. д.

Внешняя память. В качестве внешних (встроенных в ПЭВМ) долговременных накопителей традиционно используются электро-механические магнитные и оптические дисковые накопители: на гибких магнитных дисках (НГМД), на жестких магнитных дисках (НЖМД), на оптических дисках CD (Compact Disk — компакт-диск) и DVD (Digital Versatile Disk — цифровой универсальный диск), подключаемых к системной плате с помощью встроенных интерфейсов.

Все типоразмеры магнитных и оптических дисков характеризуются их диаметром.

В магнитных дисках используются магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса, которые по аналогии с ферритовыми сердечниками позволяют фиксировать и различать два направления намагниченности, ставя им в соответствие 0 или 1.

Носителями магнитного материала в накопителях являются гибкие лавсановые и жесткие на алюминиевой или стеклянной подложке диски, покрытые слоем ферромагнитного материала с различными добавками.

Ферромагнитный слой состоит из мелких частиц (доменов), скрепленных связующим веществом и представляющих собой элементарные магнитики.

При отсутствии внешних магнитных полей домены находятся в хаотическом состоянии (расположены случайным образом), их поля взаимно нейтрализуют друг друга, поэтому остаточная намагниченность диска равна нулю. Если часть поверхности диска подвергается воздействию магнитного поля, то в этом месте частицы выстраиваются в определенном направлении, их магнитные поля больше не компенсируют друг друга, поэтому на этом участке появляется остаточная намагниченность (запись воздействия), причем в зависимости от направления магнитного поля меняется и направление остаточной намагниченности. Эту смену направления (знака) остаточного магнитного поля можно обнаружить (считать) специальной головкой. Вращая диск и перемещая по нему локальное внешнее магнитное поле, такие изменения можно записать на всей его поверхности.

Для создания переменного магнитного поля на вращающемся диске с последующим обнаружением зон смены знака используют магнитные головки записи и считывания. Записываемые биты данных представляют собой импульсы положительного или отрица-

тельного напряжения, которые соответственно меняют полярность остаточной намагниченности диска.

Магнитная записывающая головка в соответствии с поданным напряжением формирует перепад магнитного поля и записывает данные на диск, размещая на нем последовательно локальные зоны смены знака и постоянной намагниченности.

Размеры зоны записанного бита информации зависят от размера доменов, параметров головки, частоты сигнала записи и скорости, с которой перемещаются относительно друг друга головка и поверхность диска.

Головка считывания выдает сигнал (фиксирует бит информации) только в тех точках, в которых пересекает зону смены знака, т.е. обнаруживает на диске перепад остаточного магнитного поля. Амплитуда сигнала, поступающего с головки считывания, очень мала, поэтому для формирования достоверного сигнала используются усилительное устройство и декодирующие схемы для восстановления данных и нейтрализации помех. Каждый бит данных сопровождается дополнительными зонами смены знака, необходимыми только для синхронизации и выделения хранящейся информации.

Количество зон смены знака, которые можно записать на диске, физически ограничено возможностями производства носителей и головок, поэтому в накопителях для увеличения объемов полезной информации используют методы кодирования на основе FM (Frequency Modulation — частотная модуляция): MFM (Modified Frequency Modulation — модифицированная частотная модуляция) и RLL (Run Length Limited — кодирование с ограничением длины поля записи).

Основными целями применения кодирования являются сокращение количества зон смены знака на единицу объема данных и рациональное использование участков с постоянной намагниченностью.

Метод MFM применяется для записи на гибкий магнитный диск, при которой для кодирования очередного бита информации используются данные о значении кода предыдущего бита.

Метод RLL записи на жесткий диск заключается в ограничении расстояния (длины поля записи) между изменениями направления магнитного поля на поверхности носителя данных, что позволяет исключать появление длинных строк нулевых битов, которые могут быть считаны неправильно, и тем самым ограничивать минимальную и максимальную длины участков между сменой знаков (единичными битами).

По сравнению с методом MFM метод RLL более эффективен, позволяет разместить на диске в 1,5 раза больше информации за счет кодирования не отдельных бит информации, а цифрового блока данных, в результате чего сокращается количество зон смены знака на единицу объема.

Для уменьшения габаритных размеров и увеличения емкости магнитных дисков в настоящее время применяют универсальную головку, которая представляет собой конструктивное совмещение головок записи и считывания.

Устройство для считывания и записи информации на магнитном диске называется дисководом, или приводом.

Информация на магнитные диски (рис. 3.12) записывается и считывается магнитными головками вдоль концентрических дорожек (треков).

Число дорожек и их информационная емкость зависят от типа диска, конструкции дисковода, материала магнитных головок и магнитного покрытия. Чем меньше толщина магнитного покрытия, тем меньше влияние дорожек друг на друга и тем больше можно записать данных на диск. Магнитные диски имеют дорожки на нижней и верхней поверхности и могут комплектоваться в пакеты.

Каждая дорожка диска разбита на секторы. Число секторов может быть различным, в зависимости от числа дорожек и типа накопителя. Например, одна дорожка гибкого диска может содержать до 18 секторов, одна дорожка жесткого диска — несколько сотен секторов. Стандартные сектора имеют емкость 571 байт и создаются с помощью программ физического (низкоуровневого) форматирования магнитных дисков.

Для того чтобы записать данные на магнитный диск, его поверхность необходимо разметить — отформатировать.

При форматировании диска в начале и конце каждого сектора создаются добавочные области для записи служебных данных, по

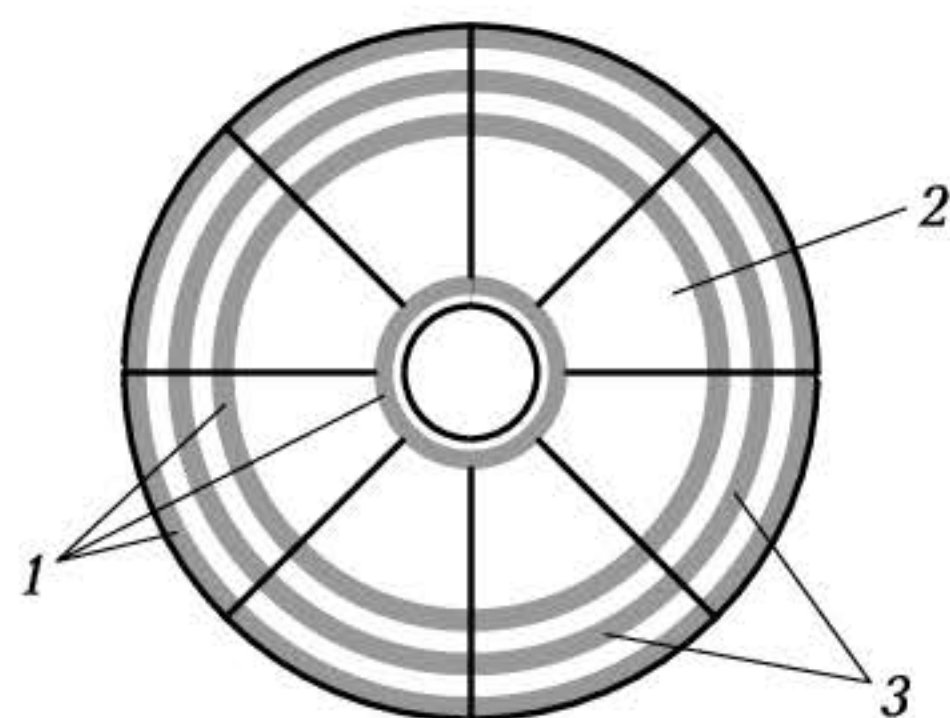


Рис. 3.12. Структура (разметка) поверхности магнитного диска:

1 — дорожки; 2 — сектор; 3 — кластер

которым определяется его граница. Между секторами на каждой дорожке имеются промежутки, страхующие данные смежных секторов от случайного стирания. Поэтому после форматирования доступная емкость сектора под данные уменьшается до 512 байт и уменьшается общий объем диска (например, гибкий диск емкостью 1,6 Мбайт после форматирования имеет доступную пользователю емкость 1,44 Мбайт).

Обмен данными между накопителем и ОЗУ осуществляется последовательно целым числом секторов. Совокупность дорожек магнитных дисков, находящихся на одинаковом расстоянии от его центра, называется *цилиндром*.

В гибком двухстороннем диске на один цилиндр приходится две дорожки (сверху и снизу диска); в жестком дисководе в пакет может быть собрано до 10 магнитных дисков, поэтому одному цилиндру соответствует до 20 дорожек. Для исключения взаимных помех между дорожками имеются выделенные защитные промежутки.

Данные на дисках хранятся в файлах, которые всегда кратны определенному количеству кластеров.

Кластер — это минимальная единица размещения информации на диске, состоящая из одного или нескольких секторов дорожек. Кластеры, выделяемые одному файлу, могут находиться в любом свободном месте на любой дорожке.

Гибкие магнитные диски, или флоппи-диски, использовались всегда как основное и самое доступное средство резервного копирования информации, а также для переноса данных между персональными компьютерами.

В ПЭВМ применялись два типоразмера гибких дискет: 5-дюймовые (133 мм) и 3-дюймовые (89 мм). С каждым годом потребность в 3,5-дюймовых дискетах постоянно снижается, а выпуск 5,25-дюймовых дискет давно прекращен из-за малой емкости и больших размеров дисководов.

Дискеты диаметром 133 мм представляли собой эластичный плотный бумажный конверт (футляр), в котором помещался гибкий лавсановый носитель информации, покрытый износостойчивым ферромагнитным слоем. В футляре имелись центральное отверстие для обеспечения вращения диска в дисководе, окно для контактирования его поверхности с магнитными головками и боковая прорезь, блокирование которой (например, заклеивание липкой лентой) запрещало запись и стирание информации.

Дискета диаметром 89 мм имеет похожую конструкцию, но более жесткий футляр из пластика, к тому же она лучше защищена от внешних воздействий среды (рис. 3.13).

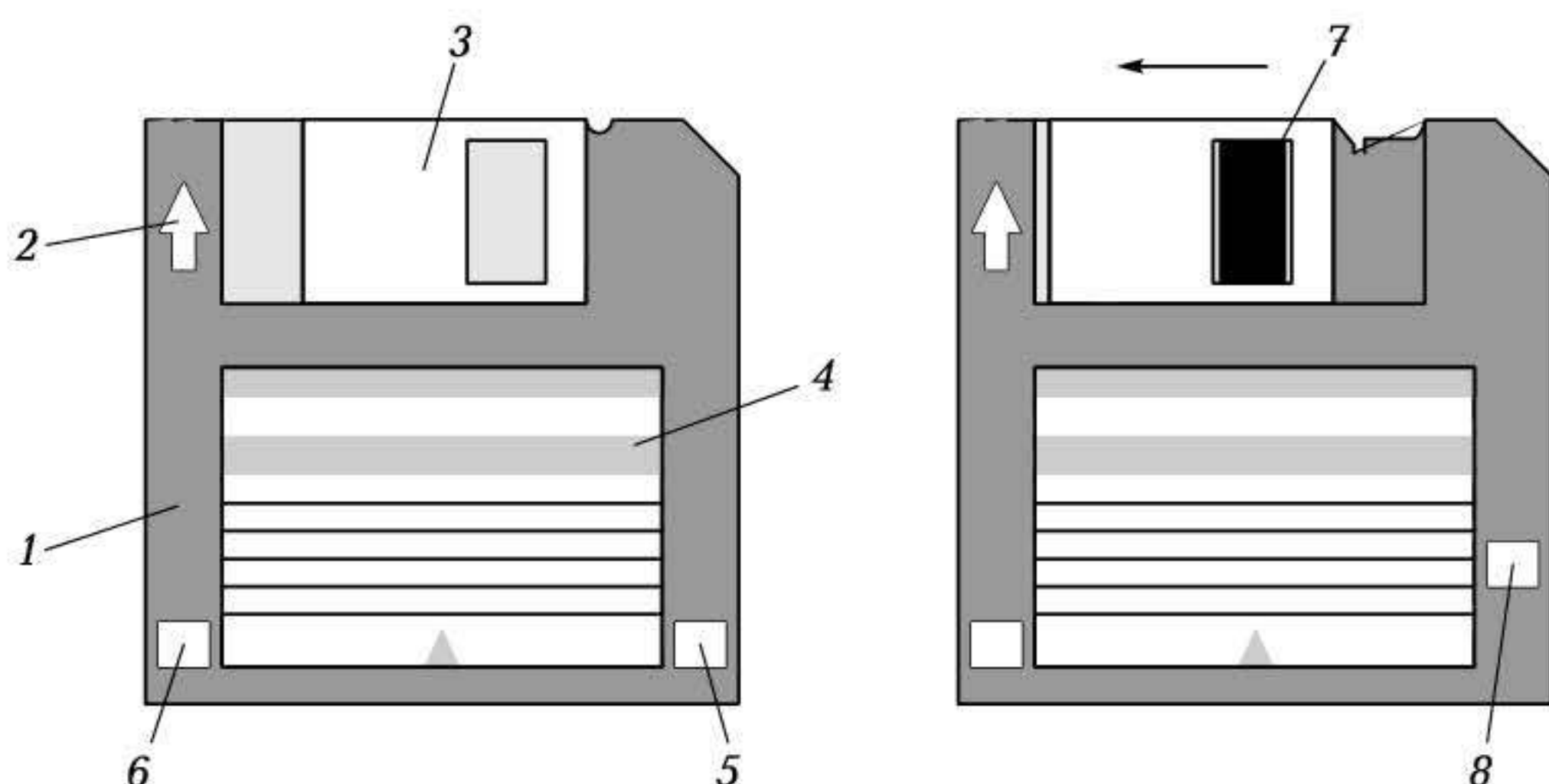


Рис. 3.13. Внешний вид 3,5-дюймовой дискеты:

1 — футляр; 2 — указатель направления установки дискеты; 3 — шторка; 4 — этикетка; 5 — отверстие для датчика у дискеты высокой емкости; 6 — окно блокировки записи с встроенным переключателем; 7 — отверстие доступа головок к магнитному диску при открытой шторке; 8 — отверстие для датчика у дискеты сверхвысокой емкости

Для предохранения поверхности дискеты от повреждения окно для считывания/записи информации закрыто пружинящей металлической шторкой, которая открывается при установке в дисковод и обеспечивает доступ головок к магнитной поверхности диска. Гибкий диск защищается специальным покрытием, которое предохраняет магнитный слой и записанную на нем информацию от грязи, пыли, воды, жира, отпечатков пальцев и некоторых растворителей.

На обратной стороне футляра проделано круглое отверстие под металлическую шайбу с установочным отверстием, предназначенную для обеспечения вращения гибкого диска в дисковом.

Блокировка записи на диск устанавливается специальным переключателем (пластиковой заслонкой), размещенным в левом углу футляра дискеты. Диск защищен от записи, когда окно открыто; если заслонка закрывает отверстие, то запись разрешается.

В правом нижнем углу футляра расположено отверстие для определения датчиком дисковода уровня плотности дискеты: высокой или сверхвысокой плотности. Если отверстие для датчика типа дискеты находится напротив отверстия защиты, то емкость дискеты составляет 1,44 Мбайт. У дискеты сверхвысокой плотности 2,88 Мбайт отверстие смещено к верхней части дискеты.

Дискеты сохраняют работоспособность при температуре от 5 до 50 °С.

Жесткие магнитные диски в большинстве накопителей встраиваются в дисководы, но существуют также периферийные устройства со сменными картриджами с несколькими дисками, например приводы Jaz. Головки записи/считывания могут находиться в самом съемном картридже или дисковом диске. Наиболее распространенные типоразмеры жестких дисков: 1; 1,8; 2,5 и 3,5 дюйма, объем которых превышает 2 000 Гбайт.

Для повышения емкости жесткие диски форматируют с переменным числом секторов на разных дорожках. Внешние цилиндры могут содержать больше данных, так как имеют большую длину окружности, поэтому на них формируют большее число секторов по сравнению с внутренними цилиндрами.

В ПЭВМ для удобства эксплуатации жесткие магнитные диски часто разделяют программными средствами на несколько логических дисков (томов), например чтобы отделить системную область от пользовательских файлов. Для этого используют форматирование высокого (логического) уровня с помощью операционных систем.

Для организации хранения и именования данных на жестких дисках используют так называемые файловые системы, которые определяют формат физического хранения информации и связывают его атрибуты (например, имя файла, размер, системный, только для считывания) с операционной системой.

Изначально большинство файловых систем создавалось на основе *FAT* (File Allocation Table — таблица размещения файлов): FAT 12, FAT 16, FAT 32 (отличаются разрядностью кода, отведенного под номер кластера); они поддерживаются практически всеми известными в настоящее время операционными системами.

Наибольшее распространение в ПЭВМ получили файловая система FAT 12, используемая в разделах емкостью до 16 Мбайт (например, в гибких дисках) и FAT32 (File Allocation Table 32-bit — 32-разрядная таблица размещения файлов) с объемом тома от 512 Мбайт до 2 Тбайт, применяемая для работы с жесткими дисками.

В файловых системах FAT каждый логический диск состоит из системной (служебной) области, включающей в себя загрузочный сектор, две копии (защита от сбоев) таблицы размещения файлов и корневой каталог, а также области данных (кластеров). Максимальный размер кластера, который поддерживается в FAT, составляет 32 Кбайт. Загрузочный сектор является первым сектором на жестком диске (цилиндр 0), содержит список разделов на диске, расположение их загрузочных секторов и загрузочный код, который по-

зволяет системной BIOS начать загрузку операционной системы (ОС) с нужного раздела.

Таблица размещения файлов организована в виде списков номеров кластеров, в которых расположены отдельные файлы. Для каждого кластера в таблице указывается его состояние: дефектный, свободный, принадлежность к конкретному файлу и его последняя часть. Когда файл удаляется, все его кластеры маркируются как свободные, но сами данные в них не стираются. Они уничтожаются только записью на их место других данных. Таблица размещения файлов очень важна, без нее невозможно собрать файл из нужных кластеров, особенно если кластеры файла записаны не подряд, а через промежутки, занятые кластерами других файлов. Поэтому для надежности таблица размещения файлов дублируется.

Корневой каталог — это база данных, содержащая информацию о записанных на диске файлах, которая связана с информацией, хранящейся в таблице размещения файлов: номером первого кластера файла и длиной файла. В каталоге сохраняется практически вся информация о файле, которой располагает операционная система. С помощью этих структур данных операционная система распределяет дисковое пространство, отслеживает расположение файлов и блокирует дефектные участки диска.

Область данных любого логического диска размещается за корневым каталогом. В этой области расположены подкаталоги и сами данные. Она контролируется с помощью таблицы размещения файлов и корневого каталога.

Число томов на всех жестких дисках в компьютере может достигать 24 (ограничено числом букв латинского алфавита от С до Z), поэтому в ПЭВМ может быть использовано несколько накопителей на жестких дисках с разным количеством томов, не превышающем 24.

В последнее время все большее распространение, вытесняя FAT32, получила файловая система NTFS (New Technology File System — файловая система новой технологии), в которой объем логического диска практически неограничен.

Диск NTFS условно подразделяется на две части. Первая часть диска отводится под служебную зону MFT (Master File Table — общая таблица файлов) — централизованный каталог для всех файлов. Зона MFT поделена на отдельные записи, необходимые для поиска файлов.

Остальной объем диска выделяется для хранения файлов. NTFS поддерживает размер кластеров до 64 Кбайт, но в основном используют размер кластера 4 Кбайт, который считается оптимальным.

Файловая система NTFS более совершенна, работает с файлами большого размера и имеет средства безопасности: поддерживает автоматическое засекречивание и рассекречивание файлов, позволяет устанавливать для коллективных пользователей ПЭВМ различные возможности на использование логического диска, например полный доступ или только считывание.

При записи файлов на жесткий диск некоторые из них фрагментируются, т. е. разбиваются на множество разбросанных по всему диску кластеров.

Файлы, хранящиеся в рассеянных по жесткому диску кластерах, называются *фрагментированными*.

Для сокращения времени поиска кластеров при считывании таких файлов их *дефрагментируют* — принудительно располагают информацию в кластерах, следующих последовательно друг за другом. Кроме того, когда файлы занимают непрерывные области на диске, уменьшается износ привода головок и дисков.

Постоянное добавление, перемещение или удаление файлов приводит к фрагментации файлов, что замедляет скорость их обработки, поэтому пользователю необходимо регулярно проводить дефрагментацию жесткого диска.

Оптические диски представляют собой штампованную прозрачную поликарбонатную основу с металлическим отражающим покрытием диаметром 120 и 80 мм, толщиной 1,2 мм, с центральным отверстием диаметром 15 мм (рис. 3.14).

Информация на оптическом диске записывается на спиральную дорожку, которая начинается на внутренней и заканчивается на внешней части диска, поэтому объем диска определяется длиной дорожки или числом ее витков. Спиральная дорожка образована последовательностью отстоящих друг от друга отражающих плоских металлических площадок, разделенных так называемыми штрихами (не отражающими участками), длина которых имеет два размера, что позволяет закодировать биты 0 и 1. Снизу диска пло-

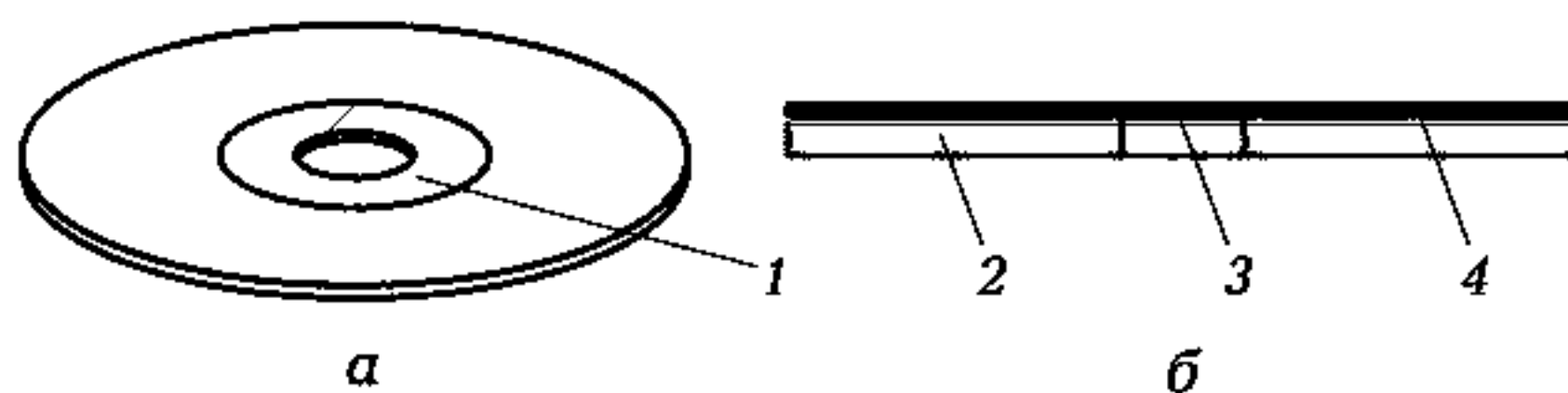


Рис. 3.14. Оптический диск [а] и его вид в разрезе по диаметру [б]:

1 — область фиксирования диска на вале дисководов; 2 — пластмассовая основа; 3 — металлический слой; 4 — защитное покрытие диска

щадки защищены от повреждения прозрачной основой, а сверху — тонким полимерным покрытием. В оптическом дисководе информация с дорожки считывается лазерным лучом, который фокусируется на дорожке диска и, отражаясь от металлизированного слоя площадок, попадает на фотоприемник.

Запись информации на диск осуществляется лазером, но при массовом производстве оптические диски с данными изготавливаются штамповкой или прессованием с использованием оригинальной металлической матрицы, полученной на основе так называемого эталонного мастер-диска с записанной информацией (например, с программным обеспечением, видео- и аудиоданными).

Обозначения CD и DVD относятся как к самим оптическим дискам, так и к устройствам их приводов (дисководам). Дисководы DVD могут считывать и записывать обычные компакт-диски CD.

Основной особенностью DVD является использование универсального цифрового формата для программной и любой другой информации, включая мультимедийные данные. DVD-диски могут содержать видеоматериалы высокого качества, музыкальные файлы, цифровые фотографии и другие пользовательские данные значительно большего объема, чем диски CD.

Уплотнение данных на DVD-дисках достигается уменьшением длины штрихов, увеличением длины дорожки за счет уменьшения шага витков и применением двухслойной и двухсторонней записи.

Наиболее распространенная информационная емкость односторонних однослойных дисков с алюминиевым покрытием: CD — 700 Мбайт; DVD — 4,7 Гбайт.

Односторонний диск DVD с двумя слоями записи имеет емкость 8,5 Гбайт; двухсторонний диск с одним слоем записи — 9,4 Гбайт; двухсторонний с двумя слоями записи — 17,1 Гбайт. При использовании двухстороннего диска его необходимо переворачивать в дисководе.

Односторонний двухслойный диск DVD состоит из двух записанных слоев информации, находящихся на одной стороне диска. Внешний слой сделан из полупрозрачного отражающего материала, поэтому лазерный луч может проходить сквозь него и считывать информацию с внутреннего слоя. Чтобы разделить информацию, используют разные способы формирования дорожек на разных слоях диска: параллельно друг другу и по обратной спирали, которая у внутреннего слоя начинается с края диска. Лазерный луч, считывая информацию с внешнего слоя, сначала продвигается от центра диска к его краю, а затем переходит на внутренний слой, меняя направление движения на противоположное. Внешний слой по-

крыт полупрозрачной золотой пленкой, которая отражает лазерный луч, сфокусированный на данном слое, и пропускает луч, который сфокусирован на нижнем слое. Двухслойный диск вмещает в себя в два раза больше информации, чем однослойный.

Двухсторонний двухслойный диск DVD имеет по два слоя записи на каждой стороне, что дополнительно удваивает объем хранящейся информации.

В настоящее время находят применение оптические диски HD DVD (High Definition — высокая плотность) с однократной записью. Однослойный диск HD DVD имеет емкость 15 Гбайт, двухслойный — 30 Гбайт, трехслойный диск будет хранить до 45 Гбайт, четырехслойный — до 100 Гбайт.

Оптические диски, наиболее часто используемые в ПЭВМ, имеют разные форматы записи и подразделяются на следующие группы:

- диски CD (CD-ROM, CD-R и CD-RW);
- диски DVD (DVD-ROM, DVD-R, DVD+R, DVD-RW и DVD+RW).

Не перезаписываемые диски CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory — компакт-диск только для считывания) и аналогичные DVD-ROM представляют собой пластиковые диски с односторонними или двухсторонними тонкими отражающими металлическими слоями. На всей верхней части одностороннего диска располагается маркировка в виде этикетки; на двухстороннем диске его наименование приводится на узкой кольцевой поверхности рядом с отверстием.

Для записи данных в ПЭВМ преимущественно применяются односторонние оптические диски с однократной CD-R (CD Recordable — записываемый компакт-диск), DVD-R/DVD+R и многократной записью CD/RW (ReWritable — перезаписываемый компакт-диск), DVD-RW/DVD+RW, DVD-RAM.

Стандарты записи оптических дисков DVD-R/DVD+R и DVD-RW/DVD+RW различны, поэтому все современные дисководы могут их считывать, но не все могут записывать.

В однократно записываемых дисках отражающий слой выполнен в основном из серебряной или золотой пленки, а между ним и поликарбонатной основой расположен регистрирующий слой из активного органического материала, темнеющего при нагревании. В процессе записи лазерный луч, двигаясь по спирали, разогревает органическое вещество до температуры примерно 300 °С, меняя прозрачность штрихов. После нагревания эти участки поверхности на дорожке перестают пропускать свет к отражающему слою и воспринимаются при считывании как выступы на обычном компакт-диске.

Диск с многократной перезаписью состоит из слоя, изменяющего под воздействием лазера свое фазовое состояние и расположенного поверх поликарбонатной основы, на обратной стороне которой имеется волнистая спиральная дорожка, предназначенная для точного позиционирования лазера. В качестве отражающего слоя используется алюминиевое покрытие.

При записи лазер, двигаясь по дорожке, разогревает локальные точки слоя до критической температуры около 700 °С, переводя их в аморфное состояние в пределах штрихов, создавая тем самым не-отражающие участки, которые сохраняются после остывания.

Для стирания информации на диске слой переводится в первоначальное кристаллическое состояние — лазер разогревает слой только до температуры ниже критической (примерно 200 °С) и отражающие свойства материала по всей длине дорожки восстанавливаются.

Оптические диски CD-R, CD-RW имеют стандартную емкость 700 Мбайт; DVD-R, DVD-RW, DVD-RAM — 4,7 Гбайт. Количество циклов записи зависит от отражающей способности поверхности перезаписываемых дисков и может достигать нескольких десятков тысяч.

Оптические диски состоят из трех основных зон: центральное отверстие с зоной посадки диска, не содержащей информации; область с записанными данными и нулевая зона — оглавление диска, в котором хранятся начальные адреса, длины всех файлов и суммарная длина области данных.

В перезаписываемых дисках добавляются: область калибровки мощности, предназначенной для определения мощности лазера, необходимой для оптимальной записи диска; область хранения временной таблицы оглавления, которая по окончании сеанса записи переписывается в нулевую зону.

Рабочий температурный диапазон оптических дисков составляет от –5 до +55 °С при влажности 10...90 %.

Оптические диски (при правильной эксплуатации) очень долговечны, устойчивы к циклическим колебаниям температуры, на них не влияют магнитные и электрические поля, они позволяют осуществлять быстрый поиск файлов, что делает их практически незаменимыми при создании резервных копий программ и данных.

Периферийные накопители. К периферийным накопителям относятся дисковые, ленточные и твердотельные (флэш-память) накопители, которые не входят в состав системных блоков и подключаются к ПЭВМ с использованием внешних портов, как и периферийные устройства. Наиболее распространенными средства-

ми подсоединений являются интерфейсы USB, SCSI, SAS и FireWire.

В периферийных накопителях ПЭВМ применяются сменные магнитные и магнитооптические диски, которые используются очень редко. К ним относятся гибкие съемные магнитные диски Бернулли с повышенной плотностью записи, которая обеспечивается обычным и оптическим позиционированием головок. По технологии гибких дисков с эффектом Бернулли выпускаются 3,5-дюймовые накопители Zip и LS (Laser Servo mechanism — лазерный сервомеханизм), размещаемые в пластиковых футлярах — картриджах.

Диски Zip выпускались емкостью 100 и 250 Мбайт, а с переходом на новый картридж U-образной формы их объем увеличился до 750 Мбайт.

Диск LS имеет те же размеры, что и обычная 3,5-дюймовая дискета, но располагает более жесткой конструкцией и использует совмещенную оптическую и магнитную технологию записи/считывания данных. Высокая плотность хранения информации достигается наличием на дисках специальных серводорожек, нанесенных лазерным лучом и служащих для точного оптического позиционирования магнитных головок. Информация записывается традиционным магнитным способом на ферромагнитный слой диска, но на большее количество дорожек меньшей ширины.

В ПЭВМ применялись 3,5- и 5,25-дюймовые магнитооптические носители информации с многократной перезаписью, которые не нашли широкого распространения. На поверхность магнитооптического диска наносится слой из вещества, не магнитного в нормальных условиях, на который информация может быть записана магнитной головкой только при его нагреве до высокой температуры. Такая температура создается мощным лазерным импульсом малой длительности. При стирании информации лазер нагревает участок магнитооптического диска до температуры около 200 °С (точка Кюри) и вещество становится восприимчивым к магнитному полю. В разогретой зоне диска информацию можно стереть или записать магнитным полем головки, не влияя на другие части диска, которые имеют нормальную температуру. Места на диске, которые содержат 0, отражают свет с углом поляризации, отличным от угла поляризации областей, содержащих 1.

Считывание информации выполняется лазерным лучом меньшей мощности. При считывании информации вектор поляризации отраженного от поверхности диска лазерного луча изменяет свое направление на несколько градусов (в зависимости от ориентации

намагниченного участка активного слоя). Изменение поляризации воспринимается соответствующим фотодатчиком.

В нормальных климатических условиях диск практически нечувствителен к магнитному полю и может надежно хранить данные около 30 лет. Емкость магнитооптических 5-дюймовых дисков превышает 10 Гбайт; 3-дюймовых — 2 Гбайт.

Для резервного копирования и архивирования больших объемов данных в ЭВМ используют магнитные ленты, упакованные в специальные кассеты (картриджи).

В качестве приводов магнитных лент при записи и считывания информации используются лентопротяжные механизмы — стримеры (streamer — длинная узкая лента). В отличие от накопителей на дисках с произвольным доступом к данным стримеры являются устройствами последовательного доступа, в которых для повторного считывания информации необходимо перемотать ленту в ее начало.

Несмотря на конструктивные отличия во всех ленточных устройствах используются два базовых аппаратных метода записи (линейная и наклонно-строчная магнитная запись), совмещаемых с программным сжатием данных в среднем 2 : 1.

При линейной магнитной записи используется широкая лента с большим числом расположенных по длине параллельных дорожек и многоканальная неподвижная магнитная головка (как в кассетном или катушечном магнитофоне).

В стримерах с наклонно-строчной записью (спиральная развертка, диагональная запись) несколько головок размещают на вращающемся цилиндре, установленном, как в видеоманитофоне, под углом к ленте. Лента при записи и считывании движется только в одном направлении с небольшой скоростью (несколько сантиметров в секунду) мимо вращающегося с высокой скоростью блока головок считывания/записи.

В настоящее время существуют различные технологии и форматы записи, позволяющие хранить на лентах шириной 4,0 ... 12,7 мм объем информации от нескольких гигабайт до сотен терабайт.

Информационная емкость кассеты (картриджа) зависит от длины и ширины ленты, числа дорожек и метода записи данных. Длина ленты может составлять 90 ... 350 м, а число дорожек — больше сотни.

В ПЭВМ для резервного копирования очень редко и ограниченно применяют QIC (Quarter Inch Cartridge — четвертьдюймовый картридж) с линейной записью и DAT (Digital Audio Tape — цифровая аудиолента) с наклонно-строчной записью.

В последние годы самое широкое распространение получили твердотельные малогабаритные носители информации, разработанные на основе микросхем РПЗУ: USB Flash Drive и карты флэш-памяти и накопители SSD 1,8; 2,5; 3,5 дюймов с объемом памяти до 960 Гбайт.

USB Flash Drive (флэш-гуск, флэш-память) — носитель информации, подключаемый к ПЭВМ через стандартный разъем или концентратор USB, имеющий обычно вытянутую форму и съемный колпачок, который прикрывает разъем, индикатор обмена информацией и механический переключатель, блокирующий запись или стирание информации. Большинство накопителей USB Flash Drive выполнены в виде брелока (рис. 3.15).

Флэш-гуски получили большую популярность в связи с их компактностью, легкостью перезаписывания файлов и большим объемом (до 128 Гбайт) хранимой информации. При подключении к ПЭВМ таким накопителям автоматически присваивается очередное имя логического диска.

Карты памяти (флэш-карты) имеют более широкое распространение, так как они нашли применение почти во всех видах бытовой техники — от цифровых фотоаппаратов до различных типов персональных компьютеров (рис. 3.16).

К наиболее известным флэш-картам относятся CompactFlash, MultiMedia Card, Secure Digital и Memory Stick.

Устройства флэш-памяти CompactFlash (CF) имеют самую высокую емкость и подразделяются на два типа: Type I и Type II, которые отличаются толщиной корпуса (3,3 и 5 мм соответственно). Другие размеры карт составляют 42,8 × 36,4 мм. Карты CompactFlash Type I могут вставляться в слоты обоих типоразмеров, CompactFlash Type II — только в



Рис. 3.15. Накопители USB Flash Drive



Рис. 3.16. Флэш-карты

слот для CompactFlash Type II. Память CompactFlash имеет 50-контактный разъем с интерфейсом IDE, скорость считывания данных 8 Мбайт/с, скорость записи 6,6 Мбайт/с, объем — от 256 Мбайт до 32 Гбайт.

Карты стандарта MultiMedia Card (MMC) имеют очень малые размеры — $24 \times 32 \times 1,4$ мм, объем более 2 Гбайт. В устройстве используется 7-контактный интерфейс и РПЗУ, которое сохраняет работоспособность в диапазоне напряжений 1,8...3,0 В. Разновидность MMC — Secure MMC — позволяет кодировать содержимое памяти в процессе записи.

Карты памяти Secure Digital (SD) похожи на MMC, выпускаются с тем же объемом, хотя отличаются толщиной (2,1 мм) и числом контактов (девять вместо семи). Разъем карт SD имеет свою специфику — в нем предусматривается внутренняя контактная группа — пластиковый переключатель защиты записи. Карты имеют скорость обмена данными от 900 Кбайт/с до 22,5 Мбайт/с. В отдельных устройствах допускается замена карт SD на MMC.

Размер обычной карты Memory Stick — $21,5 \times 50 \times 2,8$ мм, а максимальная емкость — 128 Мбайт. Другие разновидности новых карт (Memory Stick Pro, Memory Stick DUO, Memory Stick Pro DUO и Memory Stick Micro) рассчитаны на хранение большего объема информации — до 32 Гбайт. Флэш-карты Memory Stick DUO и Memory Stick Pro DUO отличаются меньшими размерами ($20 \times 31 \times 1,6$ мм), однако существуют специальные переходники для их подключения в слот другого вида памяти.

К настольным ПЭВМ и ноутбукам они подключаются через специальные устройства — картридеры; к карманным компьютерам — через слоты. Накопители SSD подключаются к системной плате с помощью интерфейса SATA и PCI Express.

Все твердотельные носители обеспечивают до 1 млн циклов записи и хранят информацию до 10 лет при выключенном питании.

3.2.4. Базовая система ввода-вывода

Структура и состав ПЭВМ постоянно совершенствуются. Несмотря на различные параметры комплектующих элементов ПЭВМ по-прежнему состоит из однотипных (стандартизированных) аппаратных узлов, так как основывается на принципах открытой архитектуры. Поэтому обновление или расширение номенклатуры аппаратных узлов персональных компьютеров можно проводить без замены устройств (например, наращивать объем памяти и порты ввода-вывода) или с заменой ранее установленного оборудования на современные средства (например, менять клавиатуру и накопитель на жестком диске). Для обеспечения надежной работы ПЭВМ при изменении составных частей в процессе ее изготовления и эксплуатации необходимо иметь специальные средства по увязыванию их в единую вычислительную систему.

К таким средствам относится *микросхема РПЗУ с программой BIOS*, являющаяся единственным промежуточным и связующим звеном между особенностями аппаратной реализации конкретной ПЭВМ и стандартными требованиями используемой операционной системы. Именно базовая система ввода-вывода позволяет различным ОС функционировать на компьютерах несмотря на их различия в аппаратной реализации.

В целом базовая система ввода-вывода компьютера представляет собой распределенный комплект программ, хранящихся в нескольких микросхемах, каждая из которых привязана к конкретной плате ПЭВМ. Эти программы выполняются в начальном запуске компьютера до загрузки операционной системы, подготавливая ее работу в аппаратной среде.

Основной (главный) программный код BIOS содержится в микросхеме РПЗУ, расположенной на системной плате, но на некоторых адаптерах (на видеокартах обязательно) могут устанавливаться свои аналогичные микросхемы. Они содержат вспомогательные подпрограммы базовой системы ввода-вывода и *драйверы* (driver — управляющая программа), необходимые для функционирования аппаратных узлов ПЭВМ (например, видеокарта, которая должна обеспечить работу монитора на начальном этапе запуска компьютера). Каждый драйвер управляет связью и потоками данных между операционной системой и конкретным устройством.

Главная базовая система ввода-вывода системной платы автоматически выполняет программы, записанные в РПЗУ любого адаптера, задействованного в начальном запуске ПЭВМ. Устройства, которые не задействованы на этапе начальной загрузки ПЭВМ, обыч-

но не имеют BIOS, а их драйверы загружаются с жесткого диска операционной системой.

Главная BIOS выполняет следующие функции:

- проводит контроль процессора, памяти, набора микросхем системной логики, видеоадаптера, контроллеров дисков, клавиатуры и других компонентов ПЭВМ по POST (Power On Self Test — самотестирование при включении питания);
- обеспечивает ручное конфигурирование параметров системы в меню BIOS;
- управляет загрузкой ОС с дисковых устройств;
- хранит набор драйверов, предназначенных для взаимодействия операционной системы и аппаратного обеспечения при загрузке системы;
- поддерживает технологию автоматического конфигурирования аппаратных средств — Plug and Play.

Драйверы BIOS системной платы могут обеспечить функционирование только основных устройств (клавиатуры, дисководов, последовательного и параллельных портов и т.д.), необходимых для запуска и функционирования основного аппаратного обеспечения ПЭВМ.

Системную BIOS можно считать управляющей базой служебных данных о ПЭВМ, которая изменяет и хранит информацию о конфигурации аппаратных средств материнской платы, и в то же время исходным программным модулем для инициализации операционной системы.

BIOS получает управление при включении и перезапуске ПЭВМ, тестирует системную плату и основные блоки компьютера (видеоадаптер (с помощью встроенной программы BIOS), клавиатуру, контроллеры дисков и портов ввода-вывода), настраивает системную логику платы и загружает с жестких дисков в ОЗУ операционную систему. При работе ОС BIOS практически не используется.

Устройства, соответствующие спецификации Plug and Play, должны иметь уникальный идентификационный номер, по которому можно распознать устройство и установить для него необходимые драйверы.

BIOS в процессе автоматической конфигурации ПЭВМ инициализирует ранее установленные устройства, а при наличии новых устройств посылает специальный запрос, в ответ на который вновь введенные устройства сообщают информацию о своих идентификаторах. Если же с помощью своих ресурсов BIOS не может сконфигурировать добавленное устройство, то прекращает этот про-

цесс, продолжает загрузку, а окончательным конфигурированием ПЭВМ занимается операционная система.

Для ручной установки отдельных параметров и конфигурации ПЭВМ используется утилита *Setup BIOS*, которая вызывается во время выполнения программы POST нажатием клавиши или определенной комбинацией клавиш (при начальной загрузке на экране, как правило, пишется название клавиш, которые следует нажать для ее запуска). Доступ к *Setup BIOS* может быть защищен паролем, устанавливаемым для офисных ПЭВМ администратором, для домашних — пользователем.

После запуска *Setup BIOS* на мониторе ПЭВМ возникает экран с основным меню. Состав основного меню зависит от модели системной платы, может состоять из разных разделов, но иметь одинаковые параметры настройки.

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся разделы этого меню.

Раздел *Main* (основные параметры) распределяет ресурсы аппаратного обеспечения. В нем устанавливаются системные дата и время, количество и параметры гибких и жестких дисков, пароли администратора (*Supervisor*) и пользователя (*User*) и отображаются номер версии BIOS, тип и рабочая частота процессора, объем оперативной памяти.

Пароль администратора управляет доступом к программе *Setup BIOS*. Если установлен пароль администратора, то при запуске программы *Setup BIOS* появится диалоговое окно с предложением ввести пароль. При вводе правильного пароля пользователь получает доступ к параметрам BIOS. Если же пароль был введен неверно, то в доступе к параметрам BIOS пользователю будет отказано.

Пароль пользователя используется для доступа к компьютеру. Если этот пароль установлен, то при запуске ПЭВМ появится диалоговое окно с предложением ввести пароль. При вводе правильного пароля загрузка компьютера будет продолжена. Если же установлены оба типа паролей, то для продолжения загрузки необходимо ввести хотя бы один из них. В большинстве систем пароль имеет длину семь или восемь символов.

В разделе *Advanced* (дополнительные параметры) можно установить частоту процессора, системных шин; напряжение питания ядра процессора и северного моста, а также включить кэш-память (при ее наличии в процессоре) и установить размер апертуры AGP. Апертурой называют часть ОЗУ, которая расширяет встроенную память видеокарты. Меню позволяет вручную сконфигурировать слоты PCI и порты ввода-вывода, выбрать

границы нижнего и верхнего значения рабочей температуры процессора для выдачи предупреждающего сообщения при выходе за пределы этого диапазона.

Раздел Power (питание) предназначен для установки параметров управления переводом ПЭВМ на пониженное энергопотребление. В настоящее время применяется система управления питанием ACPI (Advanced Configuration and Power Interface — расширенная конфигурация и интерфейс питания), которая тесно связана как с аппаратным, так и с программным обеспечением. Отдельные параметры ACPI устанавливаются в BIOS. К ним относятся интервал времени, по истечении которого жесткий диск или ПЭВМ переходит в режим ожидания или приостановки; параметры управления энергопотреблением видеосистемы и вентилятором в различных режимах энергопотребления.

В разделе Boot (загрузка) определяются параметры процесса загрузки ПЭВМ. В этом разделе устанавливается список съемных накопителей, порядок просмотра загрузочных устройств, формат гибких дисков (40 или 80 дорожек). При необходимости можно ввести режим быстрой загрузки, когда не выполняются некоторые операции POST, и задать поведение системы питания после сбоя в сети (например, ПЭВМ после восстановления питания может включаться автоматически или вручную).

В последнем разделе Exit (выход) можно выйти из программы с сохранением или отменой установленных в BIOS параметров.

Для записи параметров, устанавливаемых в меню Setup BIOS, на системной плате имеется CMOS-память. В ней хранятся дополнительная информация о конфигурации ПЭВМ (об объеме оперативной памяти, о количестве и типах накопителей и т. д.), текущая дата, показания часов, пароли, состояние своего автономного источника питания и результатов тестирования и диагностики аппаратной части.

Стандартный объем CMOS составляет примерно 128 байт, но в современных системных платах для хранения информации об устройствах, поддерживающих технологию Plug and Play, объем CMOS-памяти может быть увеличен до 4 Кбайт. Для обеспечения достоверности информации память защищается 16-разрядной контрольной суммой. При отключении или неисправности автономного питания CMOS настройки BIOS возвращаются в исходное состояние с потерей всех произведенных изменений.

В связи с тем, что доступ к микросхеме с BIOS очень медленный, при включении ПЭВМ выполняется копирование содержимого

BIOS в выделенную так называемую теневую область (Shadow Memory) оперативной памяти, в которой потом процессором выполняются все программы базовой системы ввода-вывода.

При контролировании оборудования программа POST выдает на динамик компьютера кодированные звуки, по которым можно диагностировать его состояние. Например, при исправности устройства звучит длинный гудок; если неисправна видеокарта — один длинный и два коротких гудка; если неисправна память — повторяющиеся короткие гудки. Более подробно эти коды приведены в техническом руководстве к материнской плате. Если неисправен процессор, то никаких звуков не будет, поскольку программа POST в данном случае не может быть выполнена.

При отсутствии ошибок на экран монитора выдается сообщение о прохождении теста POST и загружается операционная система.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение процессора и перечислите параметры, определяющие характеристики процессоров.
2. Объясните термин «архитектура ядра» и понятие «процессорное ядро».
3. Что применяют для увеличения скорости обмена процессора с ОЗУ?
4. Что определяет внешнюю производительность процессора?
5. Как решается проблема повышения производительности микропроцессора?
6. Что такое чипсет?
7. Каково назначение северного моста?
8. Каково назначение южного моста?
9. Назовите типы запоминающих устройств, применяемых в ПЭВМ.
10. Опишите принцип построения электронных запоминающих устройств.
11. С какой целью в ПЭВМ используются BIOS и CMOS?
12. Опишите процесс записи данных на магнитный диск и его форматирования.
13. Что такое кластер?
14. Какие вам известны файловые системы?
15. Перечислите внутренние и внешние накопители ПЭВМ.
16. Что такое BIOS?
17. Перечислите функции BIOS.
18. Для чего предназначена программа Setup BIOS?
19. Что хранится в CMOS?

Эксплуатационные возможности ПЭВМ определяются ее техническими характеристиками, которые, в первую очередь, зависят от типа используемого процессора (его тактовой частоты и системы команд) и параметров материнской платы.

Технические характеристики сохраняют свои значения во время гарантийного срока эксплуатации, т. е. только в период времени, в течение которого изготовитель или поставщик гарантирует пользователю стабильность параметров и показателей качества продукции при условии соблюдения им правил эксплуатации.

Современные персональные компьютеры массового производства совместимы по системе команд, используют типовые операционные системы и прикладные программы, но существенно отличаются друг от друга аппаратной реализацией, которая и определяет их тактико-технические характеристики.

К основным тактико-техническим характеристикам ПЭВМ относятся:

- тип процессора (система команд);
- быстродействие (тактовая частота и разрядность процессора и системной шины);
- объем, тип оперативной памяти и возможность ее наращивания (количество подключаемых модулей);
- объем внешней памяти, число и типы встроенных дисководов;
- объем видеопамяти графического адаптера, его цветовая палитра (глубина цвета) и разрешающая способность;
- тип дисплея, его размер и разрешающая способность;
- номенклатура и типы портов ввода-вывода;
- состав дополнительного оборудования (звуковая плата, модем, сетевая карта) его основные параметры;
- количество слотов расширения на системной плате;
- дизайн и тип корпуса системного блока;
- мощность блока питания;
- эргономика и комфорт работы с мышью и клавиатурой;
- возможность модернизации компьютера;
- надежность (наработка на отказ) компьютера;
- соответствие современным санитарным нормам и требованиям электробезопасности;
- состав и полнота сопроводительной технической документации;

- гарантийные обязательства производителя и поставщика.

Основными параметрами переносных и мобильных компьютеров также являются их габаритные размеры, масса, время автономной работы от встроенных аккумуляторов и наличие беспроводных интерфейсов связи.

В технической аннотации (прайс-листе) для каждой ПЭВМ всегда присутствует обозначение ее параметров в сокращенной буквенно-цифровой записи.

Сначала указывают тип ПЭВМ, фирму-изготовителя и кодовое обозначение модели, затем марку процессора и его рабочую частоту (в мегагерцах или гигагерцах). Далее указывают объемы ОЗУ (в Мбайт/Гбайт), жесткого диска (в гигабайтах), графической памяти (в мегабайтах) и тип видеоадаптера.

После этого указывают тип оптического дисковода с максимальным коэффициентом умножения скорости считывания, наличие накопителя на гибком диске, встроенного звука, сетевой карты и иногда марку установленной операционной системы, присутствие в комплектации клавиатуры и мыши.

Кроме того, для ноутбуков дополнительно указывают размер дисплея (в дюймах), массу (в килограммах), а для карманных персональных компьютеров (КПК) приводят тип матрицы, разрешающую способность экрана, объем РПЗУ и тип флэш-карты.

Примеры обозначений ПЭВМ:

- стационарной — компьютер HP dх2000 Pentium4 3,0/512/120/128Mb GeForce FX5900/52хCDRW-DVD/FDD/Audio/Lan/WXP;
- переносной — ноутбук HP nх6310 (15"XGA, Intel-CoreSolo 1,66/256/60/DVD-RW/Lan/2,8kg/XPHome);
- мобильной — КПК HP iPAQ hx2490 (Intel XScale 520MHz/TFT 320х240/64Mb RAM/128Mb ROM/CF SD MMC/Mobile 5.1).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависят тактико-технические характеристики ПЭВМ?
2. Перечислите основные тактико-технические характеристики ПЭВМ.
3. Определите характеристики ПЭВМ в указанных обозначениях.

СТАЦИОНАРНЫЕ (НАСТОЛЬНЫЕ) ПЭВМ

4.1. СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БАЗОВЫХ УЗЛОВ

Современные стационарные ПЭВМ состоят из основных (обязательных или базовых) конструктивно законченных частей: системного блока, монитора, клавиатуры и мыши.

Системный блок является конструктивной основой настольной персональной ЭВМ. В его корпусе располагаются системная (материнская) плата с платами расширения и разъемами для подключения монитора, клавиатуры, мыши и различных периферийных устройств, приводы внешних накопителей, блок питания и средства принудительной вентиляции.

Корпуса отличаются друг от друга размерами, материалом, механическими свойствами и дизайном. От типа корпуса зависят горизонтальное или вертикальное размещение используемой системной платы, ее габаритные размеры, мощность блока питания и максимальное число отсеков для накопителей с внешним и внутренним доступом.

На системной плате размещают процессор, модули оперативной памяти, микросхемы системной логики, генератор тактовых импульсов, встроенные узлы питания, дополнительные модули (звуковая карта, модем, сетевая плата и т. д.) и контроллеры ввода-вывода. На нее также устанавливают разъемы последовательных, параллельных портов, монитора, клавиатуры и мыши.

Для расширения возможностей к ПЭВМ с помощью кабелей и разъемов, расположенных на системной плате или на задней стенке системного блока, подключают периферийные устройства: печать, манипуляторы, сканеры, графопостроители и др. Для взаимодействия с такими устройствами используются стандартные порты ввода-вывода.

В стационарных моделях дополнительные устройства включаются в слоты расширения PCI и крепятся к системному блоку (на-

пример, модем для обмена информацией по телефонной линии или телевизионный приемник).

Монитор (дисплей) осуществляет визуальное отображение информации, поддерживает интерактивный графический интерфейс с пользователем и является обязательным устройством любого компьютера.

В ПЭВМ применяются мониторы с электронно-лучевой трубкой или жидкокристаллическим экраном. Некоторые дисплеи имеют встроенные динамики и микрофоны.

Клавиатура необходима для ввода буквенно-цифровых данных и осуществления управления компьютером.

Мышь относится к так называемым манипуляторам и предназначена в основном для ввода управляющих целеуказаний на экран монитора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте краткую характеристику основных конструктивно законченных частей современных стационарных ПЭВМ.
2. Что зависит от типа корпуса системного блока?
3. Что размещается на системной плате?

4.2. СИСТЕМНЫЕ БЛОКИ

4.2.1. Конструктивное исполнение системных блоков

Размеры и тип системного блока тесно связаны с используемой системной платой. В зависимости от ее рабочего расположения в блоке (горизонтального или вертикального) корпуса подразделяются на два типа: десктоп (desktop — настольный) и башня (tower). В настоящее время наибольшее развитие получили системные блоки в виде башни с вертикальным размещением материнской платы. Корпуса разных производителей всегда отличались дизайном и габаритными размерами, но сохраняли основные монтажные установочные размеры и крепления.

По высоте башни подразделяются на микро, мини, миди и большие и имеют для установки приводов накопителей информации разное число внутренних больших (5,25") и малых (3,5") отсеков с возможностью внешнего доступа. Монтажные размеры отсеков со-

впадают со стандартными размерами накопителей различного типа.

В стационарных ПЭВМ массового применения наиболее часто используются мини (два 5,25'' отсека) и миди (три, четыре 5,25'' отсека) башни. Большие башни на четыре — восемь отсеков предназначены в основном для серверов, содержат один или несколько блоков питания и имеют значительные возможности по встраиванию оборудования.

В настоящее время применяются корпуса, изготовленные по двум несовместимым стандартам: старым АТ и новым АТХ (расширение АТ). Стандарты АТ и АТХ не только описывают конструктивные особенности корпуса и материнской платы, но и определяют номиналы напряжений, вырабатываемых блоком питания, и компоновку системного блока.

В последние годы практически все стационарные ПЭВМ выполняются только в конструктиве АТХ.

Стандарт АТХ разработан компанией Intel и распространяется как на корпус, так и на формфактор системной платы.

Формфактор АТХ определяет следующие конструктивные параметры: геометрические размеры материнских плат, размеры блока питания и его крепление в системном блоке, общие требования по размещению разъемов и отверстий для установки плат модулей и электрические характеристики блока питания.

Для корпусов АТХ (рис. 4.1) характерен более легкий доступ к внутренним узлам системного блока (например, блок питания не

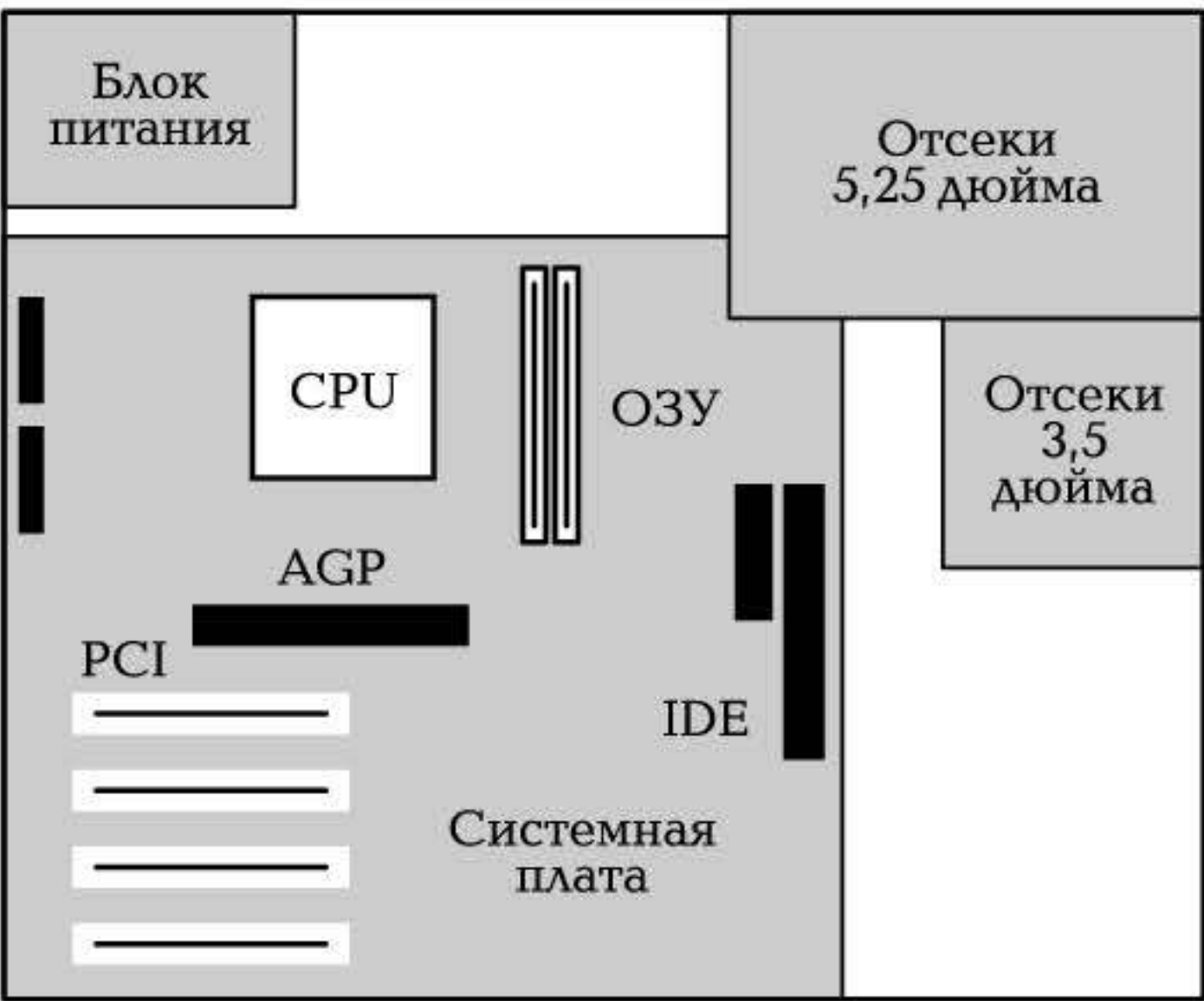


Рис. 4.1. Схема размещения основных узлов в корпусе стандарта АТХ

перекрывает ту часть материнской платы, в которой, как правило, размещается процессор и системная память) и лучший отвод теплоты.

Отсеки имеют внешний и внутренний доступ для установки устройств.

В большие внешние отсеки устанавливаются накопители с CD-, DVD-приводами и накопители на жестких дисках, помещенные в специальные легкоъемные кассеты.

Оптический дисковод должен обязательно присутствовать в ПЭВМ для установки программного обеспечения большого объема. DVD-привод является более универсальным устройством, так как на DVD-дисках распространяются не только качественное видео, но и большинство программных продуктов.

Во внутренние отсеки устанавливают накопители на жестких дисках.

В малых наружных отсеках обычно размещается один накопитель гибких магнитных дисков и могут устанавливаться концентратор интерфейса USB или картридер для подключения флеш-карт.

Корпуса поставляются со встроенным блоком питания, который обычно расположен в верхней части корпуса, а под ним монтируется системная плата.

Корпус должен не только иметь современный дизайн, удобную компоновку внутренних устройств, но и обеспечивать эффективный отвод теплоты при малых уровнях шума. Качество корпуса зависит от толщины металла его шасси и стенок кожуха. Когда системный блок прочен, т. е. корпус сделан из стали толщиной около 1 мм, практически отсутствуют шум и вибрация от работы вентиляторов и приводов накопителей. Иногда корпуса изготавливают из алюминия.

Они значительно легче стальных и обладают лучшим отводом теплоты, так как имеют большую теплопроводность. Уровень шума, исходящего от корпуса, не должен превышать 37 дБ.

Корпус должен экранировать внутреннее электромагнитное (побочное) излучение, которое может мешать работе периферийных устройств ПЭВМ, бытовой электроники и создавать паразитные каналы утечки информации. Для оценки побочного излучения применяют американский стандарт FCC Class B.

Для доступа к внутренним узлам в системных блоках боковые стенки делают съемными или используют П-образный кожух. Для крепления кожуха или стенок применяют винты с насечкой или защелки, которые фиксируются без инструментов. В некоторых корпусах применяют крышку, закрывающую лицевую панель, которая

может опечатываться для ограничения доступа персонала к ресурсам ПЭВМ.

На лицевой панели системного блока располагаются кнопки для управления ПЭВМ: выключатель питания — Power (энергия); перезагрузка — Reset (сброс); светодиодные индикаторы контроля (питания, обращения к жестким дискам); встроенный динамик и (иногда) замок для блокировки клавиатуры или для фиксации передней крышки. Реже добавляют кнопку перевода компьютера в энергосберегающий режим. Исходя из требований эргономики кнопки имеют разные цвета, размеры и форму.

4.2.2. Системные (материнские) платы

Центральным конструктивным узлом ПЭВМ, определяющим вместе с процессором ее архитектуру и базовые характеристики, является системная плата (system board), или материнская плата (motherboard), или основная (главная) плата (main board).

Системная плата представляет собой печатную плату, на которой смонтированы все электронные составные части компьютера: процессор; ОЗУ; BIOS; набор системных и вспомогательных микросхем, контроллеров ввода-вывода; память CMOS с автономным питанием.

Системная плата содержит ряд коммутационных элементов: слоты расширения; разъемы для подключения интерфейсных кабелей клавиатуры, мыши, жестких дисков, оптических дисководов, последовательного и параллельного портов, шины USB; преобразователь напряжения для питания ядра процессора и ряд других компонентов, необходимых для работы ПЭВМ.

В основном современные платы состоят из шести печатных слоев, включающих в себя три или четыре слоя сигнальных дорожек, пластину заземления (0 В), соединенную с корпусом ПЭВМ и экранирующую перекрестные помехи от высокочастотных цепей, и один или два слоя проводников питания. В верхнем слое размещаются контактные площадки для распайки компонентов. В платах предусматриваются отверстия для винтового крепления к боковой стенке системного блока. От климатических воздействий плата защищена водостойким диэлектрическим лаком.

Одной из характеристик материнской платы являются ее типоразмер — *формфактор*, определяющий расположение процессора и разъемов расширения, габаритные размеры и точки крепления платы, а также тип разъема питания платы и питающие напряже-

ния. Кроме того, формфактор платы предопределяет используемый тип корпуса и блока питания.

В настольных ПЭВМ используются два несовместимых между собой формфактора плат: АТ и АТХ. Для обеспечения совместимости материнская плата должна иметь такой же формфактор, как у системного блока и корпусного блока питания.

В настоящее время АТ-платы практически не производятся.

АТХ-платы имеют более совершенную конструкцию, позволяя устанавливать до шести слотов расширения с платами полной длины, обеспечивая удобный доступ к компонентам и хорошее их охлаждение. В настоящее время все системные платы выпускаются только в формате АТХ (рис. 4.2).

Внедрение формфактора АТХ позволило установить на системную плату разъемы портов ввода-вывода, что привело к существенному снижению количества соединительных проводов внутри корпуса ПЭВМ. Кроме того, упростился доступ к модулям ОЗУ при их замене или наращивании объема. Кроме того, разъемы контроллеров накопителей переместились практически вплотную к дисковым, что позволило сократить длину используемых кабелей и тем самым повысить надежность и помехозащищенность интерфейсных связей.

Все внешние разъемы (порты) располагаются на двух уровнях и распаяны на крае печатной платы (рис. 4.3). Для них на тыльной стенке корпуса системного блока предусмотрено специальное отверстие.

Выпускаемые в настоящее время материнские платы рассчитаны на один из процессорных разъемов: Socket-423, Socket-478, Socket-462, Socket-370, Socket-754, Socket-775 или Socket-939 с рычажным устройством для облегчения установки процессоров (рис. 4.4).

Современные платы рассчитаны в основном на применение памяти DDR SDRAM, поэтому используют для установки модулей ОЗУ несколько гнездовых разъемов типа DIMM на 184 контакта, которые имеют по краям специальные фиксирующие пластмассовые защелки.

ОЗУ можно организовать модулями памяти различного объема — до 4 Гбайт. Регулятор питания модулей позволяет изменять напряжение в пределах 1,8...2,7 В.

В большинстве системных плат используют двухуровневую структуру, образованную двумя микросхемами системной логики — северного и южного мостов, через которые осуществляется управление работой контроллеров и других компонентов ПЭВМ.

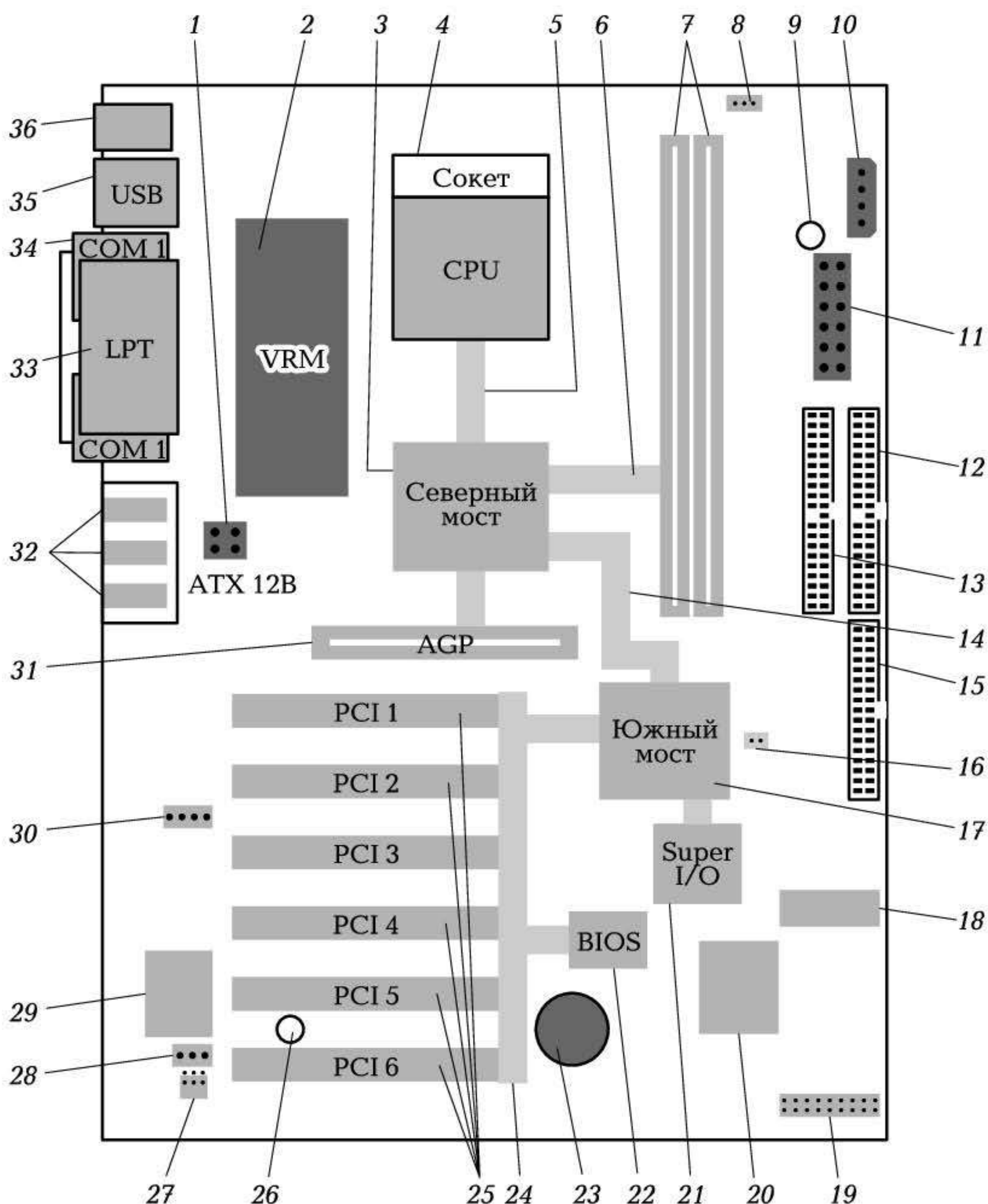


Рис. 4.2. Схема размещения конструктивных элементов на системной плате формата ATX:

1 — разъем питания VRM; 2 — узел VRM питания ядра процессора; 3 — северный мост (хаб); 4 — сокет (гнездо) процессора; 5 — процессорная шина; 6 — шина ОЗУ; 7 — модули ОЗУ; 8 — регулятор питания ОЗУ; 9 — светодиод контроля питания видеокарты; 10 — вспомогательное питание платы; 11 — основное питание стандарта ATX; 12 — разъем подключения ведущего НМЖД; 13 — разъем подключения ведомого НМЖД; 14 — шина взаимодействия мостов; 15 — разъем НМГД; 16 — сброс CMOS; 17 — южный мост (хаб); 18 — коммутатор частот процессора и шин; 19 — разъем управления ПЭВМ; 20 — контроллер накопителей; 21 — контроллер ввода-вывода (Super I/O); 22 — BIOS; 23 — автономное питание CMOS; 24 — PCI-шина; 25 — слоты расширения; 26 — индикатор подачи напряжения на системную

плату; 27 — разъем цифрового звука; 28 — разъем модема; 29 — контроллер аудио; 30 — разъем аналогового выхода оптического дисков; 31 — слот видеокарты; 32 — разъемы аудио; 33 — параллельный порт; 34 — COM-порты; 35 — USB-порты; 36 — разъемы подключения клавиатуры и мыши

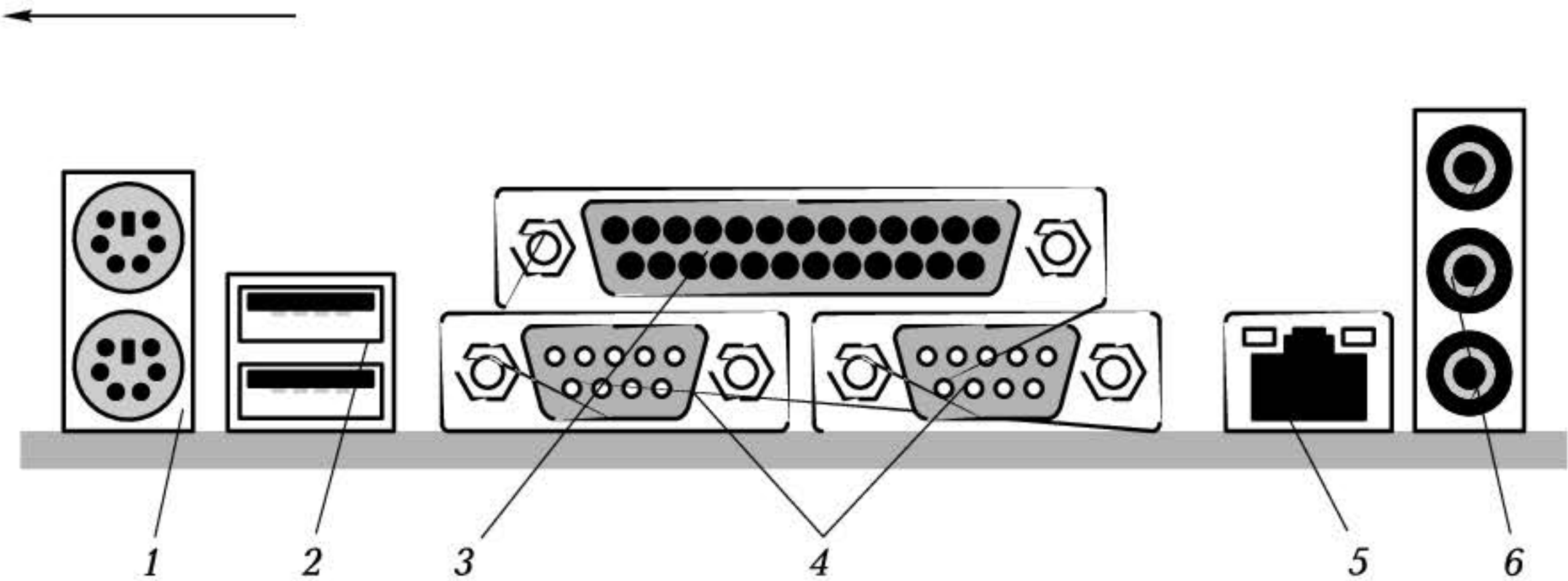


Рис. 4.3. Вариант размещения разъемов на системной плате:

1 — разъемы для подключения клавиатуры и мыши; 2 — разъемы USB; 3 — параллельный порт; 4 — COM-порты; 5 — выход модема; 6 — аналоговые аудиоразъемы

Основным узлом системной логики является быстродействующая микросхема северного моста, которая обеспечивает единственный интерфейс между процессором и остальной частью системной платы, работающий на полной тактовой частоте шины процессора. Северный мост имеет значительное энергопотребление и поэтому требует пассивного охлаждения (установки радиатора).

Микросхема южного моста имеет меньшее быстродействие, обычно реализует интерфейсы двухканального контроллера жестких дисков и USB-портов, содержит память CMOS и схему часов, а

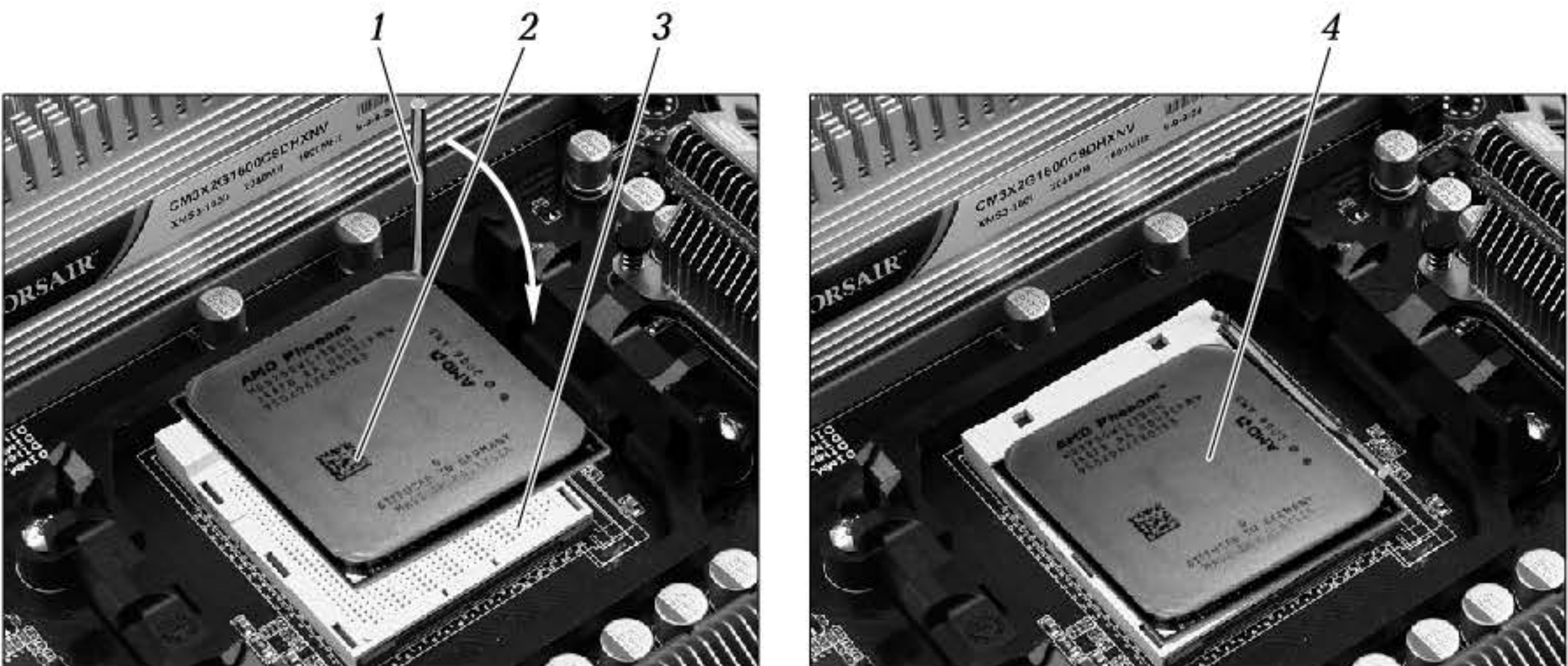


Рис. 4.4. Установка процессора на системную плату:

1 — рычажное устройство; 2 — СБИС процессора; 3 — сокет (гнездо) для установки процессора; 4 — установленный процессор

также компоненты, необходимые для функционирования шины PCI, например контроллер прямого доступа к памяти.

Микросхема ввода-вывода Super I/O в большинстве системных плат обычно реализует функции контроллеров, которые раньше размещались на отдельных платах расширения ISA, и обеспечивает подключение:

- дисководов гибких дисков;
- двух быстродействующих последовательных COM-портов;
- многорежимного параллельного порта;
- клавиатуры и мыши.

С развитием технологий производители объединяют все больше функций в основном наборе микросхем системной логики, поэтому необходимость в микросхеме Super I/O постепенно исчезает. Схемы Super I/O и южного моста объединяются, благодаря чему уменьшается количество компонентов на системной плате и освобождается свободная площадь на плате.

В платах ATX используется 20-контактный разъем питания с ключом, исключающим неправильное подсоединение, через который подаются напряжения ± 12 , ± 5 и $+3,3$ В, а также сигналы программного включения и выключения питания ПЭВМ. Двигатели дисковых накопителей и кулеры процессоров питаются от напряжения 12 В.

Для процессоров с двойным напряжением питания — основным и ядра — требуется дополнительный *вторичный источник напряжения VRM* (Voltage Regulator Module — модуль регулирования напряжения), в котором применяются два метода преобразования: линейный и импульсный. Линейный источник напряжения использовался в старых платах, имел малый коэффициент полезного действия (КПД), так как понижал входное напряжение за счет его падения на регулирующем элементе (мощном транзисторе) и рассеивания в виде теплоты. С уменьшением выходного напряжения росла тепловая мощность, рассеиваемая такими преобразователями, поэтому они имели массивные радиаторы и значительно ухудшали температурный режим компонент материнской платы.

В современных материнских платах стали использовать импульсные источники с катушками индуктивности и высоким КПД. Применяются и комбинированные варианты питания с двухступенчатой схемой: сначала импульсный преобразователь понижает напряжение с 12 В, поступающее через разъем ATX12V, до 3,3 В, а затем линейный преобразователь регулирует это значение номинала 1,4... 2,0 В, который зависит от типа процессора. Чтобы использо-

вать на системной плате процессоры с разными номиналами питания ядра, с помощью переключателя, устанавливаемого на плате, можно вручную формировать напряжения с шагом 0,1 В или через BIOS.

В современных материнских платах используется автоматическое определение номинала питания, когда схема VRM сама определяет требуемое напряжение по контактам процессора. Для контроля напряжения на платах устанавливают светодиоды.

К дополнительным компонентам относятся датчики, выдающие информацию о температуре процессора, материнской платы, скорости вращения вентилятора и др. Большинство современных материнских плат аппаратно и программно поддерживают несколько экономичных режимов с пониженным энергопотреблением (например, ждущий режим).

Обязательным устройством материнской платы является *тактовый генератор*, который выдает сетку рабочих частот для синхронизации всех электронных устройств ПЭВМ. Для селективной установки номиналов частот, требуемых процессору, ОЗУ, видеокарте и слотам PCI, используется специальный ползунковый коммутатор, который меняет коэффициент их изменения.

В компьютерах применяется деление опорной частоты (частота шины FSB) генератора для синхронизации других шин и внутреннее умножение этой частоты в процессоре. Для каждой шины тактовый генератор может поддерживать как один, так и несколько коэффициентов деления, который меняется через 33 МГц относительно опорной частоты. Для обеспечения работы различных типов процессоров используются множители частоты для шины FSB.

После контроля допусков номиналов напряжений и при наличии сигнала исправного состояния от блока питания ПЭВМ тактовый генератор формирует сигнал начальной установки для перевода процессора в рабочий режим.

Для уменьшения длины шлейфов разъемы контролеров накопителей располагаются на плате ближе к отсекам для крепления дисководов.

На материнской плате обычно размещают дополнительные контроллеры (модемный, сетевой, SCSI, звука и т.д.). Встроенные звукопреобразующие средства обычно позволяют обеспечить шестиканальную акустику. В этом случае на плате имеются разъемы (линейный вход-выход, микрофон), а также MIDI-порт.

Слот AGP используется только для установки видеокарт. Иногда материнские платы поставляются с разъемом AGP Pro для видеокарт с повышенными энергопотреблением и тепловыделением.

Другие дополнительные функциональные узлы ПЭВМ выполняются на отдельных печатных платах, которые устанавливаются в разъемы расширения PCI (рис. 4.5).

Стандарт PCI предлагает три вида плат для ПЭВМ разных типов и с различным напряжением питания. Платы с напряжением 5 В предназначены в основном для стационарных компьютеров, а с напряжением 3,3 В — для портативных компьютеров.

Технология *Plug and Play* значительно упростила процесс установки и конфигурирования новых устройств. Пользователю необходимо лишь вставить плату в свободный разъем PCI, а система BIOS автоматически выделит необходимые ресурсы. Во время определения конфигурации ПЭВМ BIOS проверяет наличие устройств на PCI-шине, назначает для них адреса и разрешает их инициализацию.

Для хранения оперативных настроек на системную плату устанавливается ЗУ CMOS с автономным источником питания, поэтому ее содержимое не стирается после выключения ПЭВМ. Из-за очень малого потребления энергии время надежного хранения информации в памяти составляет свыше 15 лет и зависит от емкости гальванического источника напряжением 3 В, который питает и схему часов. Если на плате установлен аккумулятор, то он будет постоянно подзаряжаться при включенном компьютере.

Внося изменения в CMOS с помощью меню BIOS, пользователь может вручную настроить работу материнской платы, установить

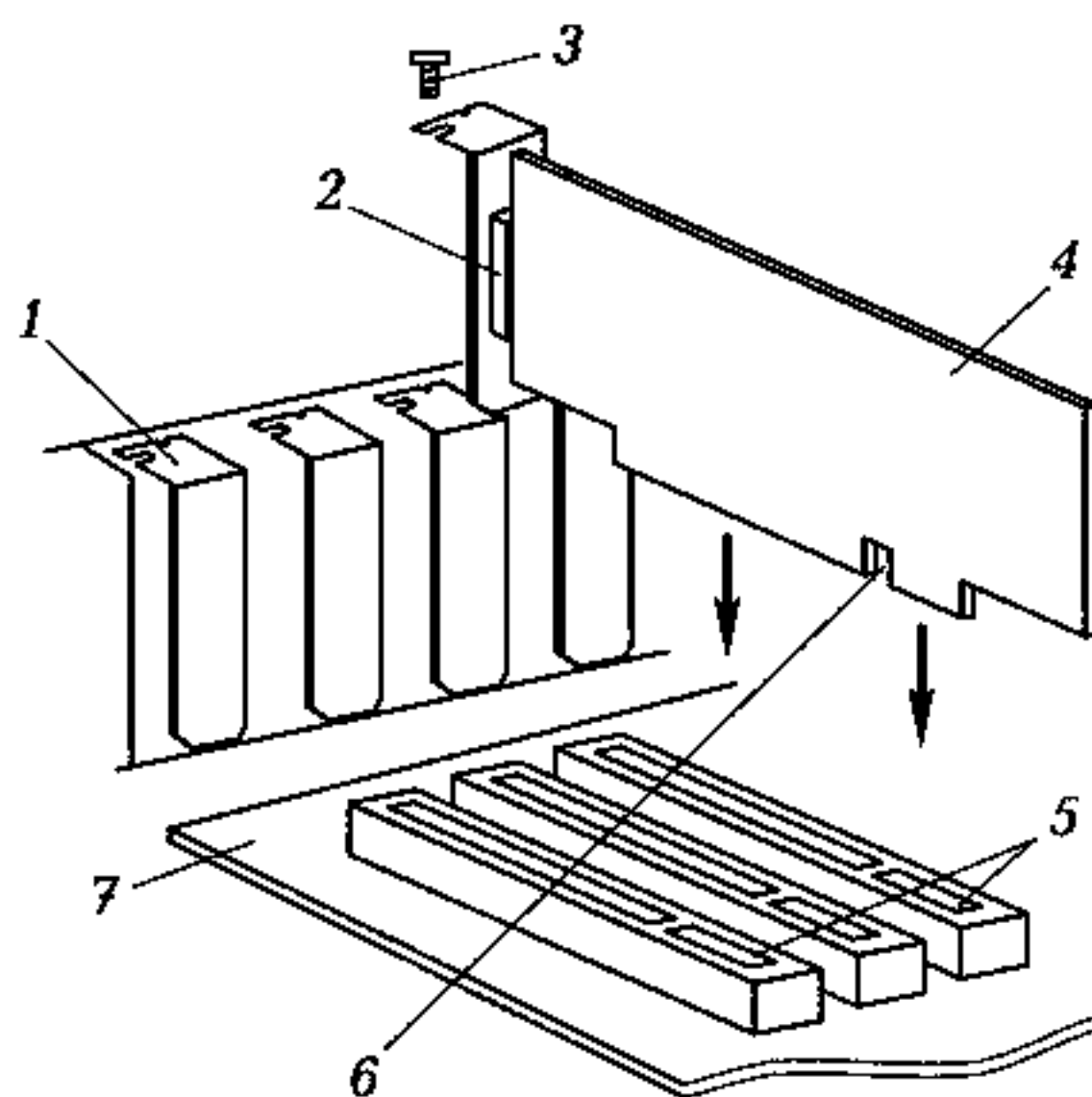


Рис. 4.5. Установка платы в слоты PCI:

1 — заглушка; 2 — разъем; 3 — винт крепления; 4 — плата; 5 — разъемы; 6 — установочный ключ платы; 7 — системная плата

параметры гибких и жестких дисков, интервалы времени, по истечении которого компьютер переходит в режим ожидания, параметры питания и многое другое.

В экстремальных случаях (забыт пароль) сброс информации в CMOS осуществляется с помощью перемычки, отключающей питание от микросхемы.

Для подключения индикаторов, кнопок и динамика, расположенных на корпусе системного блока, на материнской плате имеются миниатюрные разъемы-вилки. Подобные же разъемы служат как контакты для перемычек при задании аппаратной конфигурации системы и для соединения платы с аудиовыходом оптических дисководов.

4.2.3. Модули ОЗУ

Модули оперативной памяти изготавливаются на основе прямоугольных печатных плат с односторонним или двухсторонним расположением микросхем. Они отличаются формфактором и имеют различную конструкцию: SIMM (Single In-line Memory Module — модуль памяти с однорядными контактами); DIMM (Dual In-line Memory Module — модуль памяти с двухрядными контактами); SO DIMM (Small Outline DIMM — малый размер DIMM). Контакты разъемов модулей памяти покрывают золотом или сплавом никеля и палладия.

Модули SIMM представляет собой плату с плоскими контактами вдоль одной стороны; в разъем материнской платы их устанавливаются под углом с последующим поворотом в рабочее (вертикальное) положение с помощью защелок. Существуют два типа модулей SIMM: 30-контактные с разрядностью 9 бит (8 бит данных и 1 бит контроля четности); 72-контактные с разрядностью 32 бит (без контроля) или 36 бит (с контролем четности). Поэтому для 32-битной шины требовалось использовать четыре банка 30-контактных модулей SIMM или один 72-контактный модуль; для 64-разрядной шины — два банка 72-контактных модулей.

Модули DIMM бывают двух типов: 168-контактные (для установки микросхем SDRAM) и 184-контактные DIMM (для микросхем DDR SDRAM). Они одинаковы по установочным размерам, вставляются в разъем системной платы вертикально и фиксируются защелками. В переходный период материнские платы оснащались разъемами для обоих типов DIMM-модулей, но в настоящее время в ПЭВМ модули SIMM и 168-контактные DIMM устарели и не используются.

Модули *SO DIMM* с 72- и 144-контактными разъемами применяются в портативных ПЭВМ. В материнскую плату их устанавливают аналогично модулям *SIMM*.

В настоящее время наиболее востребованы модули *DIMM* с микросхемами *DDR SDRAM*, *DDR2 SDRAM* и *DDR3 SDRAM*.

Модули *DIMM* на основе микросхем *DDR SDRAM* выпускаются со 184 контактами (рис. 4.6).

Ключом на модуле памяти является вырез в плате, который в сочетании с соответствующим выступом в разъеме системной платы не позволяет установить модуль не той стороной. Кроме того, ключ у несовместимых модулей ОЗУ может иметь разное размещение (сдвигаться между контактами в одну или другую сторону), указывая номинал напряжения питания (2,5 или 1,8 В) и защищая от электрического повреждения.

Для нейтрализации сбоев в модулях памяти используют контроль четности или коды коррекции ошибок *ECC* (*Error Cheking and Correction* — выявление и исправление ошибок). Эти методы основаны на добавлении к информационному блоку дополнительных контрольных разрядов для определения его целостности.

При *контроле четности* значение контрольного бита задается таким образом, чтобы количество единиц во всех девяти разрядах (восемь разрядов данных и один разряд четности) было нечетным. Например, для каждого байта данных, записываемого в память, специальная схема контроля четности модуля подсчитывает количество единиц в байте и, если оно четное, подформировывает к данным контрольный разряд — бит четности, который сохраняется в соответствующем разряде памяти как девятый бит. Количество единиц во всех девяти разрядах при этом становится нечетным.

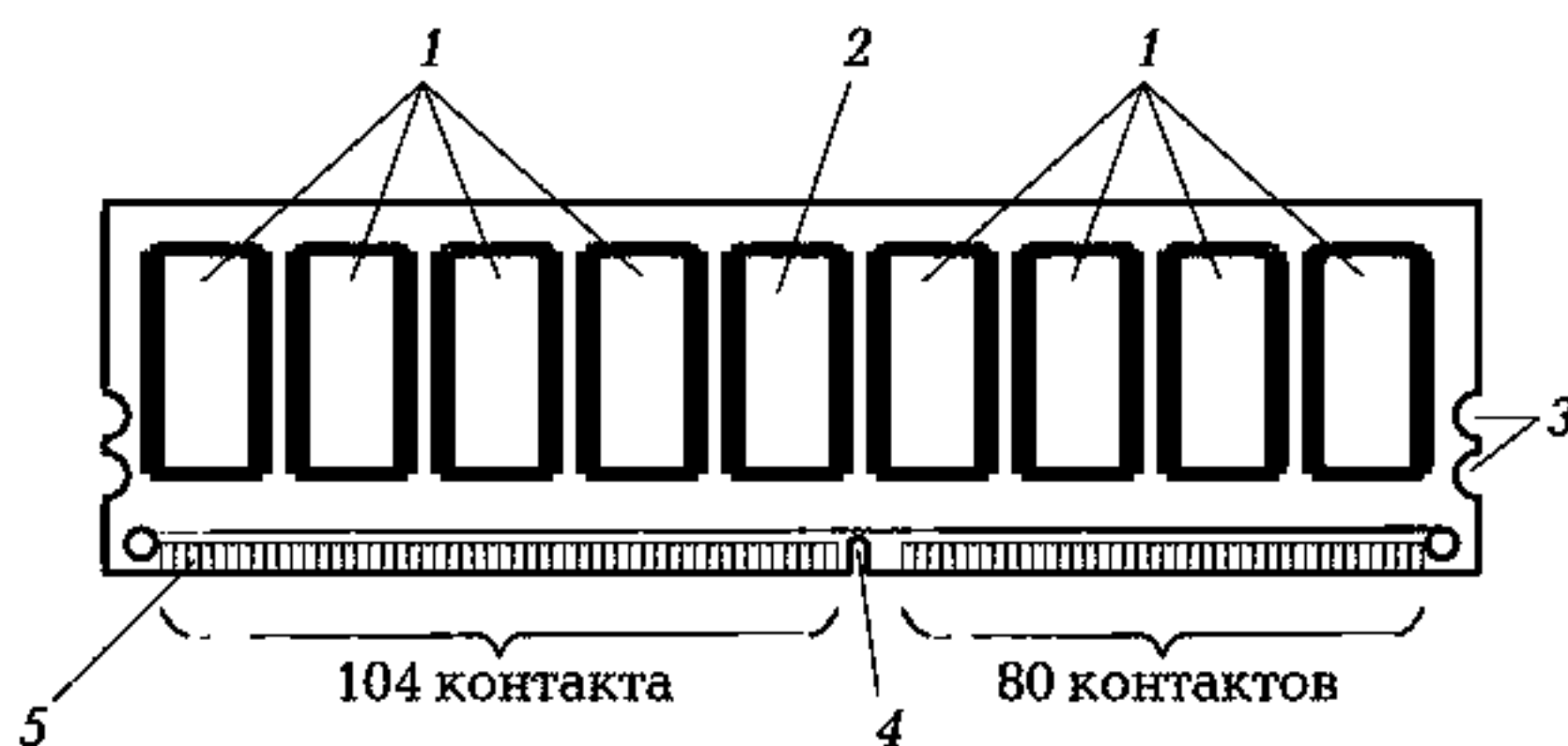


Рис. 4.6. Плата 184-контактного модуля *DIMM*:

1 — микросхемы *DDR SDRAM*; 2 — микросхема буферной памяти и контроля ошибок; 3 — вырезы для крепления платы; 4 — ключ; 5 — разъем

Если же количество единиц в восьми разрядах исходных данных нечетное, то контрольный бит равен нулю и сумма двоичных цифр в девяти разрядах также остается нечетной.

При считывании из модуля информация проверяется на четность: если в 9-разрядном блоке число единиц четное и бит четности равен единице, то это значит, что при считывании или записи данных произошла ошибка. Однако такой метод контроля не позволяет определить, в каком разряде произошел сбой и количество испорченных разрядов.

Коды коррекции ошибок позволяют обнаружить ошибку в одном или двух разрядах, но исправить ее могут только в одном разряде. Для коррекции ошибок для каждых 64 бит информации дополнительно выделяют восемь контрольных разрядов. При использовании кодов коррекции ошибок в модуль памяти добавляют схему, вычисляющую контрольные разряды при операции записи в память.

При считывании из памяти она сравнивает прочитанные и вычисленные значения контрольных разрядов и при наличии ошибки исправляет испорченный бит. По статистике большинство сбоев памяти происходит в одном разряде, поэтому такие ошибки успешно исправляются кодом коррекции ошибок.

Обычным пользователям ПЭВМ такой контроль может и не требоваться (по статистике возникновение одной ошибки возможно один раз в 10 лет), но для некоторых офисных компьютеров с большими объемами ОЗУ может быть очень полезен. Поэтому модули памяти поддерживают конфигурации как с расширенной 72-разрядной шиной с 8-битовым кодом коррекции ошибок, так и с обычной 64-разрядной шиной без контроля ошибок.

Микросхемы памяти типа DDR2, DDR3, приходящие на смену DDR, производятся в виде 240-контактных модулей DIMM.

Современные модули памяти для ПЭВМ поставляются в вариантах 512 Мбайт, 1,2 и 4 Гбайт.

Необходимый и достаточный объем оперативной памяти зависит от операционной системы и прикладных программ, определяющих целевое использование ПЭВМ. Для офисных применений может оказаться достаточным объем ОЗУ в 512 Мбайт, однако обработка мультимедийной информации, проведение видеоконференций требуют увеличение памяти до 1 Гбайт. Для нормального функционирования современной операционной системы Vista необходим 1 Гбайт памяти. Пользователям (особенно профессионалам), которым требуется работа с качественной 3D-графикой и множеством различных и емких программ, может по-

требоваться ОЗУ, стремящееся к максимально адресуемому объему в 4 Гбайт.

Модули оперативной памяти имеют условное обозначение, в котором последовательно приводятся формфактор, объем памяти, тип памяти, скорость модуля (Мбайт/с) (PC — одноканальный режим; PC2 — двухканальный режим), скорость передачи данных, количество контактов и изготовитель.

Примеры обозначений модулей в прайс-листах:

1) модуль памяти DIMM 512Mb DDR SDRAM (PC-3200) 400MHz 184-pin;

2) модуль памяти DIMM 1Gb DDR2 SDRAM (PC2-4200) 533MHz.

4.2.4. Видеокарты

Видеокарта (видеоадаптер, графические адаптер, графическая плата) — обязательное устройство ПЭВМ, предназначенное для формирования, обработки изображения и выдачи его на экран монитора.

За время существования персональных компьютеров сменилось несколько стандартов на разработку видеоадаптеров: MDA (Monochrome Display Adapter — монохромный дисплейный адаптер), CGA (Color Graphics Adapter — цветной графический адаптер), EGA (Enhanced Graphics Adapter — расширенный графический адаптер), VGA (Video Graphics Array — видеографический массив), XGA (eXtended Graphics Array — расширенный графический массив) и SVGA (Super VGA — качественный VGA) и др.

Основным параметром в этих стандартах являются разрешение (число пикселей по горизонтали и вертикали), число одновременно отображаемых на экране цветов и частота кадровой развертки.

Все современные видеосистемы (видеоадаптер и монитор) работают в текстовом и графическом режимах.

В *текстовом режиме* экран монитора по горизонтали и вертикали разделяется на отдельные позиции, содержащие группу пикселей, число которых достаточно для вывода одного знака (символа). Для преобразования кодов символов в точечные изображения на экране служит знакогенератор, который представляет собой ПЗУ с построчными изображениями символов. При получении кода символа знакогенератор формирует на выходе соответствующую ему двоичную последовательность, которая затем преобразуется в видеосигнал. Текстовый режим в современных ПЭВМ используется только на этапе начальной загрузки операционных систем.

В *графическом режиме* каждая точка изображения (пиксел) кодируется от 1 бит (монохромный режим) до 32 бит (цветной режим).

Максимальное разрешение и количество воспроизводимых цветов конкретной видеосистемы, в первую очередь, зависят от общего объема видеопамяти и числа бит, приходящихся на один элемент изображения.

MDA — это старый видеостандарт для ПЭВМ, работавший только в текстовом режиме (40 × 25 или 80 × 25 символов), который обеспечивал высокое разрешение для монохромного текста 720 × 350 пикселей, но не поддерживал графику. Видеокарта имела объем видеопамяти всего 4 Кбайт.

CGA — первый стандарт цветных мониторов, разработанный для компьютерных игр. Графическая плата CGA имела объем видеопамяти 16 Кбайт и могла подключаться к монитору или телевизору. Плата CGA поддерживала несколько графических и текстовых видеорежимов. Наивысшее разрешение среди всех режимов — 640 × 200 пикселей — два цвета (монохромный режим черно-белый); наибольшая цветовая глубина — 16 цветов (4 бит) для 320 × 200 пикселей.

Следующий стандарт EGA поддерживал бóльшую часть видеорежимов CGA и обеспечивал разрешение 640 × 350 пикселей, а также настраиваемую палитру (16 цветов из 64 возможных) в текстовых и графических режимах.

Видеокарты передавали информацию монитору в цифровом виде через 9-контактный разъем.

Видеоадаптеры стандарта MCGA (MultiColor Graphics Adapter — многоцветный графический адаптер) перешли на аналоговые сигналы связи с монитором, разрешение экрана 640 × 400 пикселей (при работе с текстом) и 320 × 200 пикселей с 256 одновременно отображаемых цветов (для графических приложений). Применение аналоговых сигналов (уровень напряжения выдавался по каждой линии красного, зеленого и синего цветов) позволило в дальнейшем создать дисплеи, способные отображать любое количество цветов, которое было ограничено только возможностями видеоадаптера.

Для подключения к монитору использовался разъем — 15-контактный D-Sub, который применяется и в настоящее время.

Видеоадаптеры следующего стандарта VGA имели объем памяти 256 Кбайт и обеспечивали соотношение сторон экрана (числа точек по горизонтали к их числу по вертикали) 4 : 3. В текстовом режиме VGA имеет разрешение 720 × 400 пикселей; в графическом режиме с разрешением 640 × 480 пикселей он обеспечивает 16 цветов, с разрешением 320 × 200 пикселей — 256 цветов.

Стандарт VGA на длительный период стал основным стандартом для дисплеев ПЭВМ. Все современные видеокарты поддерживают VGA, хотя и используют другие стандарты с более высоким разрешением и бóльшим количеством цветов: SVGA, 8514/A, XGA.

После стандарта VGA различные производители начали выпускать видеоадаптеры с несовместимыми друг с другом режимами высокого разрешения.

Видеостандарт 8514/A высокого разрешения разработан для расширения возможностей VGA. Стандарт 8514/A обеспечивает разрешение $1\,024 \times 768$ пикселей, палитру из 262 тыс. цветов, из которых 256 могут отображаться одновременно.

XGA — графический стандарт высокого разрешения, заменивший устаревший стандарт 8514/A. Он обеспечивает такое же разрешение (до $1\,024 \times 768$ пикселей), но поддерживает большее количество одновременно видимых цветов — до 65 тыс.

Для достижения совместимости видеоадаптеров с операционными системами Windows и поддержки видеорежимов ассоциацией VESA (Video Electronic Standards Association — ассоциация по стандартам видеоэлектроники) были предложены стандарты Super VGA (SVGA), превосходящие VGA по разрешению и числу цветов. Так же стали называть поддерживающие их видеоадаптеры и мониторы, в которых впервые возникает возможность задавать частоту обновления экрана монитора. Память видеоадаптеров SVGA превышала 1 Мбайт.

Набор графических стандартов SVGA разработан для получения еще больших градаций разрешений: 640×480 , 800×600 , $1\,024 \times 768$, $1\,152 \times 864$, $1\,280 \times 1\,024$, $1\,600 \times 1\,280$, $1\,800 \times 1\,350$, $1\,920 \times 1\,440$ и $2\,048 \times 1\,536$.

Количество бит/цветов: 8 бит/256 цветов; 16 бит/65 536 цветов (режим HiColor); 24 бит/16,7 млн цветов (режим TrueColor); 32 бит (24 бит — цвет и 8 бит — альфа-канал)/16,7 млн цветов (режим TrueColor). Альфа-канал определяет степень прозрачности цвета, что часто используется в трехмерной графике. В стандартах SVGA количество одновременно отображаемых цветов ограничено только объемом видеопамяти.

С появлением трехмерных игр в видеокарты вводится 3D-акселератор (до этого момента видеоадаптер позволял работать только с двумерной графикой (2D)).

Частота кадровой развертки имеет большое значение для пользователя. Применяются следующие частоты кадровой развертки: 60, 72, 75, 85, 90, 120 и 180 Гц. Обычно установка частоты 85 Гц, рекомендованной VESA, полностью устраняет мерцание.

Видеокарта представляет собой очень сложное устройство — ее печатная плата, как и системная, состоит из нескольких слоев токопроводящих проводников и имеет плотную компоновку электронной схемы. По сложности схемотехнических решений видеоадаптеры можно подразделить на карты начального, среднего и высшего (профессионального) класса, отличающиеся размерами, производительностью, объемами памяти, графическими возможностями и т. д.

Плата объединяет графический процессор, видеопамять, отдельные подсистемы питания ядра и памяти, интерфейсный разъем для включения в слот PCI или AGP материнской платы, разъемы для подключения мониторов и телевизора, а для профессиональных видеокарт — разъем для подачи дополнительного питания.

Основными узлами современной видеокарты являются графический процессор, собственная память, которая называется видеопамятью, или фрейм-буфером (буфер кадров), и BIOS (рис. 4.7).

Важным элементом видеокарты является *цифроаналоговый преобразователь RAMDAC* (Random Access Memory Digital to Analog Converter — цифроаналоговый преобразователь с произвольным доступом к памяти), который преобразует цифровой поток данных в аналоговые уровни интенсивности красного, зеленого и синего цветов. Рабочая частота и разрядность RAMDAC обуславливают качество изображения. Частота определяет максимальное разрешение и кадровую развертку монитора; разрядность устанавливает, сколько цветов может отображать видеокарта.

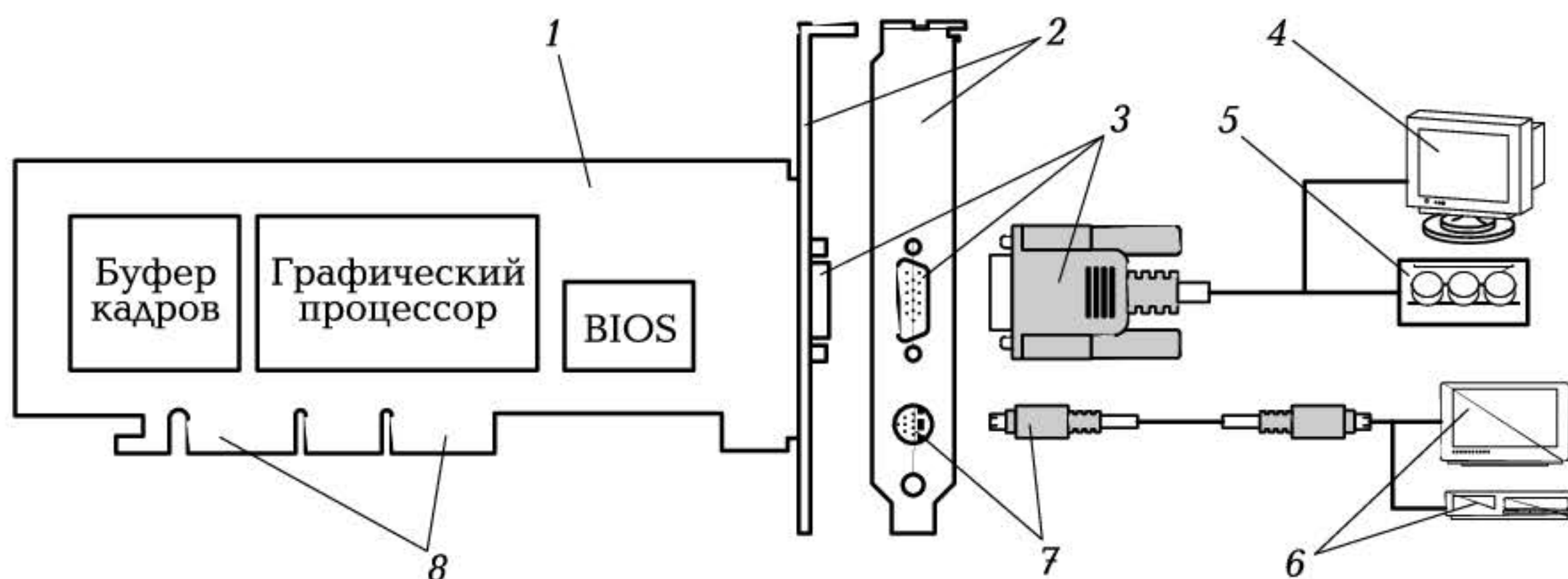


Рис. 4.7. Плата графического адаптера и схема подключения видеоустройств:

1 — печатная плата; 2 — крепежная планка с разъемами; 3 — 15-контактный стандартный разъем VGA (D-sub); 4 — монитор; 5 — проектор; 6 — телевизор и видеопроектор; 7 — телевизионный разъем S-Video для TV-out; 8 — разъем платы (шина AGP) с установочным ключом

В большинстве видеокарт RAMDAC встраивается в графический процессор.

Графический процессор — главное устройство видеокарты, выполняющее благодаря конвейерной архитектуре или потоковой обработке видеоданных специфичные операции для эффективной обработки компьютерной графики (синтез изображений и работа с визуальной информацией). В отличие от центральных процессоров ПЭВМ он имеет ограниченный набор команд, а его архитектура максимально нацелена на увеличение скорости расчета текстур (растровых изображений) и сложных графических объектов. Графические процессоры содержат сотни миллионов транзисторов.

Графический процессор, выполняющий ускорение обработки графических функций 2D- и 3D-графики, часто называют графическим ускорителем, или акселератором. 2D-ускоритель осуществляет обработку двумерной графики (в двух координатах на одной плоскости); 3D-ускоритель — построение и обработку трехмерных (3D) изображений.

Обычно компьютерную графику по способам построения изображений подразделяют на векторную и растровую.

В *растровой графике* изображение представляется в виде большого массива мелких точек — пикселей. Растровый образ имеет двумерную матрицу, состоящую из строк и столбцов. Каждому пикселу изображения сопоставляется свое значение яркости и цвета, в результате чего формируется рисунок.

При использовании растрового способа каждый пиксел кодируется определенным числом бит, называемым битовой глубиной. Каждому цвету соответствует определенный двоичный код. Например, если битовая глубина равна единице, т. е. под каждый пиксел отводится 1 бит, то изображение может быть только черно-белым (монохромным); при битовой глубине 2 можно использовать четыре цвета; при битовой глубине 4 можно использовать 16 цветов; 8-битовая кодировка позволяет иметь 256 цветов, а 24 бита обеспечивают в изображении более 16 млн цветов, что дает возможность работать с изображениями профессионального качества.

С каждым увеличением возможного количества цветов (палитры) увеличивается объем видеопамати, необходимый для запоминания изображения.

В *векторной графике* изображение строится с помощью математических описаний каждого графического объекта (так называемых графических примитивов), в качестве которых могут выступать линии, дуги, окружности, треугольники и т. д. Для каждого

примитива существует ряд параметров, определяющих цвет, толщину линии и т. д.

Фактически векторное изображение существует в виде набора математических формул, описывающих элементы изображения. Рисунок хранится как набор координат векторов и других чисел, характеризующих набор примитивов. При воспроизведении перекрывающихся объектов имеет значение порядок наложения их друг на друга.

Такое описание изображения требует на несколько порядков меньше видеопамати, чем в растровой графике, поскольку не нужно запоминать цвет каждой точки рисунка. Векторная графика не зависит от разрешающей способности аппаратных средств, что позволяет легко изменять размеры статических изображений без потери общего количества видимых элементов изображения, ясности и четкости их границ при выводе на экран монитора. Поэтому изображение может без потерь масштабироваться, поворачиваться и деформироваться.

Растровые изображения могут входить в состав векторных рисунков как отдельные графические элементы.

При отображении на мониторе (из-за плоского экрана) любое изображение становится растровым. Таким образом, способ формирования компьютерной графики может быть растровым или векторным, но технология визуализации изображения использует набор пикселей, т. е. только растр.

В видеокартах трехмерные объекты представляются с помощью геометрических моделей, состоящих из сотен и тысяч элементарных геометрических фигур, например треугольников. Для достижения реалистичности изображения используется эффект перспективы, учитывается пространственное положение источников света, отражательные свойства материала смоделированного объекта, цвет и фактура его поверхности и т. д. Для поддержки функций 3D-графики в играх и других программах существует несколько специализированных прикладных программных библиотек для работы с трехмерной графикой: OpenGL, Direct3D и Glide.

В конечном итоге трехмерные объекты преобразуются в плоское изображение, но особенности человеческого зрения создают ощущение объемности, поэтому трехмерная графика существует лишь в воображении пользователя, который видит на мониторе лишь проекцию трехмерной фигуры.

2D-графика в основном используется в операционных системах для перемещения по экрану монитора (мышкой или скроллингом) отдельных графических объектов, масштабирования («растягива-

ния») растровых изображений, поддержки открытых окон, прорисовки на экране курсора мыши и стандартных геометрических фигур из графической библиотеки ОС.

Характеристиками графических адаптеров являются максимальная пропускная способность (число треугольников в секунду), максимальная производительность закраски (число точек в секунду), скорость (число кадров в секунду).

Современные видеокарты используются для обработки и вывода видеоданных в форматах кодирования MPEG-1, MPEG-2 и др.

Эти стандарты для сжатия цифрового видео и звука созданы комитетом MPEG (Motion Picture Experts Group — группа экспертов в области движущихся изображений).

Стандарты MPEG уменьшают объем подвижных изображений, устраняя их временную избыточность использованием только разностной информации, уменьшая данные о цветности и подавляя мелкие детали.

В настоящее время наиболее популярны три спецификации стандарта обработки видеоданных: MPEG-1, MPEG-2 и MPEG-4.

Стандарт MPEG-1 определяет методы компрессии, позволяющие сжать изображение до разрешения 320×240 пикселей и достичь скорости поступления видео- и аудиоданных 1,5 Мбит/с, что соответствует скорости обмена обычных приводов CD-ROM. Полнометражный фильм, записанный в этом формате, занимает два компакт-диска с качеством изображения на уровне бытовой видеокассеты.

Стандарт MPEG-2 определяет алгоритмы сжатия для фильмов на DVD-дисках с размером кадра 720×480 пикселей и скоростью воспроизведения 2...8 Мбит/с. В стандарте применен многоканальный звук (Dolby Digital 5.1) и более совершенный алгоритм сжатия видео, что обеспечило фильмам на DVD-дисках повышенное качество.

В *стандарте MPEG-4* использованы более сложные алгоритмы компрессии, что позволило размещать полнометражные фильмы длительностью 2 ч хорошего качества всего на одном компакт-диске. Кардинальное отличие MPEG-4 от предыдущих форматов, которые делили изображение на прямоугольники при обработке изображений, заключается в том, что MPEG-4 оперирует объектами произвольной формы, поэтому алгоритмы их обработки требуют гораздо больше вычислительных ресурсов ПЭВМ по сравнению с MPEG-2.

Уровень сжатия обычно указывается в виде потока данных (в килобитах или мегабитах в секунду); при этом используется термин

«битрейт» (bitrate — скорость потока); его величина напрямую связана с объемом видеофайла в расчете на 1 с воспроизведения.

Чем больше скорость, тем выше качество и тем больше размер сжатого файла. При кодировании стандарты позволяют устанавливать требуемый уровень компрессии за счет потери качества видео.

Стандарты могут работать с естественными и синтезированными ПЭВМ 2D- и 3D-объектами, производить взаимную увязку их расположения и синхронизацию друг относительно друга, а также обеспечивать их взаимодействие с пользователем.

Для хранения изображений, текстур и другой необходимой информации на плате видеокарты установлена динамическая память, соединенная с графическим процессором специальной шиной, ширина которой составляет 128, 256 и даже 512 разрядов.

В бытовых ПЭВМ широко используются видеоадаптеры с шиной 128/256 бит; разрешение экрана — до $1\,024 \times 768 / 1\,280 \times 1\,024$ пикселей с настройкой качества графики в широких пределах.

Видеокарты с более разрядной шиной имеют разрешение от $1\,280 \times 1\,024$ до $1\,800 \times 1\,350$ пикселей и повышенное качество игровой графики с полноэкранным сглаживанием и анизотропной фильтрацией, позволяющей устранять эффект ступенчатости на поверхностях объектов, находящихся далеко и сильно наклоненных относительно съемочной камеры.

Современные видеоадаптеры оснащаются памятью DDR с временем доступа не менее 3,5 нс и применяют технологии с множественной буферизацией кадра (двойной, тройной и четырехкратной) для плавного воспроизведения анимации и видео.

Теоретический объем видеопамати, необходимой для поддержки изображения, определяется произведением размерности кадра на число бит кода цветности. Например, для максимально возможного разрешения $1\,800 \times 1\,350$ пикселей и глубины цвета в 24 бит требуется всего 8 Мбайт памяти. В то же время объем видеопамати во многом определяет производительность видеокарты. Для увеличения локальной памяти ее объединяют в единое адресное пространство с ОЗУ, выделяя в ней дополнительный настраиваемый объем для работы видеокарты, чем достигается значительное ускорение операций с графикой.

Большой объем видеопамати нужен только для поддержки трехмерной графики, поэтому все современные видеокарты имеют встроенную память 128, 256 и 512 Мбайт.

В большинстве случаев видеоадаптерам с интерфейсом памяти в 128 бит достаточно мощности питания, подаваемого от системной платы (около 75 Вт). Для более производительных видеокарт, под-

держивающих 256-битный интерфейс, устанавливаются разъемы, к которым подводится напряжение 12 В от блока питания.

На видеокарте, как и на материнской плате, имеется микросхема с BIOS, в которой хранится информация о видеоадаптере, экранные шрифты, драйверы, используемые в начальном запуске ПЭВМ.

Все современные видеокарты устанавливаются на системной плате в разъем AGP или в слот PCI. В целях снижения потребляемой мощности для питания видеокарт используется пониженное напряжение (1,5 В).

Разъем AGP на материнской плате предназначен только для подключения видеоадаптера и передачи потока видеоданных. В режиме AGP 2× за один такт шина способна передавать два блока данных; в режиме AGP 4× по шине за один такт передается четыре блока данных, что дает пиковую пропускную способность до 6,4 Гбайт/с. В новейших видеокартах введен режим 8×.

Более скоростной интерфейс PCI Express дал возможность подключать к ПЭВМ два монитора путем объединения двух видеокарт для совместной работы с 3D-графикой и формирования стереоскопического изображения.

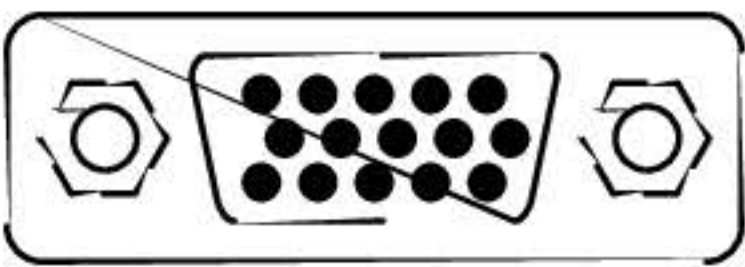
Аналоговые выходы TV-out предназначены для подключения телевизора в специальный разъем S-Video при просмотре видеофильмов с CD- или DVD-дисков.

В канале S-Video (Separate-Video — отдельное видео) используются две линии: сигнал яркости и сигнал цветности, который содержит два цветоразностных сигнала, преобразованных в один сигнал одной из систем цветового кодирования телевизионного изображения (PAL, NTSC, SECAM). Синхроимпульсы передаются вместе с сигналом яркости. Разъемы S-Video могут быть 4- или 7-контактными.

Для того чтобы передать изображение на монитор, используется пять сигнальных линий, которые включают в себя сигналы интенсивности для каждого из трех основных цветов: RGB и сигналы управления синхронизацией горизонтальной и вертикальной разверток. Кроме того, в разъем добавляются сигналы передачи информации по интерфейсу DDC (Display Data Channel — канал обмена данными с дисплеем) между монитором и видеоадаптером. В качестве разъема используется D-Sub 15-pin (иногда его называют mini D-Sub 15-pin) с 15 контактами (рис. 4.8).

Такие разъемы используются для подключения мониторов на электронно-лучевых трубках, но для жидкокристаллических мониторов стали использоваться цифровые интерфейсы, самым распро-

Рис. 4.8. Разъем D-Sub видеокарты



страненным из которых является DVI (Digital Video Interface — цифровой визуальный интерфейс).

Спецификация стыка DVI разрабатывалась для поддержки цифровой и аналоговой передачи данных на одном кабеле между видеокартой и монитором и с расчетом на перспективу, когда генерация изображения будет осуществляться дисплеем за счет собственной видеопамяти.

Интерфейс DVI обеспечивает передачу цифрового видеосигнала изображения на монитор напрямую (пиксел в пиксел) без цифроаналогового преобразования, которое происходит в RAMDAC при использовании аналоговых интерфейсов.

В настоящее время распространены два типа разъемов DVI: цифровой DVI-D на 24 контакта и цифроаналоговый DVI-I (Integrated — комбинированный) на 29 контактов, в котором используются дополнительные пять контактов для передачи аналоговых сигналов RGB (рис. 4.9).

Совмещение аналогового и цифрового интерфейсов позволяет подключать к одному разъему DVI-I дисплеи любого типа. В некоторых видеокартах и мониторах цифровой разъем DVI используется вместе со стандартным аналоговым разъемом.

В основе спецификации интерфейса DVI лежит канал TMDS (Transition Minimized Differential Signal — минимизированная дифференциальная передача сигнала), который представляет собой совокупность трех (R, G, B) дифференцированных витых пар одиночных сигнальных линий для передачи данных о пикселе (24 бита информации) и пары линий сигнала синхронизации. Дифференци-

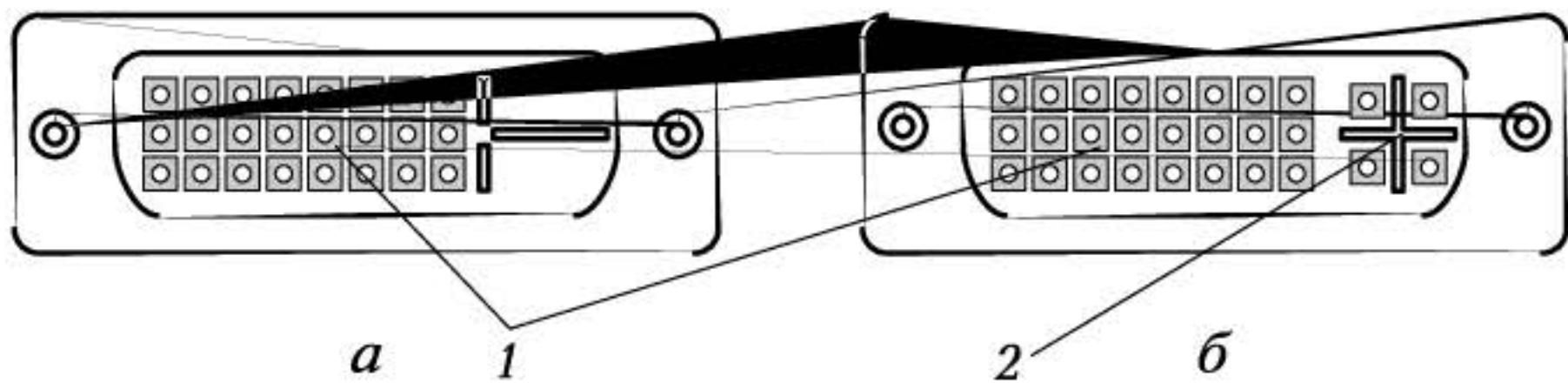


Рис. 4.9. Вид цифрового (а) и комбинированного цифроаналогового (б) разъемов DVI видеокарты:

1 — контакты цифрового интерфейса; 2 — контакты аналогового интерфейса

альный, или балансный, способ передачи обеспечивает эффективную защиту данных от синфазных помех, так как по каждому проводнику витой пары проходит один и тот же прямой и инвертированный сигнал. В зависимости от разрешений и частот могут быть доступны один или два TMDS-канала. Оба TMDS-канала используют общий сигнал синхронизации, что позволяет равномерно распределить полосу пропускания по двум каналам. Реально же система разрешает использование одного или двух TMDS-каналов (в зависимости от возможностей монитора). Пропускная способность каждого TMDS-канала — 165 МГц, соответственно пропускная способность двух TMDS-каналов — 330 МГц.

Стандарт не предусматривает коррекцию ошибок, поэтому длина кабеля связи с монитором не превышает 5 м, а максимальная скорость потока данных равна 1,65 Гбит/с, или 165 мегапикселей в секунду, при 10-битном кодировании.

На передающей стороне интерфейса DVI находится TMDS-трансмисмиттер, в котором производится соответствующее преобразование оцифрованного RGB-сигнала и формирование последовательного потока данных в каждом из каналов. На приемной стороне, наоборот, происходит полное восстановление цифровых потоков по каналам R, G, B, а также сигнала синхронизации.

Для идентификации типа и параметров монитора в DVI использует структуры данных EDID (Extended Display Identification Data — расширенная структура данных о типе дисплея). Операционная система определяет поддерживаемые разрешения и интерфейс с помощью протокола DDC.

Существуют два варианта интерфейса DDC: DDC1 — односторонняя, от монитора к видеокарте, передача данных о модели монитора и параметрах поддерживаемых видеорежимов; DDC2 — двусторонний канал обмена данными с возможностью дистанционного управления монитором от ПЭВМ.

С DVI совместим интерфейс HDMI (High Definition Multimedia Interface — высокоточный мультимедийный интерфейс), по которому кроме цифрового видео можно передавать два канала несжатого цифрового звука в формате PCM 48 кГц, 5.1 каналов в Dolby Digital или DTS. Видеокарты могут иметь разъем HDMI или обеспечивать подключение HDMI-кабеля через переходник на DVI.

Средние маломощные видеокарты обходятся пассивным охлаждением, т. е. обычным радиатором. Самые производительные видеоадаптеры снабжаются кулерами (массой до 1 кг), которые практически закрывают всю поверхность платы, охлаждая процессор и видеопамять; их размеры перекрывают соседний слот на материнской

плате, делая его недоступным. Частота вращения вентилятора — 3 500...6 000 об./мин; он становится очень шумным при работе видеокарты в режиме 3D. Некоторые профессиональные видеоадаптеры оснащены системами водяного охлаждения.

Чтобы расширить площадь рабочего стола, иногда используют два монитора, на которых размещают окна для разных открытых приложений. Для такого подключения требуется установка двух видеоадаптеров (графических плат в слоты AGP и PCI) или применение одной графической платы AGP или PCI, поддерживающей два или более мониторов.

Основное направление развития видеосистем — это полный перенос задачи регенерации изображения на монитор; видеоадаптер будет только формировать изображение, а по кабелю, соединяющему монитор и компьютер, будет передаваться информация только об изменениях изображения.

4.2.5. Дисководы гибких магнитных дисков

Дисководы, или электромеханические приводы гибких магнитных дисков, различаются по размеру диска: 5,25" (пятидюймовые накопители) и 3,5" (трехдюймовые накопители).

В настоящее время в ПЭВМ применяются дисководы одного типоразмера — 3,5 дюйма, потребность в которых с каждым годом постоянно снижается из-за выпуска более совершенных носителей.

Все дисководы для гибких дисков, независимо от их типа, состоят из нескольких основных частей: блока головок, двигателя вращения диска, двигателя позиционирования головок, схем управления и лицевой панели.

Дисковод имеет две универсальные головки считывания/записи данных, которые используются на нижней и верхней поверхностях диска. Они совмещены в блок головок и поэтому не могут перемещаться независимо друг от друга (рис. 4.10).

Головки представляют собой электромагнитные катушки с сердечниками из мягкого сплава железа. Каждая головка — это фактически комбинация из двух типов головок: между двумя стирающими головками располагается головка считывания/записи. Такая конструкция позволяет при нанесении дорожек стирать боковыми головками их внешние границы, создавая узкую рабочую область для записи/считывания данных и зазор между соседними цилиндрами, что исключает перекрестные помехи между соседними дорожками.

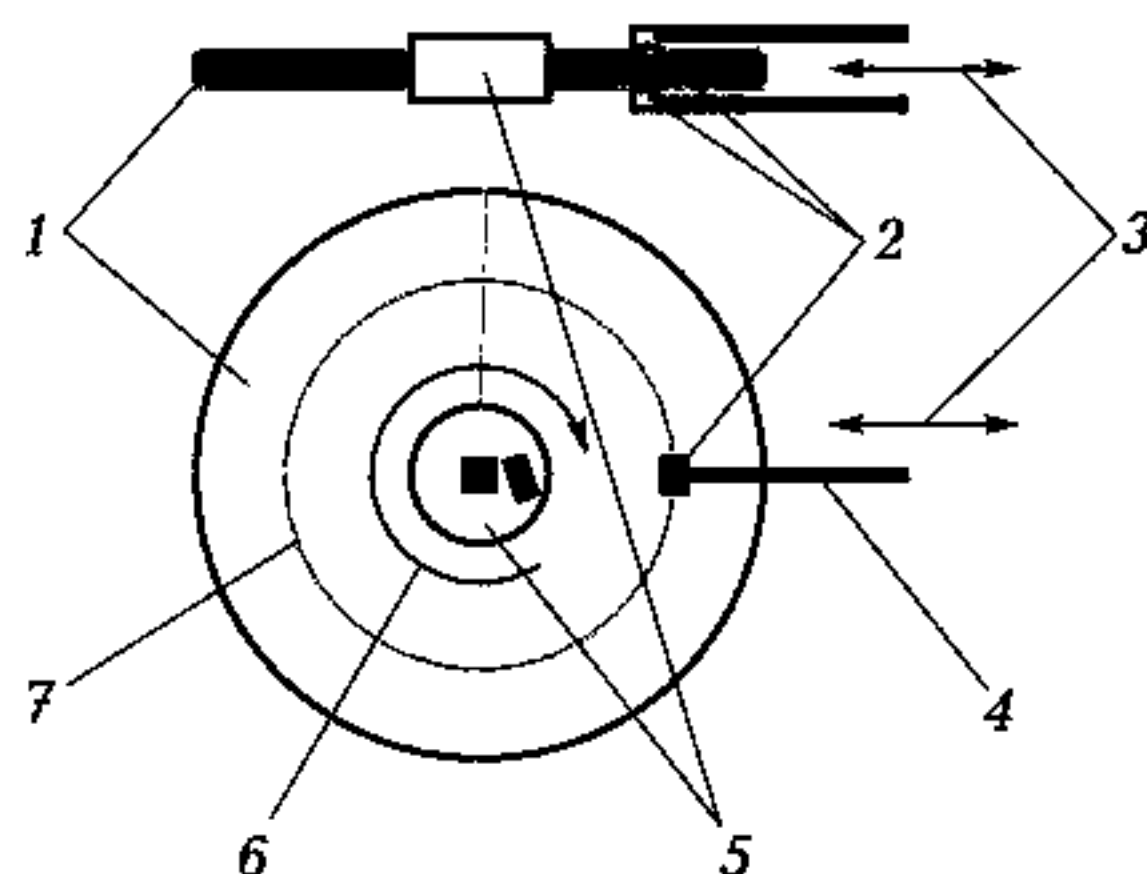


Рис. 4.10. Схема взаимодействия гибкого диска с магнитными головками:

1 — гибкий диск; 2 — блок головок; 3 — направление движения головок; 4 — привод перемещения головок; 5 — шайба привода вращения диска; 6 — направление вращения диска; 7 — магнитная дорожка

Головки во время считывания или записи прижимаются к поверхности диска для обеспечения контакта с магнитным слоем и получения нужной амплитуды сигналов под небольшим давлением.

Блок головок приводится в движение механизмом привода головок, который перемещает его по прямой линии и может устанавливать на любых дорожках диска.

Привод головок управляется шаговым двигателем, который задает пошаговое перемещение блока головок от дорожки к дорожке.

Шаговый двигатель — это электродвигатель, ротор которого при подаче импульса напряжения может поворачиваться только ступенчато, т. е. на строго определенный угол и с фиксацией этого положения. Блок головок перемещается на нужный номер дорожки в соответствии с поданным на шаговый двигатель количеством импульсов. Шаговый двигатель соединяется с блоком головок стальной лентой, которая, наматываясь на его ось, преобразует вращательное движение в поступательное, или с помощью более компактной червячной передачи.

Шаговый двигатель перемещает головки по поверхности диска по радиусу — от края к центру дискретными интервалами, соответствующими информационным дорожкам. Перемещение головок за пределы крайних дорожек ограничено упорами, при достижении которых двигатель останавливается.

У большинства дисководов среднее время доступа к дорожке составляет примерно 65 мс. Для вращения гибкого диска используется так называемый прямой привод, когда вал двигателя непосредственно контактирует с шайбой диска.

Скорость вращения диска в 3,5-дюймовом дисковом составляет 300 об./мин, что обеспечивает передачу информации 150... 500 Кбайт/с.

Схемы управления приводом головок, головками считывания/записи, двигателями, датчиками диска и другими компонентами дисководов размещаются на одной или нескольких печатных платах.

На лицевой панели дисководов (рис. 4.11) имеются узкое горизонтальное щелевое отверстие для вставления дискет, которое при отсутствии диска закрывается шторкой, индикатор доступа и кнопка извлечения диска.

При вставлении дискеты в дисковод на ней сдвигается шторка, открывая окно для контакта блока головок с магнитной поверхностью диска, оптические датчики определяют его емкость и наличие разрешения или блокировки записи. На время обращения операционной системы к диску на лицевой панели должен светиться индикатор доступа.

Дисководы вставляются в корпус ПЭВМ в специальные отсеки и подключаются двумя разъемами: один 4-контактный для подачи напряжения питания 5 В на схемы управления и 12 В на двигатели, другой 34-контактный — для сигналов управления и данных стандартного интерфейса SA-400 (Shugart Associates), названный по фамилии изобретателя накопителя Алана Шугарта (Alan Shugart).

Неформатированные дискеты форматируются пользователем на ПЭВМ посредством специальных программ, входящих в комплект утилит операционных систем. При обычном форматировании на гибком диске можно разместить 80 рабочих дорожек.

При наличии двух дисководов с помощью BIOS можно программно задавать их физические адреса: «первый» (A:) и «второй» (B:).

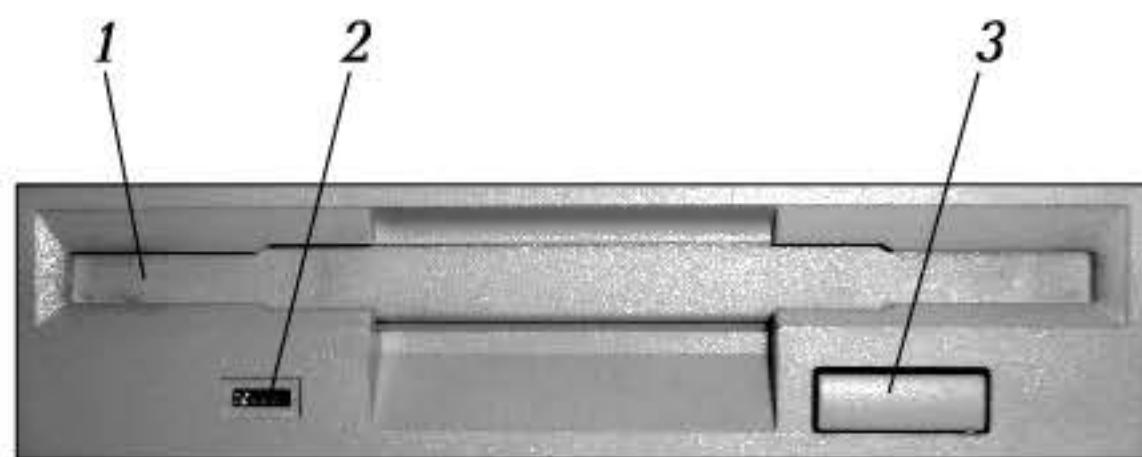


Рис. 4.11. Лицевая панель дисководов на гибких магнитных дисках:

1 — отверстие со шторкой; 2 — индикатор доступа к накопителю; 3 — кнопка извлечения дискеты

4.2.6. Дисководы жестких магнитных дисков

В настоящее время накопители жестких дисков (рис. 4.12) выпускаются со следующими значениями формфакторов: 3,5; 2,5; 1,8 и 1 дюймов.

Все их многообразие представляет собой электромеханические устройства, состоящие из одних и тех же основных узлов, к которым относятся магнитные диски, головки считывания/записи, механизм привода головок, двигатель привода дисков и электронная схема управления на печатной плате.

Разъемы питания накопителей на жестких дисках для стационарных ПЭВМ стандартные, такие как у дисководов для гибких дисков, с двумя номиналами напряжения питания: 5 В поступает на электронные схемы, 12 В питает схемы управления шпиндельным двигателем и приводом головок. В малогабаритных накопителях для портативных компьютеров применяется одно питание — 5 В.

Диски, электродвигатель привода дисков, головки и механизм привода головок представляют собой конструктивный узел и размещаются в закрытом, но не герметизированном корпусе — для выравнивания давления в блоке предусмотрено закрытое фильтром отверстие, через которое воздух может проникать внутрь или выходить наружу.

В большинстве современных дисководов, предназначенных для портативных ПЭВМ, между этим корпусом и шасси накопителя устанавливается противоударная резиновая прокладка.

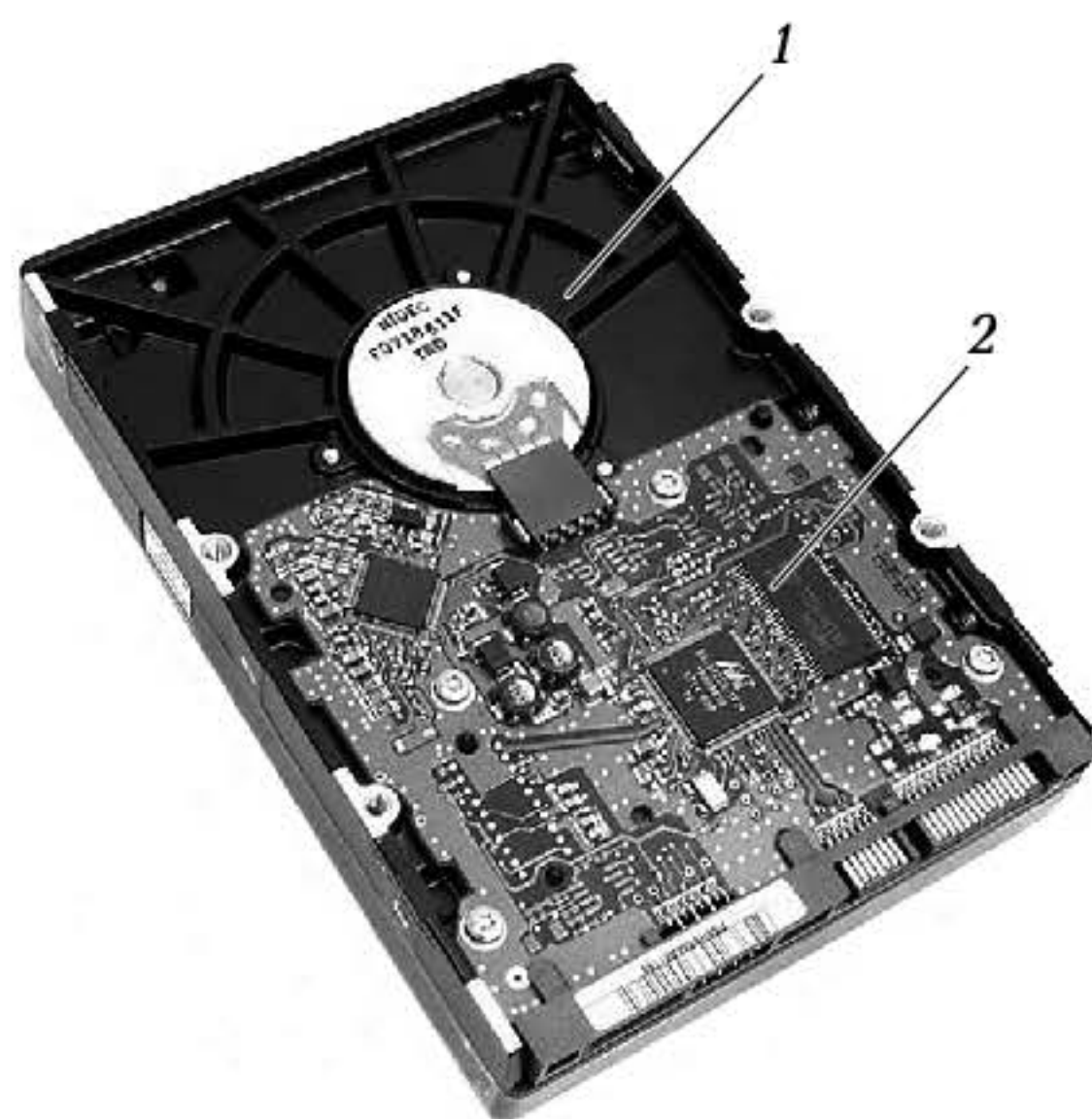


Рис. 4.12. 3,5-дюймовый дисковод жестких магнитных дисков:
1 — отсек с магнитными дисками; 2 — печатная плата

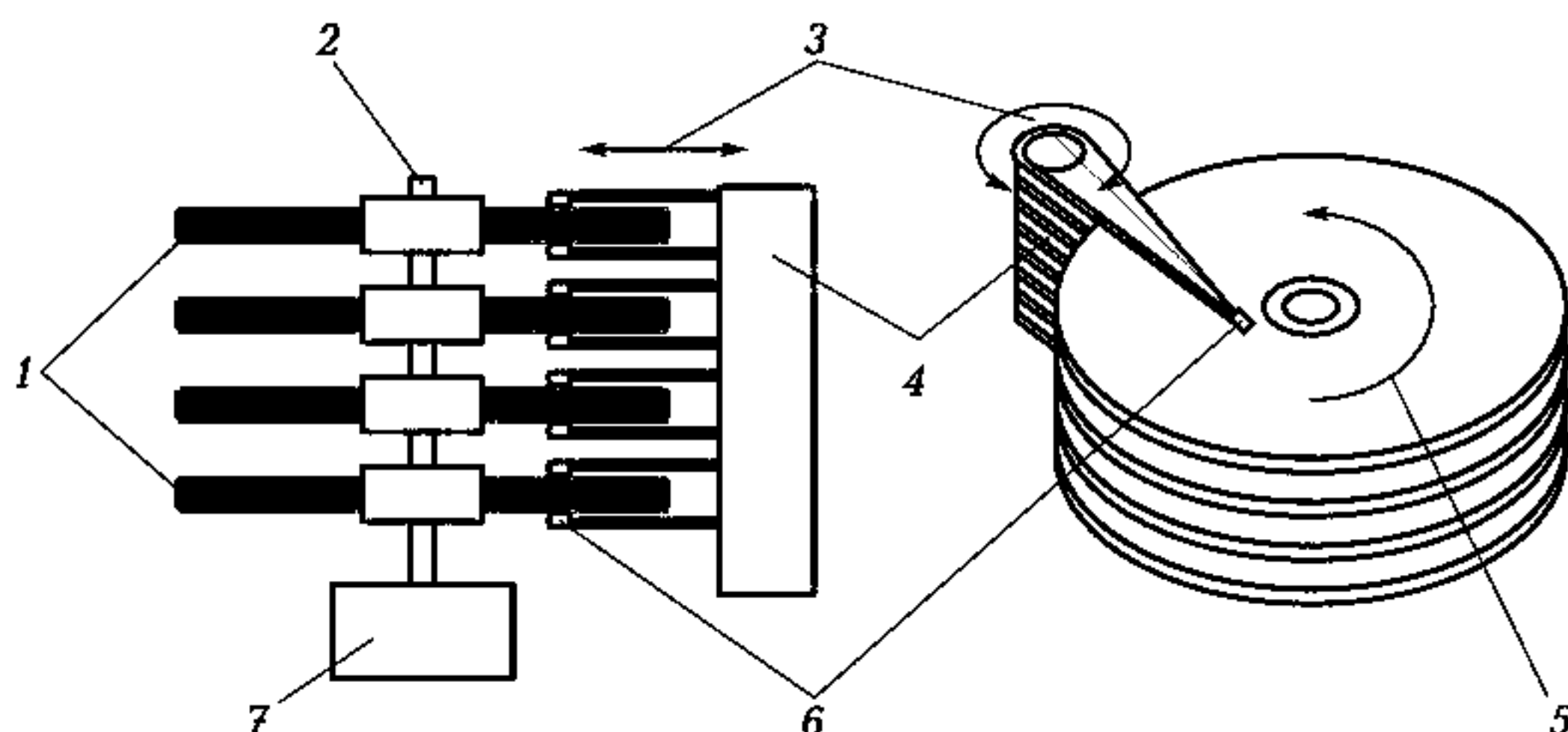


Рис. 4.13. Схемы дисководов с линейным и поворотным приводом блока головок:

1 — набор магнитных дисков; 2 — вал шпинделя; 3 — направление движения блока головок; 4 — привод блока головок; 5 — направление вращения дисков; 6 — головки записи/считывания; 7 — двигатель шпинделя

В накопителях обычно применяется несколько дисков (не менее двух), а данные записываются на обеих сторонах каждого из них. В большинстве устройств они несъемные.

Существуют также накопители со сменными жесткими дисками. Съемные блоки с дисками имеют металлическую конструкцию, расстояние между диском и головкой у них больше, что снижает плотность записи и общую емкость носителя.

Для переноса данных применяют периферийные мобильные накопители емкостью 32... 4 000 Гбайт. Их ударопрочность обеспечивается размещением жесткого диска в металлическом корпусе с применением толстой резиновой амортизирующей прокладки.

В накопителях диски монтируются на общей оси шпинделя (рис. 4.13), который вращается от специального двигателя со стандартными скоростями: 4 500, 5 400, 7 200, 10 000, 12 000, 15 000 об./мин и более. Шпиндель представляет собой вращающийся вал с устройством для закрепления магнитных дисков.

Для вращения дисков используется бесшумный так называемый шпиндельный электродвигатель, который напрямую связан с валом крепления дискового набора. Частота вращения дисков должна быть постоянной, поэтому для ее стабилизации используется схема управления с автоподстройкой оборотов двигателя.

В современных накопителях вместо алюминиевых дисков широко используются стеклянные или стеклокерамические диски, отличающиеся большей прочностью и жесткостью. Они менее воспри-

имчивы к перепадам температур, т.е. их размеры при нагреве и охлаждении изменяются очень незначительно, что повышает плотность и стабильность записи данных.

Поверхность каждого диска с двух сторон покрыта слоем из магнитного кобальтового сплава толщиной в сотые доли микрон, который наносится гальваническим покрытием (осаждением металла на диск с помощью тока из специального раствора) или напылением (осаждением газообразного металла в специальных вакуумных камерах).

Для обеспечения износоустойчивости поверх рабочего магнитного слоя наносится очень тонкое углеродное защитное полированное покрытие, позволяющее минимизировать зазор между головками и поверхностью дисков и увеличить тем самым амплитуду сигнала при считывании данных.

Наиболее сложной частью накопителя являются головки считывания/записи, которые по мере развития технологий постоянно совершенствовались.

По конструктивному исполнению головки подразделяются на ферритовые (монокристаллические и композитные), тонкопленочные и магниторезистивные.

Монокристаллические и композитные (стеклоферритовые) головки изготавливали из миниатюрных ферритовых сердечников с проводными обмотками, в *тонкопленочных головках* использовался метод осаждения слоя проводящего материала на неметаллическом основании по технологии производства микросхем.

В современных дисководах применяются магниторезистивные головки.

Магниторезистивная головка представляет собой сборку из двух головок: тонкопленочная головка служит для записи, а магниторезистивная — для считывания. В тонкопленочной головке используется индуктивный принцип создания магнитного поля. В магниторезистивной головке применяется эффект изменения сопротивления чувствительного элемента под действием магнитного потока.

Магниторезистивная головка меняет свое сопротивление при прохождении над участками с разным значением остаточной намагниченности. Через головку протекает небольшой постоянный измерительный ток и при изменении сопротивления в зонах намагниченности диска на ней изменяется падение напряжения, по которому определяется считываемая информация.

В жестких дисках дорожки расположены очень близко друг к другу, поэтому головка считывает сигналы от основной и от сосед-

них дорожек, что отрицательно влияет на помехоустойчивость и достоверность получаемой информации. Для нейтрализации ошибок при считывании данных и повышения плотности записи применяется вероятностный метод PRML (Partial Response Maximum Likelihood — метод максимального правдоподобия при перекрывающемся отклике от соседних дорожек). Полезный сигнал от нужной дорожки выделяется по критерию максимума функции правдоподобия, которая вычисляется в реальном масштабе времени процессором цифровой обработки сигналов, встроенным в схему дисководов.

В современных дисководах происходит замена так называемого метода продольной записи, когда магнитные домены, хранящие биты данных, размещены горизонтально вдоль дорожек, на перпендикулярный способ, при котором домены ориентируются в вертикальном направлении относительно дорожки. Домены имеют некоторую физическую длину, поэтому, размещая их не горизонтально, а перпендикулярно дорожке, разработчики жестких дисков добились существенного (почти 10-кратного) увеличения плотности записи на квадратный дюйм. При этом сократилось и энергопотребление на единицу объема информации за счет уменьшения количества дисков в приводе.

При продольной записи головка фиксирует сигнал фактически только в переходном участке между ячейками с разным направлением намагниченности, тогда как при перпендикулярной записи он считывается со всей зоны, в которой хранится бит.

Важной конструктивной единицей дисководов является механизм привода головок, который устанавливает их в нужное положение, перемещая от центра к краям диска на заданный цилиндр. В жестких накопителях в основном используют *приводы с подвижными электромагнитными катушками*.

Подвижная катушка соединяется с блоком головок и размещается в поле постоянного магнита, образуя соленоид. Катушка и магнит, расположенный внутри нее, механически не связаны между собой; перемещение катушки осуществляется только при взаимодействии их магнитных полей. Под действием электрического тока в катушке образуется электромагнитное поле, которое смещает ее вместе с блоком головок относительно закрепленного постоянного магнита.

В отличие от *привода с шаговым двигателем* в устройствах с подвижной катушкой нет фиксированных положений, привязанных к дорожкам диска, поэтому блок головок может плавно перемещаться в любые положения в соответствии с изменениями напряжения

управления. Для точного позиционирования головок к нужному цилиндру используется специальная система наведения с автоматической регулировкой взаимного расположения дорожек и головок. Поиск конкретной дорожки осуществляется по заранее записанной на диске информации о позиционировании головок, определяющей реальное положение цилиндра на диске.

Такая конструкция позволяет обеспечить более высокие быстродействие, точность и надежность, чем традиционный привод с шаговым двигателем.

Приводы головок с подвижной катушкой бывают двух типов: линейные и поворотные, которые отличаются только схемой механического соединения катушек и блоков головок.

В *линейных приводах* катушка непосредственно соединена с блоком головок и перемещает их по прямой вдоль линии радиуса диска, как в накопителях на гибких дисках.

В *поворотных приводах* блок головок крепится к подвижной катушке с помощью рычагов. При движении катушки относительно постоянного магнита рычаги передвигают головки к краям или центру дисков. Поворотный привод используется почти во всех накопителях с подвижной катушкой, так как обладает существенным преимуществом — автоматической парковкой (принудительной установкой головок на неработающую зону диска при отключении питания). При включенном питании головки позиционируются и удерживаются в рабочем положении за счет взаимодействия магнитных полей подвижной катушки и постоянного магнита. Для того чтобы при выключении питания головки бесконтрольно не скользили по поверхностям не остановившихся дисков, становясь причиной повреждений магнитного слоя, поворотный блок головок подсоединяется к возвратной пружине. При отключении питания в ПЭВМ блок головок под воздействием пружины автоматически перемещается в зону парковки, предотвращая возможные повреждения дисков. Когда питание включено, магнитное взаимодействие катушки и магнита преодолевает упругость пружины и обеспечивает штатное функционирование дисководов.

При раскручивании дисков на головки воздействует аэродинамическое давление, освобождающее их от зоны парковки, оставляя воздушный зазор с магнитным покрытием в сотые доли микрон при достижении полной скорости вращения.

Большинство современных встраиваемых дисководов IDE и SCSI имеют один интерфейсный разъем и подключаются с помощью плоского кабеля.

Практически во всех накопителях используется так называемая *зонная запись ZBR* (Zoned Bit Recording — зонная битовая запись) с переменным количеством секторов на дорожке. Дорожки, более удаленные от центра, а значит и более длинные, могут хранить больший объем данных, поэтому на них размещают большее число секторов, чем на дорожках, более близких к центру.

При этом способе записи цилиндры формируются в группы, которые называются зонами, причем по мере продвижения к внешнему краю диска дорожки в зонах разбиваются на все большее число секторов, длина которых соответствует размеру сектора внутренней зоны (рис. 4.14).

Во всех цилиндрах, относящихся к одной зоне, количество секторов на дорожках одинаковое. Возможное количество зон зависит от типа накопителя; в большинстве устройств их бывает более 10.

В накопителях, не использующих метод зонной записи (например, в дисководах гибких дисков или 1-; 1,8-дюймовых накопителях на жестких дисках), все цилиндры содержат одинаковое количество данных несмотря на то, что длина окружности внешних цилиндров может быть вдвое больше, чем внутренних. В результате при обычной записи теряется пространство внешних дорожек, так как оно используется очень неэффективно.

Для обеспечения надежности в жестких дисководах используют методы предсказания появления ошибок и неисправностей, определяемые *системой мониторинга SMART* (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology — технология самотестирования, анализа и отчетности).

При активизации системы SMART жесткий диск начинает отслеживать определенные параметры, чувствительные к неисправностям их накопителя. На основе программного анализа их состояния можно предсказать сбои в работе накопителя.

В большинстве дисководах происходит регистрация следующих параметров: зазор между головкой и диском; скорость передачи данных; количество переназначенных (неисправных)

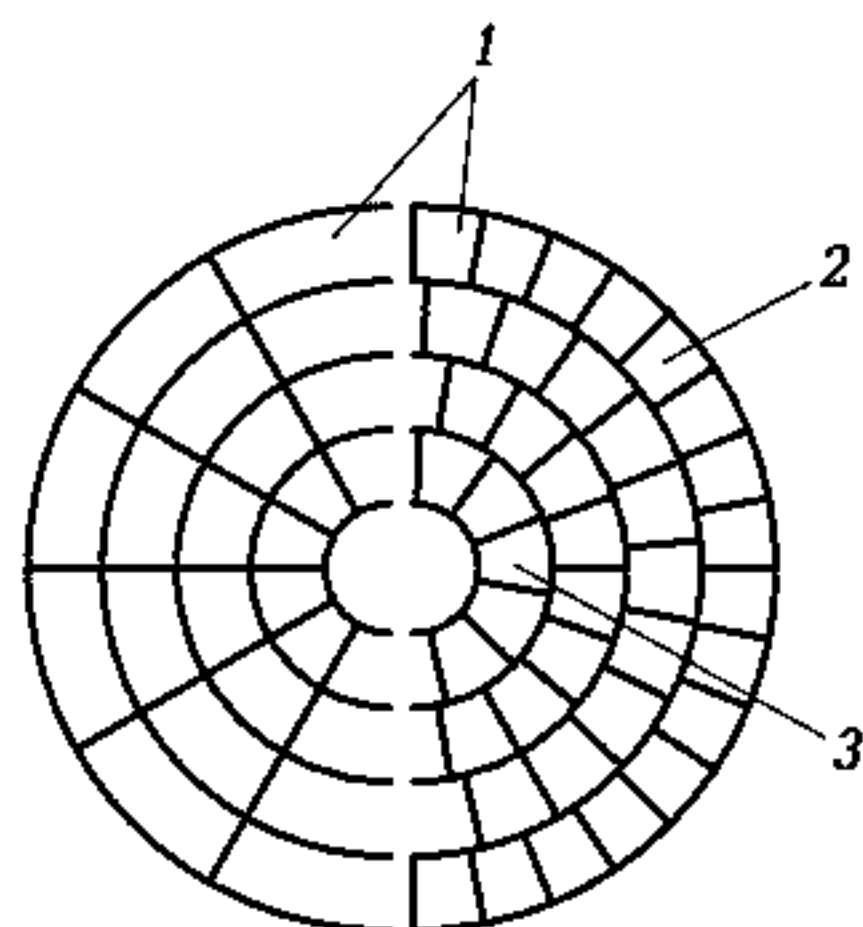


Рис. 4.14. Обычная и зонная запись информации на жесткий диск:

1 — сектора; 2 — внешняя зона; 3 — внутренняя зона

секторов; время поиска дорожки и количество повторов процесса калибровки накопителя.

Каждый параметр имеет пороговое значение, по которому оценивается состояние накопителя. В большинстве накопителей SMART с помощью операционной системы только оповещает пользователя о нормальной работе или об ошибках, отправляя сообщение о необходимости резервного копирования данных.

Кроме информационной емкости дисковые накопители характеризуются временем доступа к информации на диске и скоростью ее считывания.

Время доступа к информации складывается из времени перемещения магнитной головки на нужную дорожку, времени установки головки и времени ожидания момента, когда при вращении нужная область диска (сектор) окажется под головкой.

После доступа к информации происходит ее последовательное считывание, которое характеризуется скоростью.

Быстродействие оценивается по среднему времени доступа и скорости передачи данных.

Среднее время доступа определяется суммой времени, необходимого для позиционирования головок на нужный цилиндр и доступа к данным, записанным в случайно выбранном секторе. Для современных накопителей это время составляет менее 6 мс.

Скорость передачи данных определяет объем данных, переданных (принятых) накопителем в единицу времени. Для ее повышения многие накопители имеют встроенную кэш-память, размер которой достигает нескольких десятков мегабайт. Кэш-память диска заполняется с применением опережающего считывания не только требуемым сектором, но и следующими за ним секторами, так как в большинстве случаев (в дефрагментированных накопителях) взаимосвязанные данные файла хранятся в соседних секторах.

Быстродействие накопителя зависит от многих факторов: частоты вращения диска, скорости перемещения системы головок, количества секторов на дорожке и места расположения данных. С ростом частоты вращения дисков возрастает скорость съема данных, так как выведение головок на заданный сектор происходит с меньшим временем доступа.

Среднее время безотказной работы MTBF (Mean Time Between Failure) накопителей на жестких дисках определяется производителем или расчетным путем, или на основе длительных статистических испытаний большого количества дисководов с фиксацией их отказов и по некоторым оценкам может достигать сотен тысяч часов.

4.2.7. Дисководы оптических дисков

Все оптические дисководы выпускаются с горизонтальным размером в 5,25 дюйма, рассчитанным на использование стандартных дисков 120 мм.

Накопители CD и DVD имеют одинаковое электромеханическое устройство, состоят из полупроводникового лазера, оптической системы с разделительными призмами, серводвигателя, двигателя вращения диска и платы управления (рис. 4.15).

Считывание информации представляет собой процесс регистрации колебаний луча лазера, отраженного от металлического слоя вращающегося диска. Диск относительно лазера вращается против часовой стрелки. Лазер посылает сфокусированный с помощью оптической системы луч света на нижнюю часть диска, а светочувствительный фотодетектор улавливает отраженный луч.

Луч лазера через разделительные призмы отражается в фотоприемник для синхронизации и через зеркало и фокусирующую линзу попадает на диск.

Поликарбонатная пластмасса, используемая при изготовлении компакт-дисков, имеет коэффициент преломления света, отличный от воздушной среды, что приводит к сокращению длины волны в пределах диска. Таким образом, свет проходит через основу диска медленнее, чем через окружающую среду. Так как частота света по-

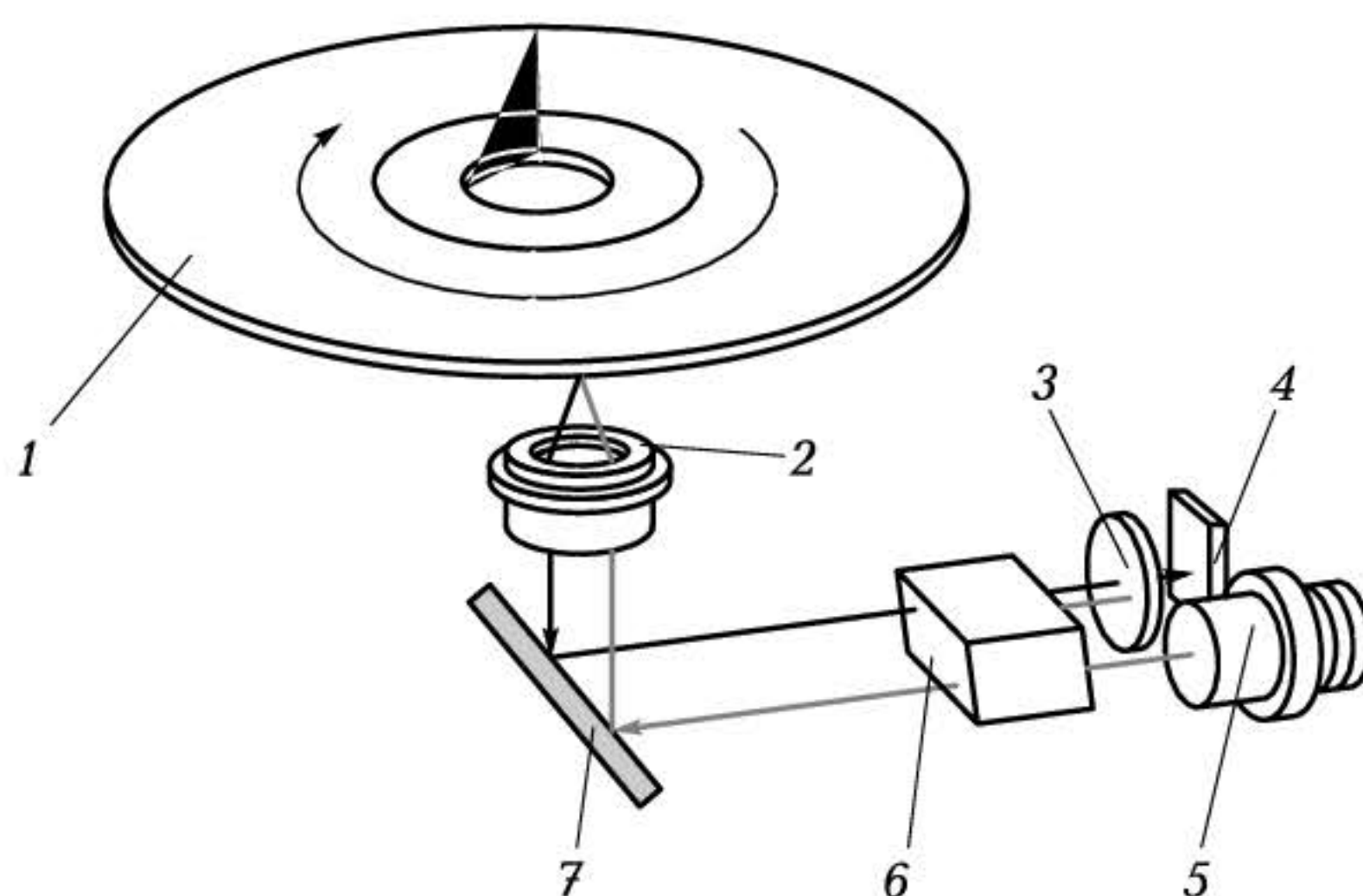


Рис. 4.15. Схема оптической системы дисковода:

1 — оптический диск; 2 — фокусирующая линза; 3 — линза фотоприемника; 4 — фотоприемник; 5 — лазер; 6 — разделительные призмы; 7 — отражающее зеркало

стоянна, длина волны отраженного света уменьшается по сравнению с длиной волны исходного луча синхронизации. Эта разница в длинах волн используется для выделения информации.

Положением зеркала и линзы относительно нужной точки витка дорожки диска управляет серводвигатель по командам, поступающим от встроенного микропроцессора.

Поскольку при вращении диск совершает значительные колебания в вертикальной плоскости, линза закреплена на специальной электромагнитной подвеске, которая непрерывно корректирует ее положение, поддерживая постоянное расстояние между линзой и диском для автоматической фокусировки луча.

Луч лазера, попавший на площадку (плоскую поверхность дорожки), отражается от металлического слоя обратно; в свою очередь, луч, оказавшийся на штрихах дорожки, обратно не отражается, т.е. штрихи модулируют интенсивность отраженного луча на фотоприемнике.

Фотоприемник регистрирует последовательность световых вспышек, зависящих от местоположения штрихов и площадок на спиральной дорожке, преобразуя их в электрический сигнал. Каждое изменение отраженного луча лазера при пересечении границ штриха и площадки (переходы светлый-темный и темный-светлый) преобразуется в бит информации со значением 1. Поэтому биты данных считываются как переходы между высокими и низкими уровнями сигналов фотоприемника.

При поиске определенного сектора на диске накопитель находит адрес данных на нулевой дорожке компакт-диска, после чего лазерный луч перемещается к нужному витку спирали для выделения нужной последовательности бит.

В типовых дисководов CD луч лазера имеет длину волны 780 нм, а в устройствах DVD — около 650 нм (для обеспечения более высокой плотности записи).

Алюминиевое покрытие, используемое в компакт-дисках, достаточно хорошо отражает лазерный луч с более короткой длиной волны, что позволяет накопителям DVD считывать диски CD-ROM, но не диски CD-R или RW. Поэтому в универсальных накопителях для их считывания стали использовать совмещенные оптические системы, объединяющие в себе лазеры с длиной волны 650 и 780 нм.

Для загрузки оптического диска на лицевой панели дисководов (рис. 4.16) находится выдвижной механизм — лоток загрузки, в котором имеются два концентрических углубления для установки 120- и 80-миллиметровых дисков.



Рис. 4.16. Типовая лицевая панель дисководов DVD:

1 — лоток загрузки дисков; 2 — разъем аудиовыход; 3 — регулятор громкости звука; 4 — отверстие для аварийного открытия лотка при отсутствии питания или неисправности дисковода; 5 — индикатор доступа; 6 — кнопка открытия лотка

Гнездовой выходной разъем и регулятор громкости выведены на лицевую панель дисковода для индивидуального прослушивания звуковых дисков с использованием наушников.

В ноутбуках можно встретить приводы с щелевой загрузкой дисков, которые имеют некоторые преимущества по сравнению с лотковыми: отсутствуют выдвижные механические детали, лучше защита от физических повреждений. Их применение ограничено из-за невозможности использования 80-миллиметровых дисков и из-за повышенного уровня шума. Очень редко в ноутбуках оригинальной конструкции применяют дисководы с вертикальной загрузкой (доступ к установочному месту диска осуществляется поднятием верхней крышки привода).

В случае повреждения дисковода DVD-диск может быть извлечен вручную: проволокой (например, скрепкой) следует надавить на отверстие дисковода и панель откроется (рис. 4.17).

Скорость передачи данных оптических дисководов определяется скоростью вращения диска и объемом хранящихся данных.

Скорость передачи данных связана со скоростью вращения диска коэффициентом кратности $N\times$. Коэффициент кратности в марке дисковода указывает, во сколько раз скорость передачи данных превышает нормированную ($1\times$) скорость, равную 150 Кбайт/с для CD-ROM и около 1,4 Мбайт/с для DVD-ROM. В современных оптических накопителях коэффициент $N\times$ имеет четное значение и достигает $52\times$ ($52\times$).

Первоначально в дисководах использовали постоянную скорость считывания и записи данных по всей длине дорожки. Чтобы поддерживать постоянную скорость считывания, данные на CD-диски записывались по *технологии CLV* (Constant Linear Velocity —



Рис. 4.17. Открытие дисководов при нештатных ситуациях:

1 — лоток дисковода; 2 — отверстие; 3 — проволока; 4 — кнопка открытия лотка

постоянная линейная скорость). Это требовало изменения скорости вращения диска по определенному закону при перемещении луча лазера по виткам дорожки — при считывании информации с внутренних дорожек диск должен вращаться быстрее, а при считывании с внешних — медленнее.

Для увеличения скорости считывания данных используется *технология CAV* (Constant Angular Velocity — постоянная угловой скорости). В этом случае дорожка считывается лазером со скоростью, меняющейся в зависимости от места расположения витков на диске. Поскольку диск вращается с постоянной скоростью, дорожка на краю диска считывается быстрее, чем в центре.

Для повышения эффективности в современных многоскоростных перезаписывающих дисководах эти технологии совмещают: при записи диска накопители работают в режиме CLV, а при считывании данных — в режиме CAV.

Время доступа к данным для оптических накопителей определяется так же, как и для жестких дисков. Оно равняется задержке между получением команды и моментом считывания первого бита данных и составляет для 52-скоростного дисковода не более 70 мс.

На многих дисководах CD/DVD имеется кэш-память, емкость которой превышает 8 Мбайт, что позволяет обеспечивать постоянную скорость обмена и плавное выполнение записи. В настоящее время практически во всех компьютерах устанавливается контроллер с прямым доступом в ОЗУ, уменьшающий загрузку процессора.

Поскольку программные файлы и файлы с данными должны содержать достоверную информацию, а оптические диски слабо защищены от повреждений, в накопителях используются сложные алгоритмы обнаружения и коррекции ошибок. Поэтому довольно значительную часть всего объема оптического диска (не менее 10 %)

занимает дополнительная информация, позволяющая обнаруживать и исправлять неправильно считываемые данные.

Современные методы кодирования позволяют восстанавливать поврежденные последовательности данных.

Запись на оптические диски R/RW начинается от их центрального отверстия лазером, работающим в режиме повышенной мощности. Технология перезаписываемых дисков RW позволяет не только записывать, но и стирать информацию.

Дисководы поддерживают односессионный (однократный) и многосессионный (многократный) режимы записи.

Сессия фиксирует процесс одной записи и представляет собой нулевую зону, за которой следует одна или несколько информационных областей, завершенных конечной зоной — окончанием записи. Конечная зона является маркером, отмечающим конец информационной области диска или завершение сеансов многократной записи на диске.

Диски, записанные в течение нескольких сеансов, включают в себя несколько нулевых дорожек, которыми начинается каждый сеанс записи.

Многосессионный диск содержит несколько сессий (автономных записей) со своими нулевыми зонами, областями данных и окончаниями записи. Наличие нулевой и конечной зон является обязательным для каждой сессии, так как служит для ее распознавания. Информация в нулевой зоне определяет, является ли этот диск многосессионным, и указывает адрес следующей сессии диска. Сессионные записи отделяются друг от друга временными интервалами.

При выполнении многократной записи каждая сессия записывается отдельными сеансами с включением и выключением лазера, после чего диск закрывается, что означает невозможность записи новых сессий. При необходимости записи дополнительных сессий диск не закрывают, поэтому при наличии свободной емкости на дорожке обеспечивается возможность добавления (в последующем) новых данных.

При *односессионной записи* нулевая зона, область данных и конечная зона диска записываются в течение одной операции без отключения лазера, после которой даже при наличии свободного места добавить на него информацию становится невозможно, так как нулевая зона не содержит в себе адреса следующей сессии.

При помощи дисковода DVD±RW можно производить считывание дисков CD/DVD почти всех типов. Возможна также запись данных на оптические диски CD-R, CD-RW, DVD+R, DVD+RW, DVD-R и DVD-RW.

С помощью мультимедийного дисководов DVD с поддержкой дисков со сдвоенным слоем (Double-Layer) можно считывать информацию практически со всех оптических дисков.

Оптические дисководы монтируются в ПЭВМ во внешние отсеки, с системной платой соединяются интерфейсом IDE (как накопители на жестких дисках), но имеют дополнительные разъемы для подключения цифрового и аналогового звукового выхода к системной плате.

4.2.8. Блоки питания

Источником тока для электрических сетей стационарной энергосистемы являются трехфазные генераторы переменного тока, установленные на электростанциях (рис. 4.18).

Каждая из обмоток генератора формирует линейное напряжение. Три из этих проводов называются линейными, или фазными, а четвертый — нейтральным проводом, или просто — нейтралью. Обмотки симметрично расположены по окружности электрического генератора, поэтому линейные напряжения сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120° . Номинальное действующее значение линейного напряжения в России равно 380 В. Напряжение между нейтралью и любым из линейных проводов называется фазным и составляет 220 В.

Маломощные потребители (персональные компьютеры, офисная техника, бытовые приборы и т.д.) рассчитаны на однофазную электрическую бытовую сеть. Они подключаются к сети двумя про-

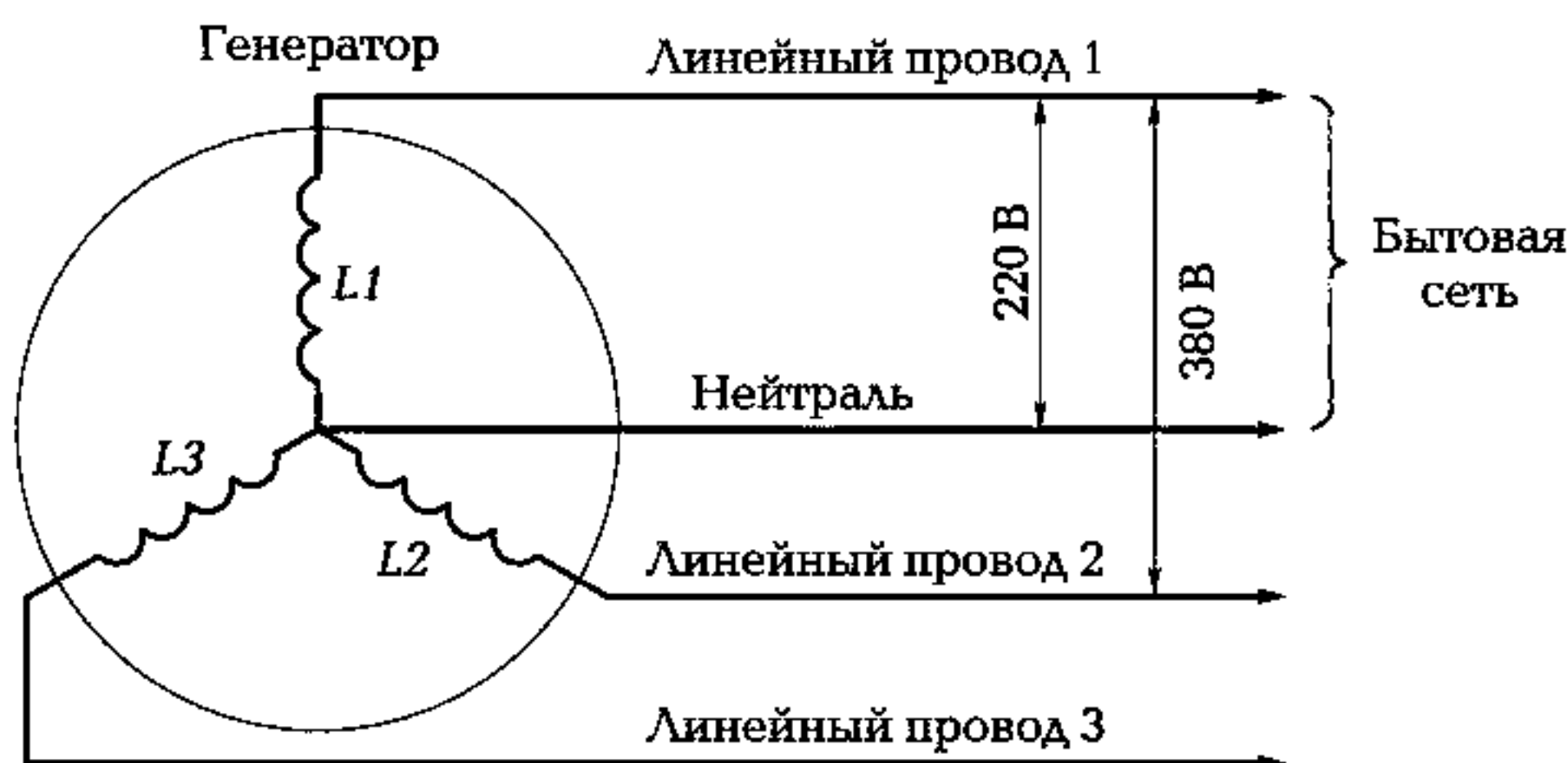


Рис. 4.18. Трехфазная система переменного тока:
 $L1$, $L2$, $L3$ — обмотки трехфазного генератора

водами: линейным и нейтральным, стандартное напряжение между которыми равно 220 В.

Переменный электрический ток характеризуется номинальной частотой. Частота переменного тока задается скоростью вращения генераторов и составляет в России 50 Гц.

В нашей стране качественные показатели электрических сетей регламентируются положениями действующего ГОСТ 13109—97. Нормативы этого документа полностью соответствуют международным стандартам в части уровней электромагнитной совместимости в системах электроснабжения и методов измерения электромагнитных помех.

Этим стандартом установлены значения показателей в точках подключения потребителей электроэнергии — непосредственно в розетке.

Наиболее важными показателями качества электроэнергии являются отклонение напряжения от номинального значения, коэффициент несинусоидальности напряжения, отклонение частоты от 50 Гц.

Согласно стандарту в течение не менее 95 % времени каждых суток фазное напряжение должно находиться в диапазоне 209... 231 В, частота — в пределах 49,8... 50,2 Гц, а коэффициент несинусоидальности не должен превышать 5 %.

В остальное время напряжение может составлять 198... 242 В, частота — 49,6... 50,4 Гц, а коэффициент несинусоидальности должен быть не более 10 %.

Когда показатели качества электроэнергии выходят за установленные стандартом требования, возникает аварийная ситуация.

Электрооборудование, изготавливаемое в России, рассчитано на российскую электрическую сеть и обязано сохранять работоспособность при напряжении 198... 242 В.

В России действует ГОСТ Р 50628—93, определяющий требования к персональным компьютерам по устойчивости к электромагнитным помехам. Этому стандарту должны соответствовать все компьютеры, производимые в нашей стране или импортируемые в Россию. К электромагнитным помехам относятся электростатические разряды, радиочастотные электромагнитные поля, наносекундные импульсные помехи, микросекундные импульсы большой энергии, провалы и прерывания напряжения в сети.

Для предотвращения поражения пользователей электрическим током в системе питания ПЭВМ применяется защитное заземление.

Защитное заземление — это соединение с «землей» металлических частей ПЭВМ (обычно корпуса системного блока). Так как со-

противление заземления не должно превышать 4 Ом, при повреждении электрической изоляции (пробое на корпус) напряжение на заземленных частях оборудования будет для пользователя безопасным. Для локальных компьютерных сетей требования значительно жестче — сопротивление заземления должно составлять 0,5... 1,0 Ом.

Заземление служит не только для защиты человека от поражения током, но и для уменьшения помех, возникающих при работе различного высокочастотного оборудования. Правильное подключение заземления позволяет уменьшить электромагнитное излучение высокой частоты, выброс помех в электрическую сеть, влияние внешних помех на аппаратуру и тем самым обеспечить нормальную работу аппаратуры в составе сети.

Для устройства заземления в грунте размещают металлические предметы с большой контактной поверхностью и надежно (сваркой) соединяют их с шиной заземления в здании.

В России для электропитания жилых и офисных помещений, как правило, используются сети с глухозаземленной нейтралью (заземлена средняя точка генератора), поэтому в технической литературе вместо термина «заземление» используется термин «защитное зануление».

Для подключения персональных компьютеров применяется розетка с тремя контактами: один из контактов в этой розетке соединен с линейным проводом трехфазной цепи, другой — с нейтралью, а к третьему (среднему) подводится заземление. Обычно эту розетку называют компьютерной, европейской или евророзеткой. Некоторые сетевые вилки имеют съемный контакт (штырь) заземления для обеспечения возможности подключения ПЭВМ в обычную розетку.

Розетки и соответствующие ей вилки рассчитаны на напряжение до 250 В и ток до 10 А (иногда до 16 А) и применяются для подключения ПЭВМ и офисного оборудования с различной мощностью потребления. В параметрах электронного оборудования ПЭВМ может указываться полная или активная мощность.

Полная (суммарная) мощность, потребляемая нагрузкой, определяется с учетом активной и реактивной составляющих, а также отклонением формы тока и напряжения от гармонического колебания, которое может быть графически представлено в виде синусоиды. Единица измерения — В · А (вольт-ампер).

Активная мощность — это средняя (полезная) мощность, отбираемая нагрузкой из электросети и преобразуемая в энергию любого иного вида (механическую, тепловую, электрическую, электромагнитную и др.). Единица измерения — Вт (ватт).

Чаще всего мощность ПЭВМ или периферийного устройства указывается в технической документации в вольт-амперах. Если мощность приводится в ваттах, то полная мощность будет на 20... 40 % больше активной.

Развитие блоков питания (БП) ПЭВМ тесно связано с изменением формфактора материнских плат (переход на стандарт ATX вместо AT) и соответствующим изменением конструкции системных блоков.

В стандарте AT на системную плату подается только 5 В, а 3,3 В получается преобразователем напряжения на этой плате. В ATX напряжение 3,3 В вырабатывается самим блоком питания, так что необходимость в преобразователе на плате отпадает.

В БП стандарта AT имелся внешний разъем для питания монитора, а управление включением-отключением ПЭВМ производилось только механической коммутацией внешней сети 220/110 В.

В блоках формата ATX введена возможность программного отключения питания ПЭВМ сигналом управления с материнской платы, на которую постоянно подается «дежурное» напряжение при подключенном к сети блоке питания.

Блоки питания ПЭВМ выпускаются в унифицированных металлических корпусах, которые служат для механической защиты элементов схемы и электромагнитной экранировки от высокочастотных помех. Электронные компоненты располагаются на одной печатной плате. На задней боковой стенке закреплены вентилятор, переключатель номинала сетевого напряжения и сетевая вилка типа IEC320 с тремя ножевыми контактами.

В системном блоке БП крепится к задней стенке корпуса и располагается горизонтально над материнской платой, что обеспечивает доступ к материнской плате и ее разъемам, а также хорошее охлаждение и отсутствие ограничений на высоту конструкции процессор — кулер.

Для полного отключения от сети большинство блоков питания имеют выключатель на задней панели (рис. 4.19). В блоках питания с автоматическим определением напряжения питающей сети переключатель 220/110 В не устанавливается. В целях защиты пользователя от поражения электрическим током при пробое сети на корпус БП подключается по трехпроводной схеме: два провода питания и провод заземления.

Вентилятор, установленный в блоке питания, выполняет двойную функцию: охлаждает компоненты БП и одновременно осуществляет принудительную вытяжную вентиляцию корпуса, т.е. удаляет нагретый различными узлами воздух из системного блока и

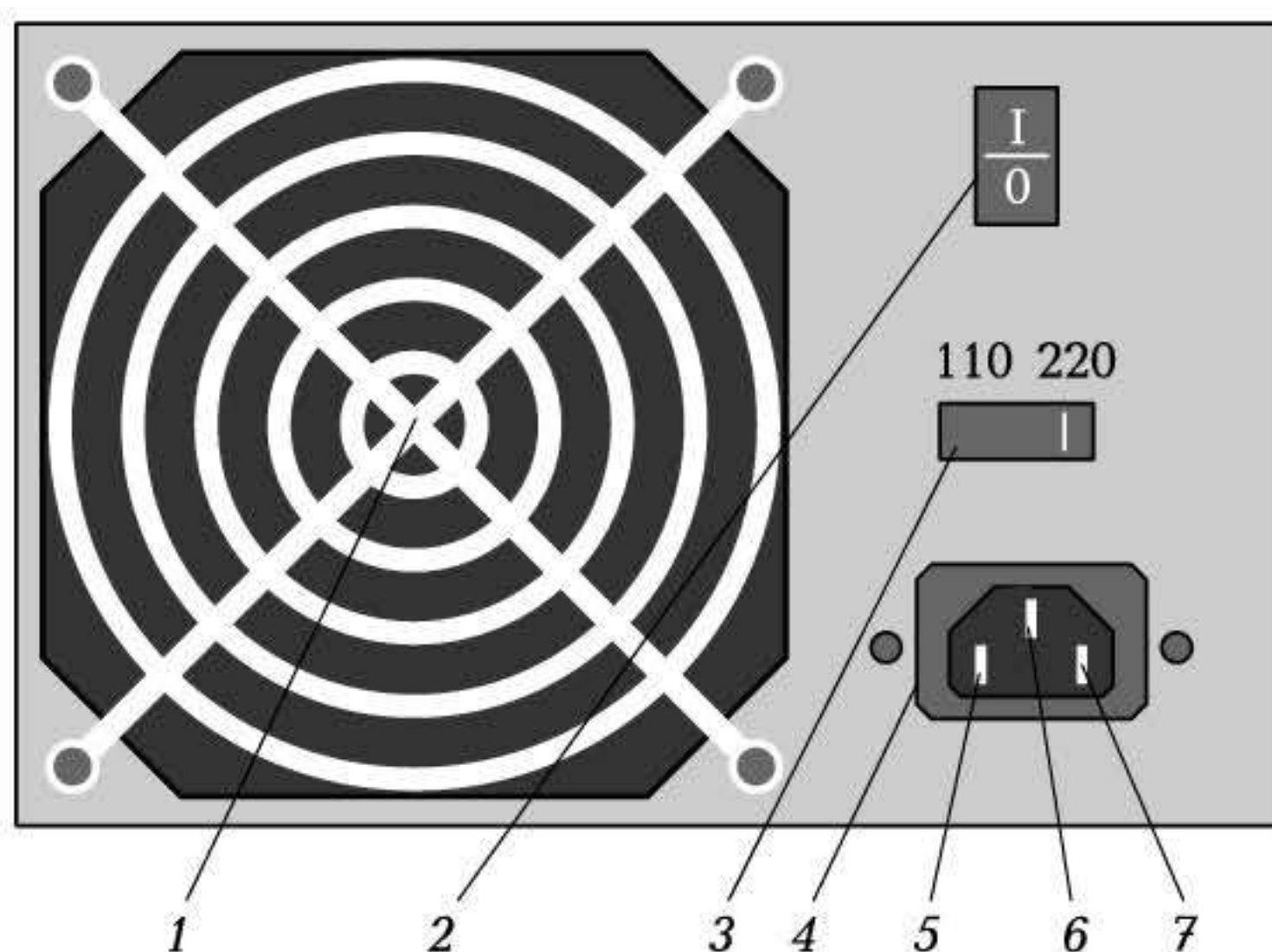


Рис. 4.19. Задняя панель блока питания настольной ПЭВМ:

1 — защитная решетка вентилятора; 2 — выключатель питания системного блока; 3 — переключатель напряжения сети (110/220 В); 4 — сетевой разъем; 5, 7 — сеть; 6 — корпус (заземление)

фактически является одним из корпусных вентиляторов, иногда единственным.

От скорости вращения вентилятора зависит реализация нормального теплообмена в корпусе компьютера. Для понижения шума при работе вентилятора используется автоматическое регулирование его скорости. С этой целью блоки питания оснащаются схемой терморегулирования: скорость вращения охлаждающего вентилятора приводится в зависимость от температуры внутри его корпуса — на максимальную скорость вентилятор переключается при температуре, превышающей 40 °С.

Как правило, БП дополнительно оснащаются системой термозащиты, которая отключает электропитание ПЭВМ при достижении критической температуры на мощных элементах.

Любой БП, предназначенный для работы в компьютере, имеет схемы внутреннего контроля, которые непрерывно тестируют все номиналы выходного постоянного напряжения. Если напряжения находятся в допуске, то блок питания выдает на системную плату сигнал исправности.

Номенклатура входных, выходных напряжений и их максимальные токи указываются на наклейке к блоку питания. Для стандартных БП мощностью 300 Вт эти значения составляют: +3,3 В — 18 А; +5 В — 12 А; +12 В — 21 А; мощностью 400 Вт: +3,3 В — 20 А; +5 В — 14 А; +12 В — 27 А.

Основные параметры БП:

- КПД — 65...90 % при полной нагрузке на всех выходах;
- диапазон изменения тока нагрузки — 10...100 %;
- широкий диапазон рабочего входного напряжения — 180...265 В для сети 220 В; 90...135 В для сети 110 В;
- допустимый разброс частоты сети — 48...63 Гц.

В блоках питания формата АТХ изменен разъем подключения к системной плате: он имеет 20 контактов с напряжениями +3,3, ± 5 , ± 12 В и введен сигнал включения-выключения питания ПЭВМ. Разъем питания системной платы имеет конструкцию, исключающую возможность неправильного подключения. Фиксация разъема в соответствующем гнезде материнской платы обеспечивается с помощью пластмассовых защелок. Кроме того, в БП имеется дополнительный 4-контактный разъем (АТХ12V) для подачи на материнскую плату +12 В (не менее 8 А), напряжение которого после преобразования используется для питания процессора.

Структурная схема типового блока питания для стандарта АТХ изображена на рис. 4.20.

Для нейтрализации помех на входе БП установлен сетевой фильтр, через который на двухполюсный выключатель SA1 и предохранитель F1 на вход сетевого выпрямителя подается однофазное напряжение сети. Переключатель SA2 обеспечивает коммутацию питания ПЭВМ от сети с напряжением 110 В. На выходе выпрямителя формируется постоянное напряжение в пределах 260...340 В. Сетевой выпрямитель питает преобразователь-стабилизатор 5 В, который, в свою очередь, обеспечивает напряжением узел управления и выдает дежурное питание на системную плату. Узел управления служит для плавного включения и аварийного отключения питания ПЭВМ.

После нажатия на системном блоке кнопки SB1 (POWER — питание) узел управления запускает высокочастотный преобразователь (усилитель мощности), в котором используется принцип широтно-импульсной модуляции с постоянной частотой около 40...60 кГц, поэтому его выходное напряжение имеет форму прямоугольных импульсов переменной скважности, т.е. с изменяемым отношением длительности импульса к их периоду следования (рис. 4.21).

Изменение длительности импульсов преобразователя регулирует поступление энергии на выпрямитель. При отклонении выходных напряжений от номинала по сигналам обратной связи с выпрямителя-стабилизатора узел управления меняет уровень модулирующего воздействия на преобразователь, который обеспечивает стабилизацию выходного напряжения блока питания, изменяя

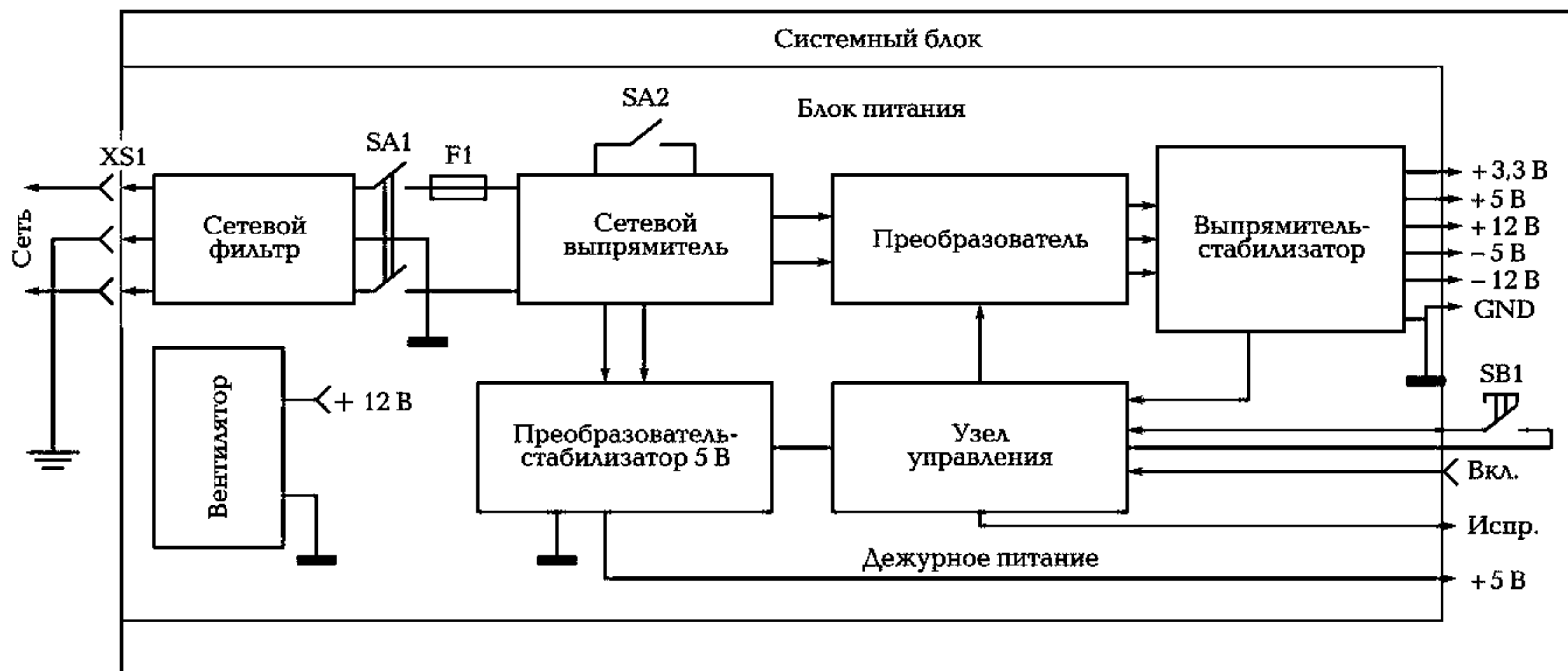


Рис. 4.20. Структурная схема типового блока питания:

XS1 — сетевой разъем блока питания; SA1 — сетевой выключатель; SA2 — переключатель напряжения сети 110/220 В; SB1 — кнопка включения питания ПЭВМ; GND — корпус; Вкл. — программное включение-выключение питания; Испр. — сигнал исправности БП

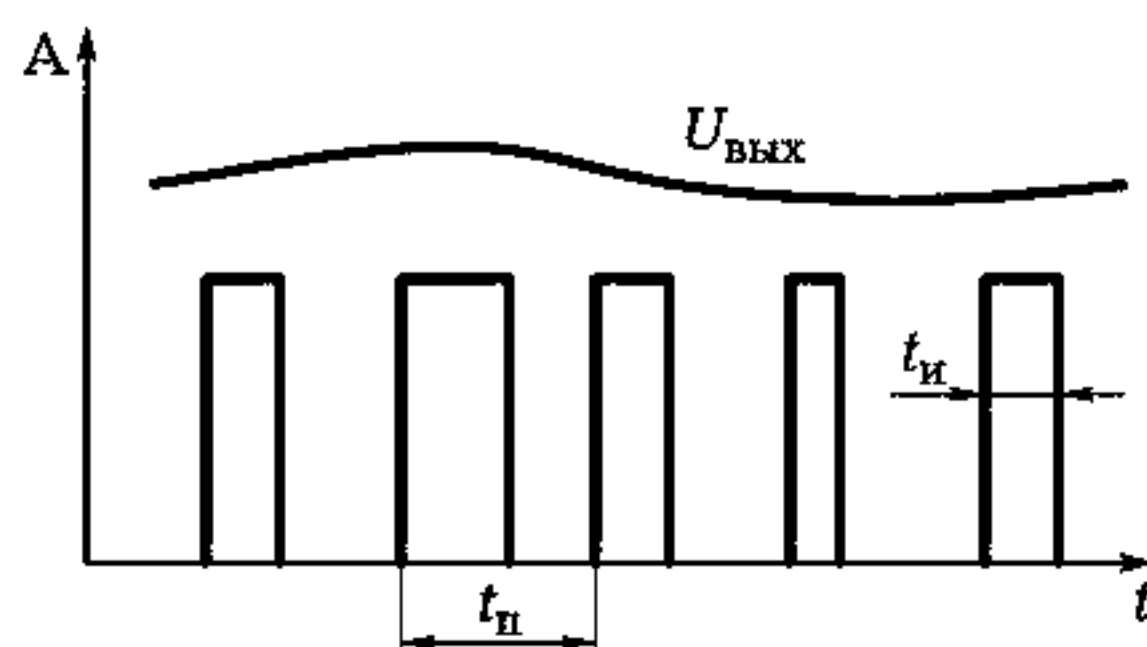


Рис. 4.21. Зависимость среднего значения выходного напряжения от скважности импульсов при широтно-импульсной модуляции:

A — амплитуда сигнала; t — время; t_n — период следования импульсов; $t_{и}$ — длительность импульса; $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение

длительность генерируемых импульсов (ширина импульсов пропорциональна напряжению на нагрузке).

Из импульсных напряжений разных номиналов, поступающих в выпрямитель-стабилизатор, формируются постоянные стабильные напряжения ($U_{\text{вых}}$) $+3,3$; ± 5 ; ± 12 В для питания системной платы. Если напряжения находятся в допуске, то схема контроля узла управления выдает сигнал исправности (Испр.), от которого светится светодиод на лицевой панели системного блока. В противном случае фиксируется аварийная ситуация и блок питания отключается от нагрузки. БП отключается от сети и при перегорании предохранителя F1. Для программного отключения ПЭВМ (переход в ждущий режим или спящий) используется сигнал, поступающий с системной платы по цепи «Вкл».

В современных ПЭВМ имеется ряд возможностей настроить отдельные параметры схемы управления питанием: автоматическое программируемое (по установленному времени) отключение монитора и жестких дисков для экономии электроэнергии, перевод компьютера при его простое в ждущий или спящий режимы (возможно и в ручную с клавиатуры).

Для управления используется расширенный интерфейс управления питанием и конфигурациями ACPI (Advanced Configuration and Power Interface). ACPI позволяет операционной системе непосредственно управлять питанием переносных и настольных компьютеров, серверов и периферийных устройств.

В ждущем режиме компьютер переключается в состояние с низким потреблением электроэнергии, в котором отключаются такие устройства, как жесткие диски и монитор. Возврат в рабочее состояние осуществляется после нажатия на клавиатуре любой

кнопки или движения мышки. Поскольку в ждущем режиме не сохраняется состояние рабочего стола на жестком диске (вся информация хранится в ОЗУ), сбой питания компьютера, находящегося в ждущем режиме, может вызвать потерю несохраненных данных.

В *спящий режим* компьютер переводится, если он не используется длительное время или оставляется включенным на ночь. В спящем режиме все содержимое памяти сохраняется на жестком диске, отключаются монитор и жесткие диски и компьютер выключается. При перезапуске компьютера состояние рабочего стола полностью восстанавливается. Выход из спящего режима занимает больше времени, чем выход из ждущего режима.

Служба управления питанием операционной системы позволяет ПЭВМ управлять работой источников бесперебойного питания (ИБП). Набор доступных параметров зависит от установленной модели ИБП.

В современных ПЭВМ в основном используются напряжения 3,3; 5 и 12 В, а питание процессора, микросхем системной логики, ОЗУ и 1,5-вольтовых видеокарт осуществляет материнская плата встроенными преобразователями. Поэтому в блоках питания ПЭВМ целесообразно постепенно переходить к новым стандартам, ограничивающим номенклатуру напряжений.

4.2.9. Обеспечение температурного режима

Время безотказной работы ПЭВМ зависит не только от использования качественных комплектующих элементов, технологии изготовления и уровня (культуры) производства составных частей компьютера, но и от обеспечения требуемых климатических и механических условий эксплуатации.

На надежное функционирование компьютера в значительной степени оказывает влияние рабочий температурный режим элементной базы, зависящий от выделяемой (рассеиваемой) мощности микросхем, температуры внешней (окружающей) среды и внутренней температуры системного блока.

Постоянный рост производительности и функциональной сложности ПЭВМ приводит к значительному увеличению потребляемой мощности, из которой более 40 % выделяется в теплоту.

Особая проблема — обеспечение оптимальной рабочей температуры центральных процессоров. Современные процессоры, выделяя большую тепловую мощность, сильно разогреваются при ра-

боте и практически не могут применяться без специальных средств воздушного принудительного охлаждения.

Суммарная тепловая мощность, выделяемая в корпусе современной ПЭВМ, превышает 200 Вт и также не может быть рассеяна естественным путем, который составляет около 5 % от общего тепловыделения.

Для обеспечения оптимальной температуры в ПЭВМ используется комбинированный подход — локальный отвод теплоты от процессора и других элементов с большим потреблением и уменьшение температуры внутри корпуса за счет принудительной вентиляции, основанной на разности температур внешней среды и системного блока.

Для локального отвода теплоты от СБИС и мощных транзисторов устройств электропитания используются пассивные объемные устройства с большой площадью поверхности — *радиаторы* (рис. 4.22).

Благодаря своей ребристой поверхности радиатор в достаточной мере увеличивает площадь теплового контакта кристалла мощного элемента с окружающей средой, значительно увеличивает интенсивность естественного и принудительного теплообмена и способствует снижению рабочей температуры. Применение ребристой поверхности позволяет увеличить полезную площадь радиатора с сохранением его компактного объема.

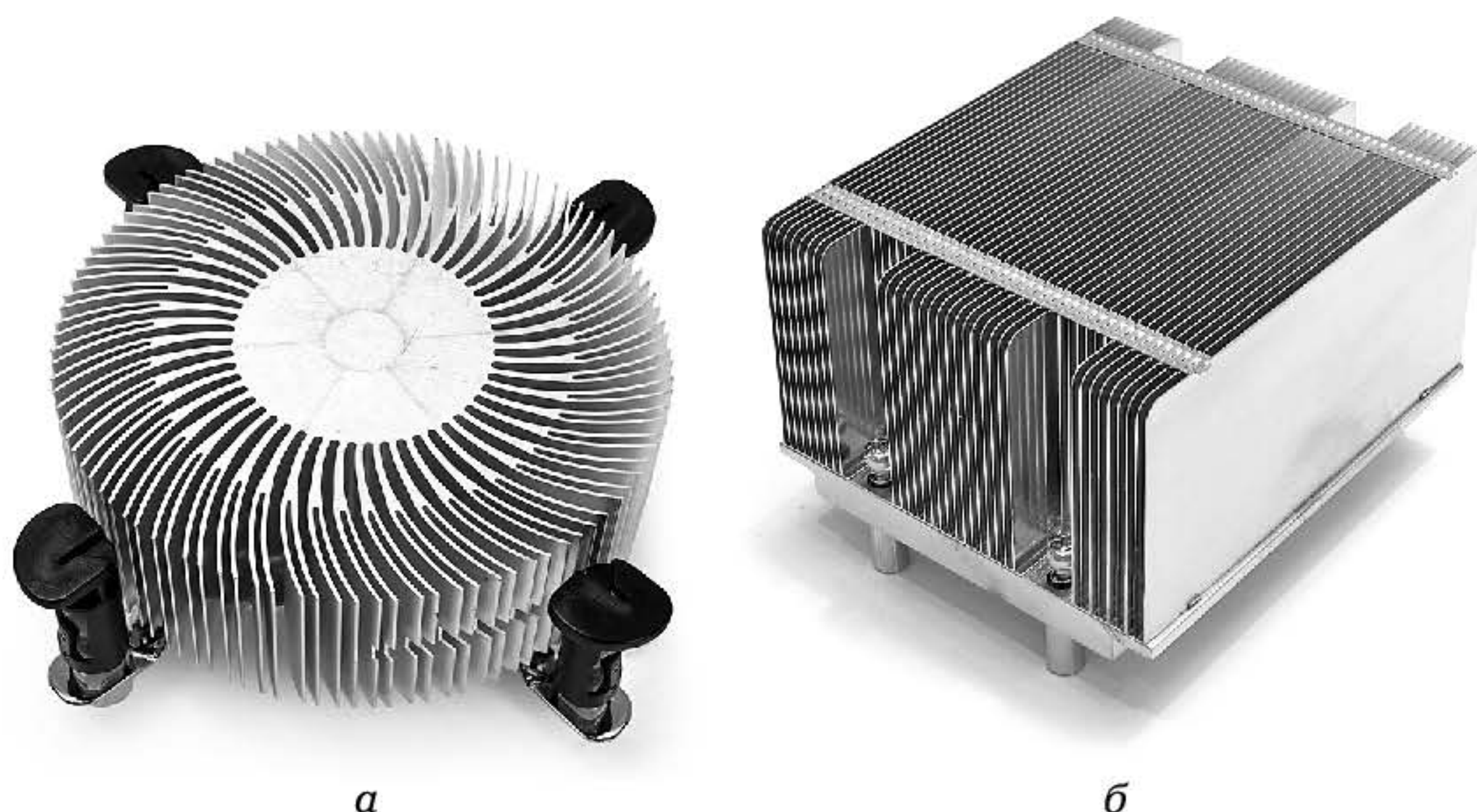


Рис. 4.22. Конструктивное оформление радиаторов, изготовленных из алюминия (а) и на основе тонкой медной ленты (б)

Тепловая эффективность радиатора во многом зависит не только от площади поверхности, но и от его конструктивных особенностей, технологии изготовления и обеспечения хорошего термического контакта между радиатором и корпусом элемента. Поэтому основание (подошву) радиатора тщательно шлифуют (до очень ровной и гладкой поверхности), а для уменьшения теплового сопротивления ее контакта с корпусом микросхем дополнительно используют термопасты с повышенной теплопроводностью на серебряной основе. Иногда применяют полимерную прокладку, которая при нагревании становится мягкой, заполняя весь зазор между корпусом процессора и подошвой радиатора.

Наиболее широкое распространение получили радиаторы из алюминия со сложными профилями ребристой поверхности (в форме прямоугольных ребер и стержней произвольного сечения). Для улучшения теплопроводности в состав алюминиевого радиатора дополнительно включают медное основание, которое равномерно распределяет теплоту по всей высоте алюминиевых ребер.

Находят применение радиаторы, которые изготавливают на основе тонкой медной ленты. Лента сворачивается в «гармошку» требуемой площади и закрепляется на базовой пластине (основании) радиатора пайкой. Часто в радиаторах вместо ленты используют тонкие медные пластины, закрепленные на основании радиатора пайкой или сваркой. Такие радиаторы имеют компактные размеры и хорошую тепловую эффективность.

Однако в условиях естественной конвекции воздуха тепловой эффективности радиаторов недостаточно для поддержания приемлемой рабочей температуры процессора, поэтому каждый процессорный радиатор оборудуется вентилятором для принудительного обдува его межреберного пространства. Такое сочетание радиатора с вентилятором получило название «кулер» (рис. 4.23).

Кулер делают разборным — на радиатор сверху устанавливается рамка крепления с вентилятором, которая прижимает радиатор к процессору, зацепляясь за стойки на материнской плате.

Кулер поддерживает рабочую температуру процессора в пределах технических требований и обеспечивает его правильное и надежное функционирование только в условиях непревышения критического значения температуры внутри корпуса ПЭВМ.

В большинстве случаев вентиляторы кулеров подключаются к материнской плате, но бывают исключения, когда из-за большого потребления они непосредственно запитываются от блока питания.

Предельной для процессора и других компонентов системы (особенно жестких дисков и видеокарт) считается внутрикорпусная

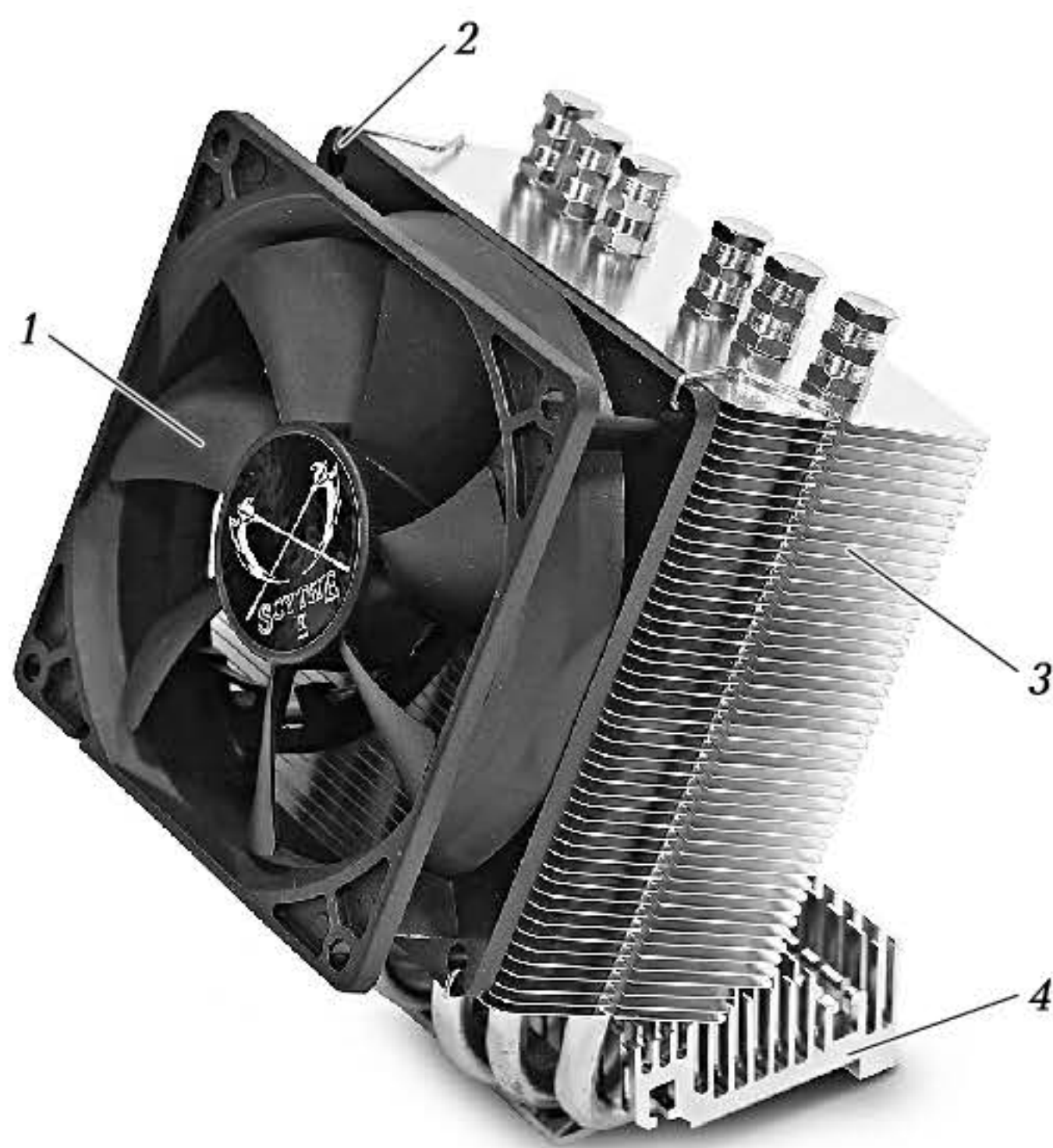


Рис. 4.23. Конструкция кулера:

1 — вентилятор; 2 — рама крепления вентилятора к радиатору; 3 — радиатор; 4 — основание радиатора

температура свыше 55°C , при которой локальных средств отвода теплоты от СБИС может стать недостаточно.

Для отвода избыточной внутренней теплоты применяется корпусная принудительная система воздушного охлаждения, которая работает на разности температур внутри и вне корпуса.

Система воздушного охлаждения должна иметь достаточную тепловую эффективность, необходимые технические параметры и надежность вентиляторов, наличие схем температурного контроля, тахометра для измерения скорости вращения вентилятора и сигнализации его останова, регуляторов электропитания и минимальный уровень шума. Так как производительности одного вентилятора в блоке питания не всегда хватает для отвода тепловой мощности, в системных корпусах предусматривают специальные установочные места под вентиляторы в передней (внизу) и задней (вверху) стенках системного корпуса. Как правило, нижний вентилятор работает на всасывание воздуха, а верхний — только на выпуск).

В большинстве случаев дополнительный вентилятор на задней стенке системного блока является необходимым и достаточным условием для эффективного отвода теплоты и поддержания допустимой температуры внутри корпуса в пределах 35°C при температуре окружающей среды около 25°C .

Для современных высокопроизводительных компьютерных систем иногда на лицевой панели корпуса приходится устанавливать еще один вентилятор.

Для охлаждения в основном применяются осевые вентиляторы постоянного тока, формирующие воздушный поток в направлении, параллельном оси вращения лопастей крыльчатки.

Современные вентиляторы постоянного тока строятся на безколлекторных малогабаритных электродвигателях с фазовым управлением, создающим в статоре вращающееся магнитное поле. В качестве ротора используется кольцевой постоянный магнит, совмещенный с крыльчаткой, а статор представляет собой индуктор магнитного поля с четырехполюсными (шести- или восьмиполюсными) обмотками.

Наиболее распространенный вариант схемы управления вращением электродвигателя основывается на использовании преобразователя, значение электрического напряжения которого зависит от изменения магнитного поля — специального датчика, действие которого основано на эффекте Холла. Схема осуществляет синхронизированную последовательную подачу напряжения на обмотки двигателя, создавая вращающееся магнитное поле в статоре, которое приводит постоянный магнит, закрепленный на роторе, в движение.

Разъем вентилятора в основном содержит два провода питания 5 или 12 В, иногда вводят дополнительные выводы для тахометра и сигнала останова.

Крыльчатку и корпус в основном изготавливают из пластмассы, но бывают исключения, когда корпус вентилятора делают из алюминия. Для улучшения аэродинамических характеристик крыльчатки внутреннюю поверхность ее лопастей делают очень гладкой.

Вал ротора крепится в корпусе вентилятора подшипниками скольжения, качения (шариковые подшипники) или их комбинацией.

Подшипник скольжения представляет собой бронзовую втулку, стальной вал ротора вставляется в подшипник, который блокируется сальниками (резиновыми прокладками) для сохранения смазки.

Срок службы вентиляторов на подшипниках скольжения не превышает 10 000...15 000 ч, а на подшипниках качения достигает 40 000...50 000 ч.

Вентилятор подает воздух под давлением, поэтому его основной характеристикой считается производительность (расход) — объемная скорость воздушного потока, которая в технической документации указывается в кубических футах в минуту. Чем больше эта величина, тем более эффективна работа вентилятора.

Не менее важной характеристикой вентилятора является скорость вращения крыльчатки (в оборотах в минуту). Чем быстрее вращается крыльчатка, тем выше производительность вентилятора. Скорость вентиляторов, используемых в ПЭВМ, составляет 1 500... 7 000 об./мин.

Другим показательным конструктивным параметром является типоразмер вентилятора. Наиболее распространенные типоразмеры — 60 × 60, 70 × 70, 80 × 80 мм, реже применяются большие вентиляторы — 120 × 120 мм.

Основным недостатком большинства систем воздушного охлаждения можно считать повышенный уровень шума от работы вентиляторов. Уровень шума вентилятора в акустическом диапазоне измеряется в децибелах и может изменяться в диапазоне 20... 50 дБА. Считается, что к тихим относятся вентиляторы, уровень шума которых не превышает 30 дБА (для сравнения, фоновый уровень шума в жилом помещении в ночное время — 25 дБА). 80-миллиметровый вентилятор шумит в среднем в два раза сильнее, чем 120-миллиметровый. Кроме того, на шум вентиляторов влияют их крепление, скорость работы, конструкция и объем системного корпуса, количество вентиляционных отверстий и запыленность помещений. Свою долю в шум системы охлаждения вносят приводы оптических, гибких и жестких дисков.

Для снижения уровня шума вентиляторов используют автоматическое управление скоростью вращения крыльчатки в зависимости от текущего значения температуры кристалла процессора, внутри блока питания и системного корпуса. Температура измеряется термодатчиками (терморезисторы или термопары), размещаемыми в характерных (критичных) точках ПЭВМ.

Типовые материнские платы обычно обеспечивают измерение температуры для варьирования скорости вращения кулеров. В последнее время термодатчики и регулировку скорости вентилятора начинают использовать и в видеокартах. Частота вращения вентилятора кулера, его производительность и уровень шума зависят от загрузки процессора, тесно связанной с тепловыделением, и температуры воздуха в том месте, где установлен термодатчик. Датчики устанавливаются рядом с вентилятором кулера, в основании радиатора и на самом кристалле процессора.

При полной загрузке процессора на обмотки двигателя вентилятора подается максимальное напряжение питания, с понижением загрузки процессора оно пропорционально уменьшается, снижая число оборотов ротора, его производительность и уровень шума в 1,5—2 раза.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите составные части системного блока.
2. Какие органы управления размещают на лицевой панели?
3. Что представляет собой системная плата?
4. Перечислите основные устройства и разъемы, расположенные на системной плате.
5. Сравните модули ОЗУ: SIMM, DIMM и SO DIMM.
6. Какие меры принимаются для нейтрализации сбоев в модулях памяти?
7. Что такое видеокарта? Назовите ее основные узлы и параметры.
8. От чего зависят максимальное разрешение и количество воспроизводимых цветов конкретной видеосистемы?
9. Из каких основных частей состоят дисководы для гибких дисков?
10. Что представляет собой накопитель на жестких магнитных дисках?
11. Как оценивается и от чего зависит быстродействие накопителя?
12. Из чего состоят CD- и DVD-накопители?
13. На чем основаны запись и выделение информации с оптического диска?
14. Для чего служит заземление?
15. Опишите структурную схему блока питания.
16. Какие общие требования предъявляются к системе охлаждения ПЭВМ?
17. Какие технические средства применяются для обеспечения теплового режима процессорных СБИС?
18. С какой целью применяют термодатчики?

4.3. МОНИТОРЫ

4.3.1. Основные технические характеристики

Монитор (дисплей) — устройство ПЭВМ для визуального отображения на экране текстовой и графической информации. Принципы построения и конструкции мониторов основываются на особенностях человеческого зрения — сетчатка глаза состоит из фоторецепторов двух видов: одни различают цвета; другие цвета не различают, но обладают большей чувствительностью к свету. Человек не может различать цвет мелких деталей и не фиксирует очень бы-

стрые изменения объекта наблюдения, скорость которых превышает 24 кадра в секунду.

Первые дисплеи были монохромными. В настоящее время в ПЭВМ применяются только цветные мониторы, которые представлены двумя основными технологиями: электронно-лучевой и жидкокристаллической (рис. 4.24).

Мониторы оснащены блоком питания, разными средствами регулировки, цветовой коррекции изображения и управляются видеокартой. Все современные цветные мониторы обеспечивают качественную цветопередачу 65 тыс. разных оттенков (стандарт High Color) и 16,7 млн цветов (стандарт True Color).

Дисплеи характеризуются размерами экрана по диагонали (в дюймах), расстоянием между точками (шаг точки) изображения и размером точки.

В настоящее время из существующих стандартных типоразмеров в ПЭВМ используются в основном мониторы с диагональю 15, 17, 19, 20 и 21 дюймов.

Для построения изображения на экране используется матрица из цветных светящихся элементарных точек. В соответствии с цветовыми фоторецепторами глаза на каждый элемент изображения — точку — приходится три сгруппированных в мозаику цвета:



Рис. 4.24. Мониторы:

а — жидкокристаллический; б — электронно-лучевой

красный (R — Red), зеленый (G — Green) и синий (B — Blue). Любое текстовое или графическое изображение на экране монитора ПЭВМ формируется из множества таких дискретных точек, называемых пикселями (pixel — picture element), зерном или элементом изображения. Размер точки указывается в миллиметрах.

Пиксел — это независимая минимальная единица изображения, цвет и яркость которой задается своими параметрами. Количество точек по горизонтали и вертикали, используемое для создания изображения на экране, называется *разрешением*. Если разрешение равно $1\,280 \times 1\,024$ пикселей, то это означает, что изображение на экране состоит из 1 280 точек по горизонтали (горизонтальное разрешение) и 1 024 строк по вертикали (вертикальное разрешение). От их значения зависят качество и точность изображения.

Разрешающая способность монитора и четкость изображения определяются не только максимальным числом пикселей, которые воспроизводятся по горизонтали и вертикали экрана монитора, но и шагом пиксела, который составляет 0,21 ... 0,28 мм.

Стандартные значения разрешающей способности современных мониторов составляют целый ряд: 640×400 , 640×480 , 800×600 , 832×624 , $1\,024 \times 768$, $1\,152 \times 870$, $1\,280 \times 1\,024$, $1\,600 \times 1\,200$ пикселей и более. Каждое из этих значений может быть достигнуто только при строгом соотношении площади экрана и шага точки (например, для 17-дюймового монитора с шириной экрана 324 мм и шагом точки 0,25 мм оптимальное разрешение по горизонтали должно составлять 1 280 пикселей).

Для каждого размера диагонали производителем монитора определено рекомендованное разрешение, при котором выдается наиболее качественное изображение, но при установке слишком высокого разрешения работать пользователю не всегда удобно, так как графический интерфейс операционной системы может стать очень мелким. Трехцветные пиксели сгруппированы в горизонтальные строки. Набор строк по вертикали экрана представляет собой *кадр* изображения.

Показателями дисплея являются: *строчная частота* (горизонтальная развертка), измеряемая в килогерцах, — число строк, формируемое дисплеем за одну секунду; частота обновления кадров, или кадровая частота (вертикальная развертка), измеряемая в герцах.

Чем выше разрешение, тем больше нужно создать строк; частота обновления кадров замедляется. Чем выше частота кадров, тем устойчивее изображение. Мерцание экрана заметно при частоте смены кадров до 60 Гц, поэтому рекомендуемая частота составляет не менее 75 Гц.

Частота строк определяется произведением частоты вертикальной развертки на количество выводимых строк в одном кадре (разрешающая способность по вертикали).

Показ строк на экране в порядке сверху вниз называется *методом строчной развертки*, тогда как показ по очереди сначала нечетных строк, а потом четных называется *методом чересстрочной развертки*. В большинстве мониторов используется метод строчной развертки, что обеспечивает более четкое изображение. Практически все современные мониторы мультчастотные, т.е. обладают способностью настраиваться на произвольные значения частот строчной и кадровой разверток из некоторого разрешенного диапазона (например, 30 ... 100 кГц и 60 ... 180 Гц).

Полоса пропускания видеосигнала монитора измеряется в мегагерцах и определяет его возможности по поддержанию заданной частоты кадров на выбранном разрешении. Например, при вертикальной развертке 85 Гц и разрешении 640×480 полоса видеосигнала составит 37 МГц, а при разрешении $1\,280 \times 1\,024$ — 160 МГц. Таким образом, чем выше разрешающая способность или частота смены кадров, тем шире требуемая полоса пропускания монитора.

Мониторы оцениваются еще по яркости и контрастности; чем выше эти показатели, тем более ярким и реальным будет изображение.

В современные мониторы встраивается система автоматического управления электропитанием, называемая *экономайзером*. Система управления энергопотреблением монитора основана по стандарту Energy Star. Ее использование позволяет экономить до 60...80 % электроэнергии переключением монитора на режим пониженного потребления мощности, когда он бездействует в течение определенного времени, настраиваемого пользователем. В режиме энергосбережения происходит гашение экрана: при кратковременной паузе отключается горизонтальная развертка; при долговременной паузе выключается вертикальная развертка (в мониторах на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ) снижается температура катодов).

Кроме экономии энергии использование режимов энергосбережения позволяет снизить тепловое излучение от работающего монитора.

Для подключения к ПЭВМ дисплея в аналоговом режиме используется разъем D-sub, в цифровом — DVI. При применении цифрового интерфейса DVI изображение будет отображаться «пиксел в пиксел», т.е. мелкие шрифты и детали будут более четкими.

В целях защиты здоровья пользователей были разработаны рекомендации по параметрам безопасности мониторов, которые регламентируют максимально допустимые значения электрических и

магнитных полей, создаваемых дисплеем при работе. В различных странах есть собственные стандарты, но международными стали стандарты TCO и MPRII, разработанные в Швеции.

Рекомендации TCO определяют не только максимально допустимые значения различного типа излучений, но и минимально приемлемые параметры: разрешение экранов, интенсивность свечения люминофора, запас яркости, энергопотребление, уровень шума и др. Стандарты периодически обновляются; начиная со стандарта TCO'92, эти нормы еще более ужесточены и сохранены в стандартах TCO'95 и TCO'99.

Кроме того, для оценки соответствия стандарту в документах TCO указаны подробные методики тестирования мониторов. Основные измерения при тестировании по стандартам TCO проводятся перед экраном на расстоянии 30 см и на расстоянии 50 см вокруг монитора. По стандарту MPRII все измерения производятся вокруг монитора на расстоянии 50 см, поэтому требования TCO более жесткие, чем MPRII.

Мониторы на основе ЭЛТ излучают широкий спектр вредного электромагнитного излучения, поэтому необходимы специальные меры по защите пользователя.

Жидкокристаллические мониторы более адаптированы к пользователю: экран монитора не мерцает (хотя в нем также присутствует частота вертикальной развертки), он потребляет мало энергии и практически не излучает электромагнитного поля.

В последнее время появились и постоянно совершенствуются плазменные панели PDP (Plasma Display Panel). Экран PDP представляет собой множество колбочек, заполненных газом, находящемся в ионизированном состоянии, и покрытых флюоресцирующим веществом. При подаче напряжения газ переходит в состояние плазмы, его ионы воздействуют на флюоресцирующее вещество, вызывая его свечение.

Такая технология отличается высокой яркостью и контрастностью, а также малым временем отклика, но пока не нашла широкого применения в персональных ЭВМ.

4.3.2. Мониторы с электронно-лучевой трубкой

Подавляющее большинство настольных ПЭВМ раньше использовали мониторы на базе электронно-лучевых трубок, CRT-мониторы (Cathode Ray Tube — катодно-лучевая трубка).

В свое время ЭЛТ-технология была отработана многолетним производством кинескопов для бытовых телевизоров и до сих пор широко применялась в качестве экранов дисплеев. Как и телевизоры, мониторы сначала выпускали с выпуклыми, а затем с плоскими электронно-лучевыми трубками, которые передают более четкое изображение, к тому же без краевых искажений.

Принцип действия ЭЛТ заключается в том, что формируемый в герметичной стеклянной трубке электронной пушкой пучок электронов, ударяясь в экран, покрытый изнутри люминофором, вызывает его свечение (рис. 4.25).

Электронная пушка (электронный прожектор) служит для создания направленного потока электронов (электронного луча) требуемой формы и интенсивности. На пути пучка электронов, сформированного катодом, находятся дополнительные электроды: отклоняющая система, позволяющая менять направление луча в площади экрана; модулятор, регулирующий яркость получаемого изображения; устройство фокусировки.

В цветных мониторах для формирования изображения применяют отдельные пушки для каждого из трех основных цветов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue), а слой люминофора состоит из близко расположенных (группами по три, в сочетании Red, Green, Blue) мозаичных точек или полосок цветного люминофора — субпикселей. Для точного попадания в соответствующую точку или полоску электронный луч сужается до необходимых размеров. Это достигается установкой перед покрытием из люминофора

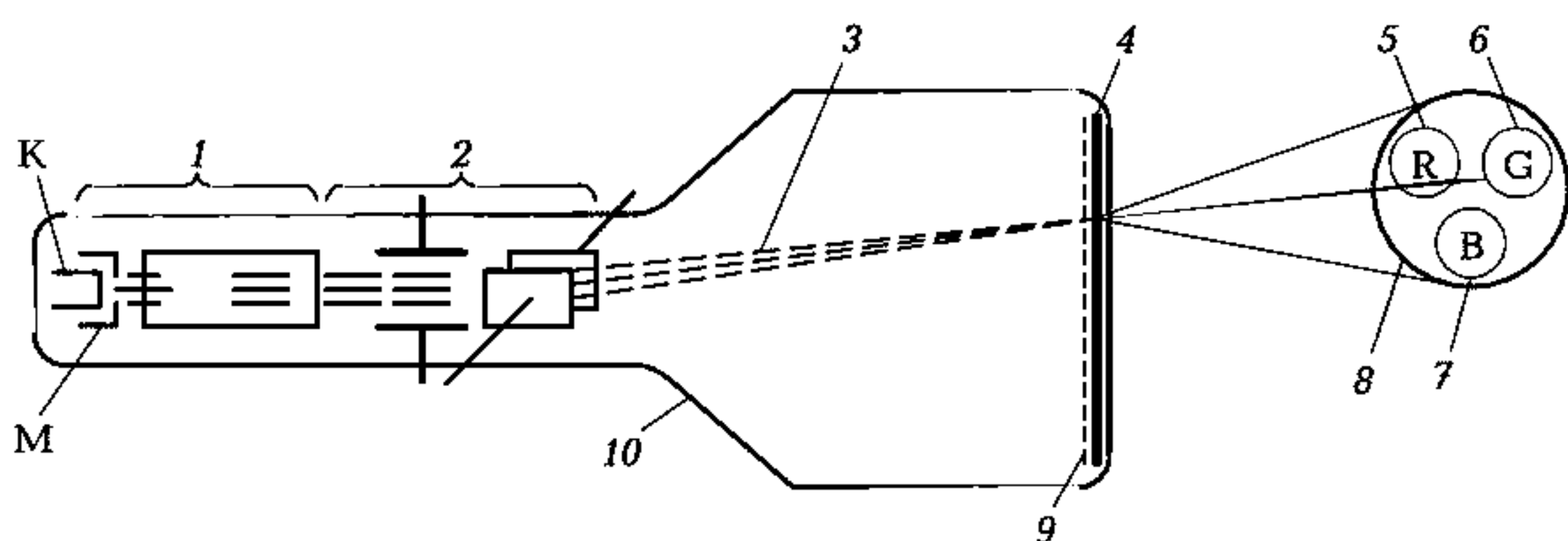


Рис. 4.25. Схема электронно-лучевой трубки с плоским экраном:

К — катод (источник электронов); М — управляющий электрод (модулятор); 1 — электронные прожектора, формирующие три электронных пучка; 2 — отклоняющие пластины; 3 — электронные пучки; 4 — люминоформный экран; 5, 6, 7 — субпиксели трех цветов (красный, зеленый, синий); 8 — пиксел (точка); 9 — маска; 10 — вакуумный баллон

маски, имеющей отверстия с размерами, близкими к размеру единичной точки или ширине полосы люминофора.

Интенсивность свечения каждой точки создает необходимую гамму цветовых оттенков. В качестве люминофоров для цветных ЭЛТ используют сложные составы на основе редкоземельных металлов.

Чтобы на люминофор (красный, зеленый или синий) попадал только луч от соответствующей пушки, между пушками и экраном установлена металлическая решетка — маска. Маска делается из стали с небольшим коэффициентом температурного расширения.

Рассмотрим технологии формирования изображения на экране ЭЛТ, различающиеся типами масок: трехточечную маску, щелевую маску и апертурную решетку (рис. 4.26).

Трехточечная (дельтовидная) теневая маска представляет собой перфорированный металлический лист, отверстия которого располагаются перед каждой точкой люминофора. Расстояние между группами соседних точек выбирается таким образом, чтобы маскировать все паразитные излучения. За счет этого обеспечивается попадание луча от каждой электронной пушки в нужную точку люминофора соответствующего цвета. ЭЛТ с такой маской хорошо отображают цвета, лучше воспроизводят текст, но имеют среднюю яркость и пониженную контрастность.

Щелевая маска образуется продольно прорезанными щелевыми отверстиями. Каждые три ряда таких щелей смещены по вертикали относительно друг друга, образуя решетку с расположением этих отверстий в шахматном порядке. Данная маска нашла широкое распространение при производстве качественных ЭЛТ.

Апертурная решетка создается вертикальными сверхтонкими проволочными нитями и сильно ограничивает площадь светового пучка (пиксела) на выходе. Соответственно и люминофор состоит из вертикальных чередующихся сверхтонких полосок трех основ-

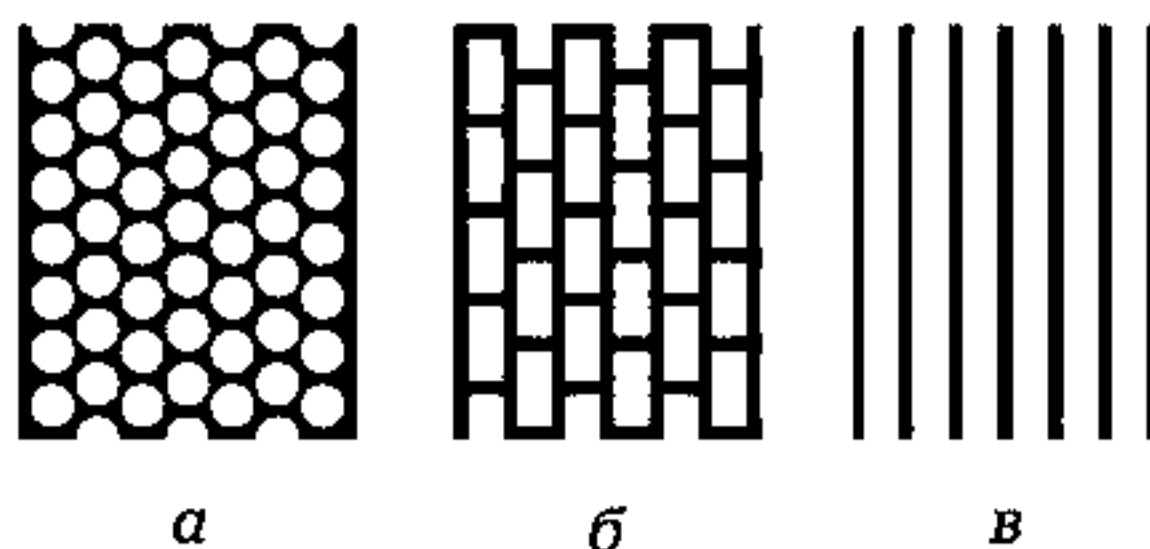


Рис. 4.26. Фрагменты типов масок:

а — трехточечная; б — щелевая; в — апертурная

ных цветов. Маска позволяет увеличить яркость изображения и в сочетании с более темным стеклом добиться лучшей контрастности. Одним из недостатков является не совсем точная цветопередача.

Четкость изображения на экране тем выше, чем меньше размеры точек (расстояния между ними) люминофора, поэтому в параметрах монитора указывают размер «зерна».

Для трехточечной теневой маски размер «зерна» определяется расстоянием (шагом) между двумя соседними точками (одного цвета) люминофора по диагонали.

Для апертурной решетки и щелевой маски размер «зерна» — это расстояние между полосками одного цвета (по горизонтали). Величина «зерна» влияет на контрастность изображения.

Из-за влияния внешних магнитных полей на экране монитора могут появляться цветные или темные пятна, которые часто возникают от намагничивания теневой маски. Для размагничивания маски электронно-лучевой трубки практически во всех современных мониторах предусмотрен специальный контур, по которому пропускается ток в момент включения питания.

Чтобы отобразить картинку на мониторе, электронная пушка с постоянным периодом перерисовывает изображение отдельного кадра построчно — слева направо от верхнего края к нижнему краю экрана. При этом электронный луч последовательно прочерчивает все горизонтальные строки с начала до конца кадра, а затем поднимается вверх экрана и изображает следующий кадр. В зависимости от интенсивности луча меняется яркость свечения пиксела. В связи с инерционностью зрения человек не замечает мельканий, поэтому мерцающие пиксели воспринимаются как постоянное изображение.

Предельная частота строк (горизонтальной развертки) является ограничивающим параметром ЭЛТ-мониторов из-за необходимости использования электромагнитных систем отклонения электронного луча, представляющих собой катушки с большой индуктивностью и являющихся источником основных помех в широком диапазоне частот. Мощность, потребляемая узлами строчной развертки, также является одним из серьезных факторов, ограничивающих ее частоту.

Устойчивость изображения в основном определяется кадровой частотой монитора. Чем выше частота регенерации, тем более устойчивым выглядит изображение на экране. Мерцание изображения приводит к утомлению глаз, головным болям и даже ухудшению зрения.

В настоящее время наиболее востребованы и широко используются 17- и 19-дюймовые мониторы с укороченной трубкой и соответственно меньшими габаритными размерами (рис. 4.27).

Уменьшение длины ЭЛТ достигается за счет увеличения угла отклонения лучей электронной пушки до $90 \dots 100^\circ$. Мониторы с трубками такого типа по глубине занимают столько же места, сколько и мониторы с обычной трубкой, но с меньшей площадью экрана (например, укороченный 19-дюймовый монитор по глубине аналогичен 17-дюймовому монитору с обычной трубкой). Этот «выигрыш» в несколько сантиметров в глубину влечет за собой применение более сложной системы фокусировки и сведения электронных лучей.

Реальная рабочая область у ЭЛТ-мониторов любых размеров и марок всегда меньше размера по диагонали. Например, для 17-дюймовых мониторов рабочая область экрана составляет примерно $15,9 \dots 16,0$ дюймов.

Мониторы на электронно-лучевых трубках имеют большие габаритные размеры, массу более 20 кг, потребляемую мощность более 120 Вт и сложную систему регулировок.

В современных мониторах применяется цифровое управление настройкой параметров изображения. Настройка параметров осуществляется специальными кнопками с лицевой панели. С помощью кнопок производятся установка горизонтального и вертикального размеров изображения, его сдвиг по экрану по вертикали и горизонтали, регулировка яркости и контраста, управление геоме-



Рис. 4.27. 17-дюймовый (а) и 19-дюймовый (б) мониторы с укороченной трубкой

трией изображения, а иногда и устранение комбинационных искажений регулировкой сведения луча, уровней усиления красного, зеленого, синего компонентов сигнала и т.д. Для облегчения настройки большинство моделей имеет экранное меню и программное управление.

Почти все мониторы выпускаются с хорошим экранирующим покрытием экрана, защищающим пользователя от всех видов фронтального излучения (электромагнитного, рентгеновского и статического), но с боков и с тыльной стороны монитора, где никакой защиты часто не устанавливается, может сформироваться значительный поток высокочастотного радиоизлучения от блоков разверток. Поэтому мониторы должны обязательно соответствовать какому-либо стандарту, ограничивающему уровни электромагнитного излучения до безопасных значений. Требования к мониторам по защите пользователей от побочных излучений устанавливаются стандартами ТСО как наиболее жесткими. Однако в реальных условиях эксплуатации монитора его электрические поля могут превышать значения, оговоренные стандартами.

Чтобы дополнительно обезопасить пользователя от электрической составляющей электромагнитного поля экрана, некоторые производители выпускали защитные фильтры.

Защитные фильтры представляли собой мелкую металлическую сетку с контактным проводом, соединяемым с корпусом ПЭВМ или устройством заземления. Они снижали уровень переменного электрического поля, обладали антибликовым свойством и улучшали контрастность (при снижении яркости).

При установке монитора на рабочее место, в первую очередь, необходимо учитывать наличие внешних магнитных полей. Даже небольшие настольные колонки, расположенные рядом с экраном, способны вызвать радужное изображение или вытянуть в сторону кадр. Другими источниками магнитных помех могут быть телевизор, музыкальный центр, стабилизатор напряжения или источник бесперебойного питания.

Правильное размещение монитора при длительной работе сильно влияет на комфорт и утомляемость пользователя, поэтому обращают внимание на эргономику — наличие у дисплея возможности регулировать наклон, поворот и высоту экрана.

Все современные мониторы имеют антибликовое покрытие экрана, которое представляет собой особую полимерную пленку, нанесенную на стекло. Эта пленка очень тонкая и легко повреждается при чистке поверхности экрана, поэтому для нее необходимо использовать только рекомендуемые средства.

В настоящее время ЭЛТ-мониторы практически не применяются, а на их смену в ПЭВМ пришли жидкокристаллические дисплеи.

4.3.3. Жидкокристаллические мониторы

Принцип работы жидкокристаллического монитора (ЖК-монитора), или LCD-монитора (Liquid Cristal Display — дисплей на жидких кристаллах), основан на оптическом свойстве некоторых прозрачных жидкостей изменять угол поворота плоскости поляризации света в связи с изменением ориентации их молекул под воздействием управляющего напряжения.

По своей природе жидкие кристаллы представляют собой вещества с переходным состоянием от жидкой субстанции к твердой (кристаллической), и наоборот. Благодаря этому эффекту они и нашли применение в индикаторных устройствах в качестве модуляторов света.

Первые упоминания о жидких кристаллах относятся к 1888 г., когда австрийский ботаник Ф. Райницер обнаружил их в ходе своих экспериментов. Немецкий физик О. Леманн исследовал их электромагнитные и оптические свойства и ввел термин «жидкий кристалл». Он показал, что под воздействием электрического поля такая жидкость кристаллизуется и меняет свои физические свойства: прозрачность, коэффициенты поляризации и преломления направленного на нее светового потока.

ЖК-экран состоит из двух стеклянных панелей (подложек), между которыми размещаются тонкие слои жидких кристаллов, располагаемых в специальных продольных канавках (рис. 4.28).

Канавки, заполненные жидкими кристаллами, размещаются на каждой панели параллельными рядами, но между панелями они перпендикулярны, т.е. образуют матрицу с ячейками. С помощью канавок молекулы жидких кристаллов сохраняют одинаковые значения плоскости поляризации светового потока по всей поверхности экрана.

Жидкокристаллические панели функционируют при наличии искусственной подсветки. В зависимости от расположения источников света жидкокристаллические панели работают на отражение или прохождение света. Для лучшей цветопередачи подсветка в мониторах обеспечивается с тыльной стороны экрана.

В отсутствии напряжения плоскость поляризации светового луча поворачивается на 90° при прохождении каждой из панелей с жидкими кристаллами. Под воздействием электрического поля мо-

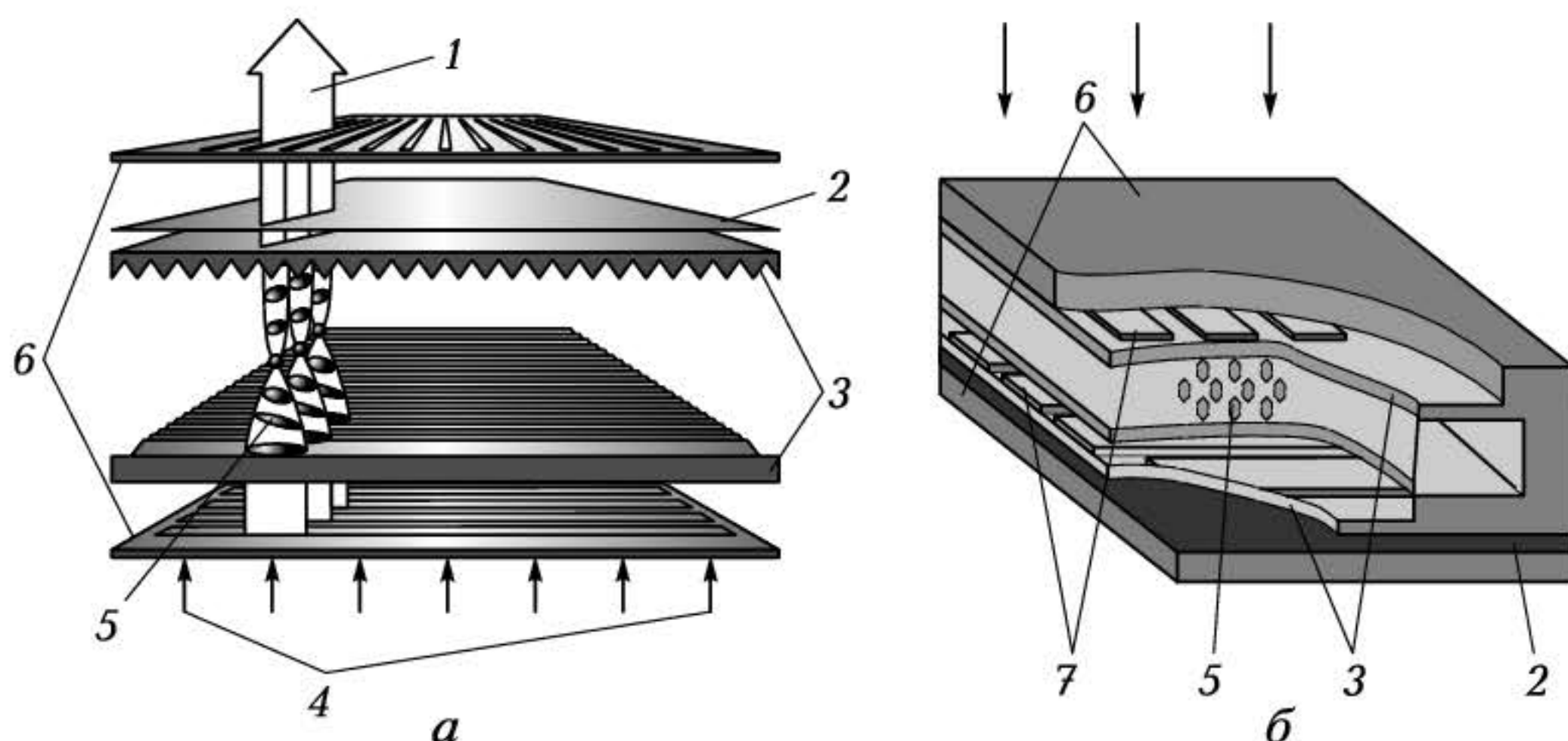


Рис. 4.28. Схема работы LCD-технологии (а) и жидкокристаллический экран в разрезе (б):

1 — выход изображения; 2 — цветные фильтры; 3 — стеклянные панели с канавками; 4 — тыльная подсветка экрана; 5 — жидкие кристаллы в канавках; 6 — поляризаторы; 7 — прозрачные электроды

лекулы жидких кристаллов меняют угол поворота плоскости поляризации света, делая его отличным от 90° . Для увеличения угла поворота плоскости поляризации к панелям добавляют два поляризационных фильтра. Эти фильтры пропускают свет в зависимости от угла между его плоскостью поляризации и осью поляризатора.

При отсутствии напряжения ячейка экрана прозрачна, так как жидкие кристаллы поворачивают вектор поляризации таким образом, что свет проходит через первый и второй поляризаторы.

В присутствии электрического поля у жидких кристаллов вектор поляризации поворачивается на меньший угол и в зависимости от его значения второй поляризатор становится или частично прозрачным для света, или непрозрачным (лучи подсветки поглощаются полностью и экран становится черным).

Цветное изображение образуется, как и в ЭЛТ-мониторах, сочетанием в каждом пикселе трех ячеек (субпикселей) основных цветов: красного, синего и зеленого, формируемых с использованием цветных фильтров.

Управление ячейками в пикселях матрицы происходит с помощью прозрачных индивидуальных электродов. В зависимости от способа управления электродами матрицы подразделяются на пассивные и активные.

В *пассивной матрице* изображение формируется, как в электронно-лучевой трубке, горизонтальной разверткой, строка за строкой, путем последовательного подвода управляющего напря-

жения на отдельные адресуемые ячейки, изменяя их прозрачность. При пропадании электрического заряда в результате разряда емкостей ячеек изображение исчезает, так как кристаллы переходят в исходное состояние. Из-за инерции ячеек обновление экрана происходит медленно, поэтому скорость изменения прозрачности кристаллов не всегда позволяет правильно отображать быстро движущиеся изображения.

В *активной матрице* для каждой ячейки экрана используются отдельные усилительные элементы TFT (Thin Film Transistor — тонкопленочный транзистор), компенсирующие влияние соседних ячеек и позволяющие значительно уменьшать время изменения их прозрачности. В цветной активной матрице каждый пиксел управляется тремя такими транзисторами, которые запоминают и хранят заряды субпикселей синего, зеленого или красного цвета до следующего цикла регенерации матрицы, формируя и сохраняя результирующий цвет отдельной точки изображения. Именно тонкопленочный транзистор и меняет напряжение заряда, под воздействием которого изменяется плоскость поляризации жидкого кристалла субпиксела, изменяя его градации прозрачности.

Запоминающие транзисторы производятся из прозрачных материалов и располагаются на тыльной стеклянной панели с жидкими кристаллами.

За самой пластиной с жидкими кристаллами располагается устройство подсветки, за счет которого на экране монитора высвечивается изображение. Для подсветки используются люминесцентные лампы в виде пластин, флуоресцентные лампы или светодиоды с отражателями для обеспечения равномерной освещенности экрана.

Благодаря конструкции все жидкокристаллические дисплеи имеют плоские экраны, а создаваемое на них изображение отличается четкостью и насыщенностью цветов с отсутствием искажений свойственных ЭЛТ-мониторам.

Одним из самых важных параметров ЖК-индикаторов является контрастность. Минимальное значение контрастности составляет 200 : 1; чем больше это соотношение, тем лучше изображение на мониторе.

ЖК-мониторы в отличие от дисплеев на электронно-лучевых трубках выпускаются с различным соотношением сторон экрана — от обычного 3 : 4 до широкоформатного 9 : 16.

К особенностям ЖК-мониторов относится и возможность поворота экрана на 90° с одновременным разворотом изображения, что позволяет пользователю работать с листом формата А4 без «прокрутки» текста или картинки (рис. 4.29).

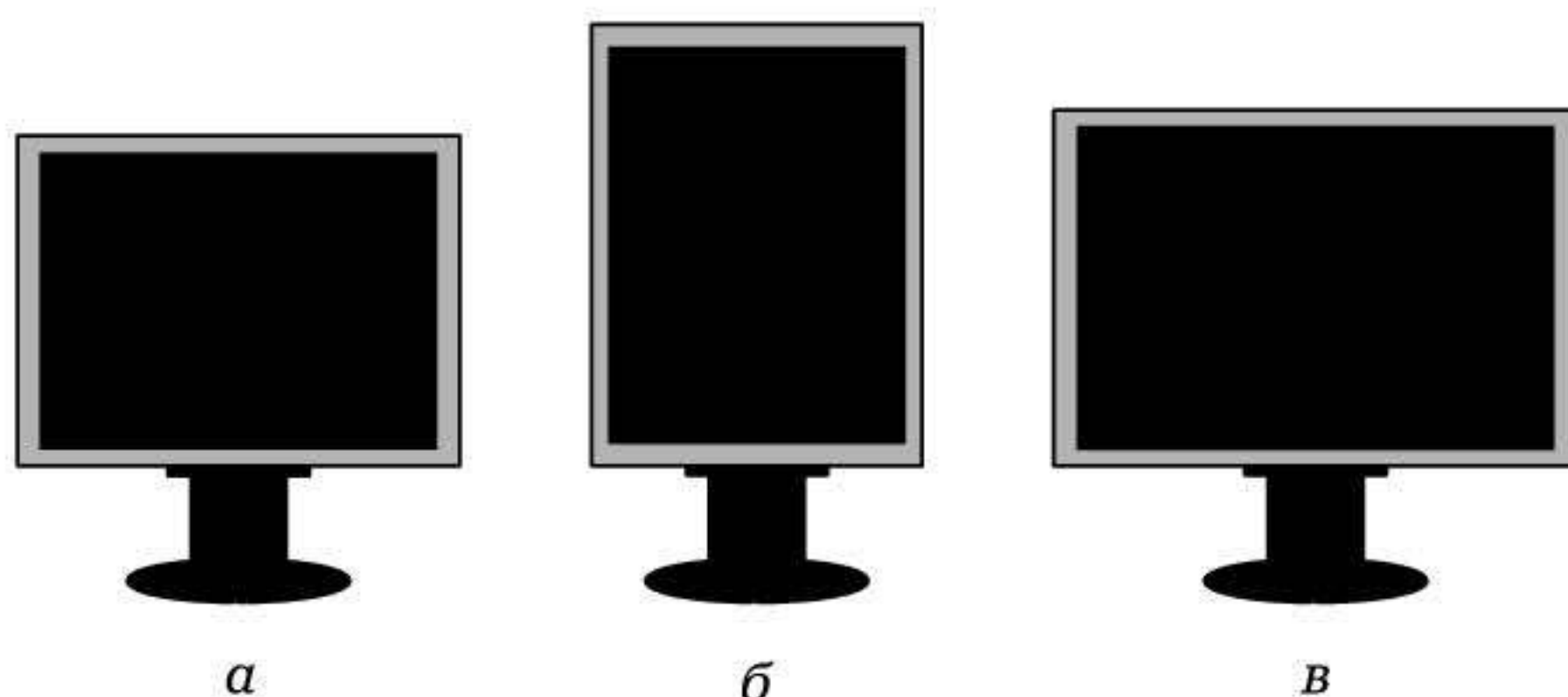


Рис. 4.29. Жидкокристаллические мониторы:

а — обычный со сторонами 4:3; *б* — обычный с экраном, развернутым на 90°; *в* — широкоформатный

Технология производства TFT-панелей из-за своей сложности имеет небольшой процент выхода годных изделий, поэтому производители устанавливают в технической документации предельное количество неисправных транзисторов, так называемых битых пикселей (постоянно светящихся белым или черным цветом), не являющихся причиной для отбраковки монитора.

При массовом производстве матриц избежать появления «битых» пикселей практически невозможно, поэтому стандарт ISO разрешает то или иное количество «битых» пикселей в зависимости от класса монитора, размера панели и характера дефекта. Всего существует четыре класса: для первого класса не допускаются «битые» пиксели; для других классов, например, возможно наличие нескольких постоянных белых или черных точек (в зависимости от типа матрицы).

Как правило, LCD-мониторы обеспечивают ряд стандартных разрешений, но в то же время ЖК-панель работает более качественно только в режиме, оптимальном для конкретной матрицы и рекомендуемом изготовителем, при котором изображение воспроизводится с максимальным качеством, когда точка изображения формируется одним пикселем.

Для формирования изображения может использоваться только то количество пикселей, которое необходимо для формирования картинки, или все пиксели экрана.

В первом случае изображение занимает только часть экрана, а вокруг него остальная площадь образует черную рамку, где сосредоточены неиспользуемые пиксели. Во втором случае используют все пиксели ЖК-панели, поэтому изображение «растягивается» на весь экран, однако при этом возникают небольшие искажения и

ухудшается резкость, так как точка изображения будет состоять из нескольких пикселей. Таким образом, снижение разрешения ниже рекомендованного может привести к ухудшению изображения.

Для смены цвета пиксела необходимо какое-то время (время отклика пиксела); если оно велико, то при динамичной смене изображения картинка размазывается — точки не успевают менять свое состояние. В первых мониторах это была одна из основных проблем.

В настоящее время выпускаются дисплеи со временем отклика 2, 5, 8 мс (скорость обновления кадров), которого хватает для комфортной работы пользователя ПЭВМ с любыми программами.

К недостатку существующих ЖК-панелей относится ограниченный угол обзора — при отклонении от прямого направления взгляда на экран изображение искажается, бликует и меняет цвета, однако угол обзора непрерывно увеличивается и составляет у современных моделей более 160° , что достаточно для их использования в ПЭВМ.

В ЖК-мониторах при переключении с одного изображения на другое, особенно после отображения неподвижной картинки в течение длительного времени, может наблюдаться эффект остаточного изображения, влияющий на резкость. Когда изображение статично и остается на дисплее в течение длительного времени, между двумя электродами, обрамляющими жидкий кристалл, накапливается небольшая разность электрических зарядов. Это может приводить к ухудшению характеристик жидких кристаллов в некоторых областях экрана дисплея. Поэтому при переключении изображения с одного на другое предыдущее изображение частично сохраняется. При длительных перерывах в работе для защиты экрана от возникновения остаточных изображений необходимо переключать его в режим энергосбережения или активизировать хранитель экрана, отображающий подвижное изображение.

Преимуществами ЖК-дисплея являются его габаритные размеры, масса, электропотребление и электромагнитное излучение, которое во много раз меньше электромагнитного излучения самого безопасного ЭЛТ-монитора.

На основе LCD-мониторов возможно создание трехмерных дисплеев (3D-мониторов), которые формируют трехмерное изображение на основе принципа стереоскопии с помощью двух экранов. В каждом совмещенном друг с другом экране создаются минимально отличающиеся изображения, а их плоскости располагают так, чтобы каждый глаз пользователя видел свою картинку.

Начато производство ЖК-мониторов с возможностью вывода на экран стереоскопического изображения. В комплекте с монито-

ром поставляются стереоочки и специальные драйверы для графических адаптеров с двумя DVI-выходами. Технология позволяет без задержки переключаться между ними и выводить на экран двойное изображение, превращая обычную картинку на дисплее монитора в трехмерную.

Широкое применение получили ЖК-мониторы в планшетном исполнении, когда поверх ЖК-матрицы располагают сенсорную панель.

Для работы с планшетными дисплеями требуется специальное перо (стилус), которое используется для рукописного ввода текста и управления виртуальной клавиатурой, что очень удобно и эргономично при решении некоторых специфичных задач (например, при работе с электронными картами).

Сенсорные панели бывают с токопроводящим или резистивным покрытием.

Сенсорные панели с *токопроводящим покрытием* состоят из матрицы, образованной вертикальными (первый гибкий слой), горизонтальными (твердая основа) проводниками и изолирующим зазором между ними.

При нажатии на экран в этом месте происходит замыкание проводников, по которому определяются координаты точки надавливания.

Сенсорные панели с *резистивным покрытием* состоят из трех слоев: гребенчатого, гибкого и разделяющего слоя. Гибкий слой расположен с наружной стороны экрана монитора. При нажатии на поверхность гибкого слоя его контактная сторона касается контактной стороны гребенчатого слоя, создавая электрический контакт в точке прикосновения. Внутренние поверхности гребенчатого и гибкого слоев покрыты резистивной пленкой, поэтому измерение сопротивления контакта позволяет определить точку касания.

Для поддержания высокой точности определения точки нажатия обычно требуется начальная или периодическая калибровка сенсорной панели.

Процедура калибровки экрана может быть выполнена в следующем порядке. Сначала на экране высвечивается ряд пикселей (например, в виде символа «+») около одного угла экрана, пользователь устанавливает стилус в указанную точку. Результаты измерений записываются в памяти ПЭВМ. Такая же процедура повторяется для второй точки, расположенной в противоположном углу экрана, затем для третьей точки и т. д. Записанные данные представляют собой точные позиции контрольных точек на экране дисплея. По данным координатам вычисляются масштабирующие коэффициенты для вычисления координат любой точки на всем поле экрана.

Планшетные дисплеи применяются в основном в портативных ПЭВМ: ноутбуках и карманных компьютерах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные характеристики мониторов
2. Как строится изображение на экране?
3. Дайте определения понятий «пиксел», «разрешение».
4. Что такое строчная частота и частота обновления кадров?
5. Какие преимущества дает система управления энергопотреблением монитора?
6. В чем заключается принцип действия ЭЛТ?
7. Объясните схему электронно-лучевой плоской трубки.
8. Какие существуют технологии формирования изображения на экране ЭЛТ? Сравните их.
9. Перечислите недостатки мониторов на электронно-лучевых трубках.
10. Какие параметры монитора могут быть настроены пользователем?
11. На чем основан принцип работы ЖК-монитора?
12. Как устроен ЖК-экран?
13. Объясните схему работы LCD-технологии.
14. Сравните пассивные и активные матрицы ЖК-экрана.
15. Перечислите преимущества и недостатки ЖК-мониторов.
16. Опишите конструкцию сенсорной панели.

4.4. УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПЭВМ

4.4.1. Клавиатура

Клавиатура — это устройство диалогового взаимодействия пользователя с ПЭВМ, с помощью которого осуществляется ручной посимвольный ввод данных, программ, команд и других управляющих воздействий. Клавиатура должна быть эргономичной, т.е. удобной при длительном использовании, поэтому имеют значение рациональное взаиморасположение и размеры клавиш, отсутствие бликов, дизайн и др.

Каждая клавиша является микропереключателем (например, механическим или сенсорным). Для обеспечения тактильного ощущения клавиши (ощущения нажатия) имеют небольшой свободный ход до фиксации нажатия, которая может передаваться щелчком.

Современные клавиатуры ПЭВМ применяют механическую коммутацию: при нажатии клавиша утапливается и замыкает контакт между двумя металлическими пластинами, которые защищены от окисления. Конструкция и материал клавиш обеспечивают очень высокую надежность и гарантируют более 20 млн нажатий. В некоторых клавиатурах применяется внутренняя подсветка клавиш.

На клавиши гравировкой или стойкой краской наносят изображение символов или действий, соответствующих ее нажатию. Каждой клавише соответствует один или несколько символов. Для увеличения количества операций, выполняемых с клавиатуры, используют сочетание нескольких клавиш.

Считывание нажатой клавиши производится встроенным контроллером клавиатуры. Контроллер подключен к матрице, образованной горизонтальными и вертикальными линиями (проводниками), в пересечения которых подключаются контакты клавиш. Контроллер непрерывно сканирует матрицу, определяя состояние линий в пересечениях: замкнуто или разомкнуто. При нажатии и отпускании клавиш контроллер компенсирует дребезг контактов и выдает в ПЭВМ запрос на прерывание с номером (скан-кодом) нажатой (отжатой) клавиши. При одновременном нажатии определенных комбинаций клавиш генерируется специальный код, который отличается от кодов каждой из клавиш, нажатой в отдельности. Таблица соответствия кодов клавишам может быть перепрограммирована.

При длительном нажатии клавиши контроллер с настраиваемой задержкой начинает повторять ее код с определенной частотой (период автоповтора).

Для кодирования информации, вводимой в ПЭВМ, используется равномерный двоичный код, т. е. группы из двоичных символов равной длины. Количество комбинаций из N двоичных символов равно 2^N . Количество комбинаций из восьми двоичных символов равно $2^8 = 256$. Этого количества достаточно, чтобы закодировать буквы русского и латинского алфавита (прописные и строчные), 10 цифр, около 10 знаков препинания, примерно 10 разделительных знаков, знаки математических действий и некоторые специальные символы.

В 1963 г. была принята система 7-битного кодирования ASCII (American Standard Cod Information Interchange — Американский стандартный код обмена информацией) клавиш, рассчитанная на

128 символов, в число которых не входил русский алфавит. Впоследствии система ASCII стала 8-битовой, так как была введена вторая часть кодовой таблицы (от 128 до 255 байт), в которую вошли знаки из разных европейских языков и кириллицы. В России часто используется модифицированная расширенная кодировка ASCII с русскими буквами.

Знаки таблицы ASCII состоят из печатаемых и специальных непечатаемых символов (например, возврат каретки, перевод строки и знак табуляции). Печатаемые символы отображаются на любом печатающем устройстве.

Каждому символу таблицы ставятся в соответствие шестнадцатеричные числа (первое число — номер столбца; второе — номер строки). Таким образом, каждому символу соответствует шестнадцатеричный код, который преобразуется в двоичный код (например: буква N имеет шестнадцатеричный код 4E, двоичный код 01001110).

В настоящее время самыми распространенными типами кодирования русских букв являются: КОИ8 (Код обмена информацией 8-битный) и стандартная кириллическая кодировка Microsoft Windows, обозначаемая CP1251 (сокращение от Code Page — кодовая страница).

Широко распространена 16-битная кодовая система Unicode, допускающая более 65 тыс. кодовых комбинаций, что позволяет закодировать алфавиты всех народностей, множество математических, музыкальных, химических и других символов.

В мире производится огромное количество разнообразных моделей клавиатур, которые можно подразделить на три основных типа: алфавитно-цифровые, мультимедийные и музыкальные.

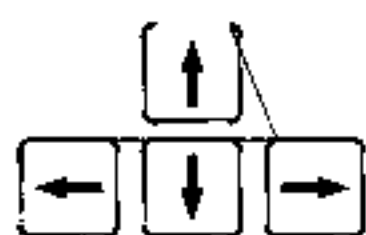
В *алфавитно-цифровой клавиатуре* на клавиши нанесены буквы латинского и русского алфавитов, десятичные цифры, математические, графические и специальные служебные знаки, знаки препинания, наименования некоторых команд, функций и др.

Чаще всего используется клавиатура со 104 клавишами, удобная для работы с операционной системой Windows, которая заменила стандартную клавиатуру со 101 клавишей.

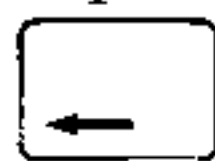
Клавиши подразделяются на следующие группы:

- буквенно-цифровые клавиши для ввода двуязычного текста и чисел;
- цифровые клавиши для ввода чисел и арифметических действий;
- клавиши управления;
- функциональные клавиши.

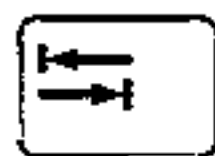
Наиболее часто используются следующие клавиши управления:



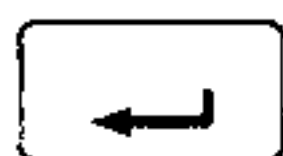
— клавиши управления курсором. Клавиши предназначены для перемещения курсора соответственно направлению стрелки на клавише: вверх, вниз, влево или вправо;



— клавиша возврата [Backspace]. Клавиша стирает знак слева от курсора;



— клавиша табуляции [Tab]. Клавиша перемещает курсор к следующему знаку табулятора;



— клавиша ввода ([Return], [Enter], клавиша абзаца, клавиша возврата каретки). Клавиша ввода завершает строку команды. При нажатии клавиши ввода производится выполнение введенной команды;



— клавиша регистра [Caps Lock]. Клавиша включает режим заглавных букв. В режиме заглавных букв все буквы выводятся как заглавные. Если клавиша с несколькими знаками, то выводится знак, расположенный в верхней левой части клавиши. Режим заглавных букв может быть выключен клавишей переключения [SHIFT];



— клавиша переключения [SHIFT]. Клавиша позволяет производить вывод заглавных букв. Если клавиша с несколькими знаками, то выводится знак, расположенный в верхней левой части клавиши;



— клавиша [Fn]. Клавиша активирует специальную функцию, обозначенную на других клавишах;



— клавиша паузы [Pause Break]. Клавиша прерывает вывод данных на экран. Для продолжения вывода данных на экран следует нажать любую клавишу;



— клавиша пуска. Клавиша служит для вызова начального меню Windows;



— клавиша меню. Клавиша предназначена для вызова меню для выбранного объекта.

Сочетание клавиш применяют для переключения регистров, прерывания работы программы, вызова системного или контекстного меню, запуска диспетчера задач и др. Функциональные клави-

ши [F1]...[F12] используются пользователями для вызова справки и программируемого управления ПЭВМ.

При работе с текстом определенные комбинации клавиш позволяют эффективно управлять набором и обходиться без мыши.

Набор текста на клавиатуре часто называют печатанием. Существует множество методик и программ обучения технике печатания, позволяющих освоить быстрый ввод текста с использованием 10 пальцев, и метод так называемой слепой печати. Для правильной постановки рук на клавиатуру на клавишах с буквами F/A и J/O делают небольшие выпуклости в виде точек или линий для указания места размещения указательных пальцев.

Многие современные алфавитно-цифровые клавиатуры помимо стандартного набора снабжаются дополнительными клавишами (как правило, другого размера и формы), переключателями и движками, которые предназначены для упрощенного управления некоторыми мультимедийными функциями ПЭВМ. Такие клавиатуры часто называются *мультимедийными*. Они позволяют осуществлять управление:

- звуком;
- лотком в приводе для компакт-дисков (извлечь диск, принять диск);
- аудиопроигрывателем;
- сетевыми возможностями компьютера;
- запуском часто используемых программ;
- состоянием окон операционной системы;
- ждущим и спящим режимами ПЭВМ, выключением компьютера и т. д.

Для игры на электронных клавишных инструментах (пианино, рояль, орган, синтезатор) выпускают *музыкальные клавиатуры* (MIDI-клавиатуры). Они позволяют воспроизводить звуки различных инструментов при помощи генератора звуковых волн.

В настоящее время стали применяться водостойкие клавиатуры с антибактериальным покрытием клавиш, наметилась тенденция смены PS/2 на интерфейс USB и беспроводные интерфейсы.

4.4.2. Манипуляторы

Для пространственного управления местоположением курсора на экране монитора используют манипуляторы — устройства со многими степенями свободы передвижения.

В ПЭВМ широко используют манипулятор «мышь», эффективно заменяющий клавиатуру при работе с курсором в графических интерфейсах, и игровые манипуляторы: джойстики и геймпады.

Принцип действия мыши основан на фиксации и передаче в компьютер изменения своего местоположения при ее перемещении по плоской поверхности. Периодически отслеживая перемещение мыши, специальная программа производит в пределах экрана монитора изменение координат курсора, соответствующее направлению и расстоянию этого перемещения.

Типовая мышь изготавливается в пластмассовом корпусе, удобном по форме и размеру для размещения в ладони.

Для определения положения мыши используется механический и оптический способы построения датчиков движения.

Механический способ основан на шаровом приводе координатных датчиков. При движении мыши по горизонтальной поверхности происходит качение тяжелого металлического шарика с резиновым покрытием, который, свободно вращаясь в любом направлении, с помощью прижимного устройства касается координатных валиков внутри мыши, вращая их.

Валики расположены перпендикулярно друг другу, перемещаясь по своей оси вместе с диском, имеющим отверстия или лучевидные прорезы. Считывание информации с каждого диска осуществляется инфракрасными оптическими датчиками, которые состоят из светодиода и двух фотодиодов. При движении шарика диск вращается, преграждая и пропуская своими отверстиями световой поток, поэтому первый фотодиод периодически фиксирует сигнал с частотой, соответствующей скорости перемещения мыши; второй фотодиод, смещенный относительно первого, служит для определения направления вращения диска. Данные сигналы, полученные от преобразования механического движения в серию электрических импульсов, предварительно обрабатываются микросхемами платы и поступают в ПЭВМ по стыку COM, PS/2 или USB.

Основной недостаток шарового привода связан с загрязнением шарика и валиков, что приводит к прекращению движения курсора. Для обеспечения их периодической чистки у мыши предусмотрена легкоъемная крышка. Для работы с мышью необходима плоская ровная поверхность (с этой целью используют так называемые прорезиненные коврики).

В настоящее время механические мыши не находят применения и полностью заменены на оптические.

В *оптических мышях* применяют фотосенсор — ПЗС (прибор с зарядовой связью), расположенный в микросхеме с процессором обработки изображения. ПЗС периодически сканирует участок поверхности под мышью, который с частотой выше 60 импульсов в секунду подсвечивается светодиодом красного цвета под острым

углом. При движении происходят периодические (покадровые) изменения изображений в ПЗС, по которым процессор определяет, в какую сторону и на какое расстояние сместилась мышь.

В последнее время для обеспечения устойчивой работы оптической мыши на любых поверхностях (в том числе на стеклянных и зеркальных) вместо светодиода стал применяться маломощный полупроводниковый лазер.

Все модели манипуляторов «мышь» имеют от одной до трех (или более) кнопок и дополнительный элемент управления (колесо прокрутки), действие которых связаны с текущим положением курсора.

Кнопки служат для выполнения основных манипуляций: выбора объекта (нажатиями), активного перемещения (т. е. перемещения с нажатой кнопкой для рисования или обозначения начала и конца отрезка на экране, который может трактоваться как диагональ прямоугольника, диаметр окружности, исходная и конечная точка при перемещении объекта, выделении текста и т. д.).

Единственным параметром мыши является разрешающая способность, означающая, на какое количество точек переместится указатель мыши на экране монитора при ее перемещении по поверхности стола на 1 дюйм. Обычно разрешающая способность мыши составляет 600 dpi (точек на дюйм).

Трекбол по принципу действия и функциям аналогичен механической мыши (фактически это перевернутая мышь). У трекбола шарик расположен сверху и вращается ладонью или пальцами без перемещения корпуса устройства. Конструкции трекбола отличаются размерами и размещением шарика: на некоторых моделях он управляется большим пальцем руки, на некоторых — расположен по центру или правее центра и управляется указательным, средним и безымянными пальцами.

Трекбол удобен тем, что не требует места для движения, как мышь; во время работы запястье остается неподвижным, что существенно снижает усталость руки.

Трекболы в основном применяются в ноутбуках в качестве встроенных в клавиатуру устройств.

В компьютерных играх вместо клавиатуры и мыши используют специальные манипуляторы с более быстрым позиционированием, в какой-то мере имитирующие органы управления реальными объектами: джойстики и геймпады.

Джойстик представляет собой рычаг (рукоятку) на подставке, который может отклоняться в нескольких плоскостях. На рычаге и подставке размещаются разного рода кнопки и переключатели.

По способу формирования сигналов от датчика перемещения джойстики подразделяются на дискретные и аналоговые.

В дискретных джойстиках выходной сигнал управления при движении рукоятки может принимать только два значения: 0 или 1; из-за этого ограничения они быстро устарели.

Аналоговые джойстики меняют выходной сигнал в зависимости от отклонения рукоятки плавно: чем больше угол отклонения, тем больше уровень сигнала. В качестве преобразователей в них применяются потенциометры, бесконтактные магниторезистивные и оптические датчики.

Для подключения джойстика через гейм-порт используется 15-штырьковый разъем. Современный игровой порт поддерживает небольшое количество аналоговых сигналов: четыре оси плавного регулирования (X1, Y1, X2, Y2) и четыре кнопки, поэтому в современных джойстиках для увеличения степеней свободы рукоятки применяют перспективный интерфейс USB.

Геймпад (игровой планшет) — это манипулятор для управления в компьютерной игре двумя руками. Данное устройство использовалось в видеоиграх: левой рукой обычно контролировалось движение объекта на экране телевизора, а правой — совершались разнообразные действия посредством нажатия кнопок. Простые геймпады имеют два мини-джойстика, ряд программируемых кнопок, ползунковый регулятор и переключение режимов работы, что достаточно для аркадных игр.

Геймпады постоянно совершенствуются и уже используются для симуляторов с системой обратной связи для создания эффекта отдачи от столкновений и ударов. В настоящее время широко применяются беспроводные манипуляторы с питанием от автономных источников (гальванических элементов или аккумуляторов).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные действия, которые производит пользователь с помощью клавиатуры.
2. Какие группы клавиш содержит клавиатура?
3. Какие требования предъявляются к клавиатуре?
4. Объясните принцип действия клавиатуры.
5. Какие вам известны системы кодирования символов?
6. Что такое манипуляторы?
7. В чем отличие оптической мыши от обычной?
8. Дайте краткую характеристику другим известным вам манипуляторам.

4.5.1. Звуковые платы

Аппаратные средства обработки и воспроизведения звуковой (акустической) информации являются основой для реализации технологии мультимедиа (от *англ.* multimedia, multi — много и media — средство), которая обеспечивает звуковое сопровождение текста, фото, рисунков, анимации и видео.

Основной набор мультимедийной аппаратуры включает в себя звуковые платы, акустические системы (колонки), наушники и микрофоны.

Звуковые платы используются для записи, создания и воспроизведения различных звуковых сигналов (фонограмм): музыки, речи и других акустических эффектов.

Звуковая информация в ПЭВМ может быть сформирована из внешнего аналогового сигнала от микрофона или другого источника звука, цифрового сигнала и за счет внутреннего синтеза музыки.

В аналоговой форме звук представляет собой непрерывный сигнал (акустическую волну) с меняющейся амплитудой и частотой в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, воспринимаемой человеком.

Чтобы сделать аналоговую информацию пригодной для обработки в ПЭВМ, ее необходимо оцифровать — перевести в последовательность кодовых (цифровых) комбинаций, т. е. преобразовать в дискретный вид.

Теоретическую основу способа равномерной дискретизации непрерывно представленной информации в 1933 г. разработал советский академик В. А. Котельников.

Согласно теореме Котельникова звуковой сигнал, ограниченный сверху частотой $F_{\max}$, полностью определяется последовательностью своих значений в моменты времени Δt , отстоящие друг от друга на интервал, обратно пропорциональный $2F_{\max}$:

$$\Delta t = \frac{1}{2F_{\max}}.$$

Поэтому преобразование звука в дискретную форму можно осуществлять измерением в фиксированные моменты времени амплитуды звукового сигнала и квантованием ее уровня — присвоения

ему однозначного цифрового кода из набора значений, ограниченного разрядностью этого кода (глубиной оцифровки). При кодировании звука его качество зависит и от количества измерений уровня акустического сигнала в единицу времени, т.е. от частоты дискретизации, которая должна быть больше $2F_{\max}$.

Данный метод преобразования называется импульсно-кодовой модуляцией PCM (Pulse Code Modulation — импульсно-кодовая модуляция); он является в настоящее время самым распространенным при кодировании речи и музыки.

Типовые звуковые карты позволяют записывать звук с глубиной оцифровки 8 и 16 разрядов, что соответствует 256 и 65 536 различным уровням сигнала. Чем больше разрядов, тем лучше качество фонограммы (например, 8-разрядное кодирование обеспечивает качество звучания кассетного магнитофона, а 16-разрядное — качество компакт-диска).

Разрядность оцифрованного сигнала определяет *динамический диапазон* воспроизводимого звука — во сколько раз самый громкий звук может быть больше, чем самый тихий. Динамический диапазон измеряется в децибелах (дБ), количество которых показывает, во сколько увеличивается или уменьшается громкость звука в фонограмме.

Для 8-разрядного звука динамический диапазон составляет всего 48 дБ, для 16-разрядного он достигает 96 дБ. Если записываемый звук имеет большие перепады громкости (что характерно для звучания симфонического оркестра), то при его записи с недостаточной разрядностью происходят сильные искажения сигнала. Поэтому профессиональные звуковые карты имеют глубину оцифровки более 20 бит.

Современные звуковые платы поддерживают частоты дискретизации 8,0...44,1 кГц, а некоторые — 48 кГц, что соответствует аналоговым сигналам с частотами до 22...24 кГц, выше которых слух человека уже не воспринимает. Профессиональные звуковые платы могут поддерживать частоты 96 кГц и выше для более точной обработки звука и естественности воспроизведения музыки.

Оцифрованный звук обеспечивает высокое качество (достоверность) воспроизводимых сигналов и обладает повышенной помехоустойчивостью, однако для хранения требует огромных затрат дисковой памяти ПЭВМ.

Например, для хранения только 1 с стереофонической аудиозаписи с глубиной оцифровки 16 бит и частотой дискретизации 44,1 кГц потребуется память объемом 176,4 Кбайт.

Показателем цифровой фонограммы является скорость потока данных *битрейт* (кбит/с), значение которого напрямую связано с объемом аудиофайла в расчете на 1 с звучания. Чем больше значение битрейта, тем выше качество фонограммы и больше объем памяти, необходимой для ее хранения.

В целях минимизации величины битрейта оцифрованная звуковой платой фонограмма с помощью специальных программ подвергается сжатию (компрессии) с некоторыми потерями, не влияющими на качество звука.

Основанная идея, на которой основаны все методы сжатия аудиосигнала с потерями, — игнорирование некоторых составляющих оцифрованного звука.

В упрощенном виде алгоритм сжатия удаляет из фонограммы неслышимые частоты с более тщательным сохранением звуков, хорошо различаемых человеческим ухом.

Современные алгоритмы сжатия в основном базируются на стандартах MPEG-1, MPEG-2, позволяющих достигать степени компрессии 10 : 1 или выше практически без потери в качестве звучания. Более простой MPEG-1 предназначен только для моно- или стереозвучания с постоянным потоком данных. Он использует форматы хранения звуковой информации различных уровней: Layer-1, Layer-2 и Layer-3 (Layer — уровень). Форматы имеют одну структуру, но отличаются различными уровнями сжатия и сложности. При кодировании можно задавать требуемый уровень компрессии за счет потери качества звука.

Layer-1 — наиболее простой по затратам, но дает незначительную степень сжатия. Более эффективный Layer-2 ограничивает поток 128 кбит/с на канал. Layer-3 — наиболее трудоемкий, однако обеспечивает самое лучшее сжатие (до 64 кбит/с), поэтому наиболее распространен. По одноименному расширению звуковых файлов, хранящихся в этом формате, его еще называют MP3.

Формат MPEG-2 может быть многоканальным, обеспечивая объемный звук; может быть с переменным или постоянным потоком данных в диапазоне 32...914 кбит/с.

Преобразование звука, представленного непрерывно изменяющимся во времени электрическим сигналом, в эквивалентные значения цифровых кодов осуществляется в аналого-цифровом преобразователе (АЦП), размещаемом на звуковой карте или системной плате. Для обратного преобразования цифрового сигнала в аналоговый служит цифроаналоговый преобразователь (ЦАП).

Восстановление звукового сигнала в ЦАП происходит по его дискретному образу последовательным суммированием кодовых

комбинаций. При этом частота дискретизации должна соответствовать частоте преобразования акустического сигнала в АЦП.

Для оценки искажений формы звука в пределах диапазона слышимых частот при его воспроизведении используют амплитудно-частотную характеристику (АЧХ).

График АЧХ показывает нижнюю и верхнюю границы воспроизводимых частот и неравномерность амплитуды сигнала в этом диапазоне (рис. 4.30).

На оси абсцисс указываются значения частоты в логарифмическом масштабе, на оси ординат — уровень усиления сигнала по напряжению (в децибелах).

Сильная неравномерность графика (наличие резких взлетов и провалов) приводит к сильному искажению тембра звучания. На высоких частотах в провалах звук тусклый, в подъемах присутствуют раздражающие неприятные шипящие и свистящие призвуки. На низких частотах в провалах звук теряет насыщенность, а в подъемах возникает ощущение бубнящего звучания и гудения. В высококачественных звуковых системах неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот составляет не более ± 1 дБ, для компьютерных колонок ± 10 дБ.

Для формирования необходимой амплитудно-частотной характеристики воспроизводимой фонограммы используются многополосные эквалайзеры для отдельного регулирования громкости различных частотных составляющих звука.

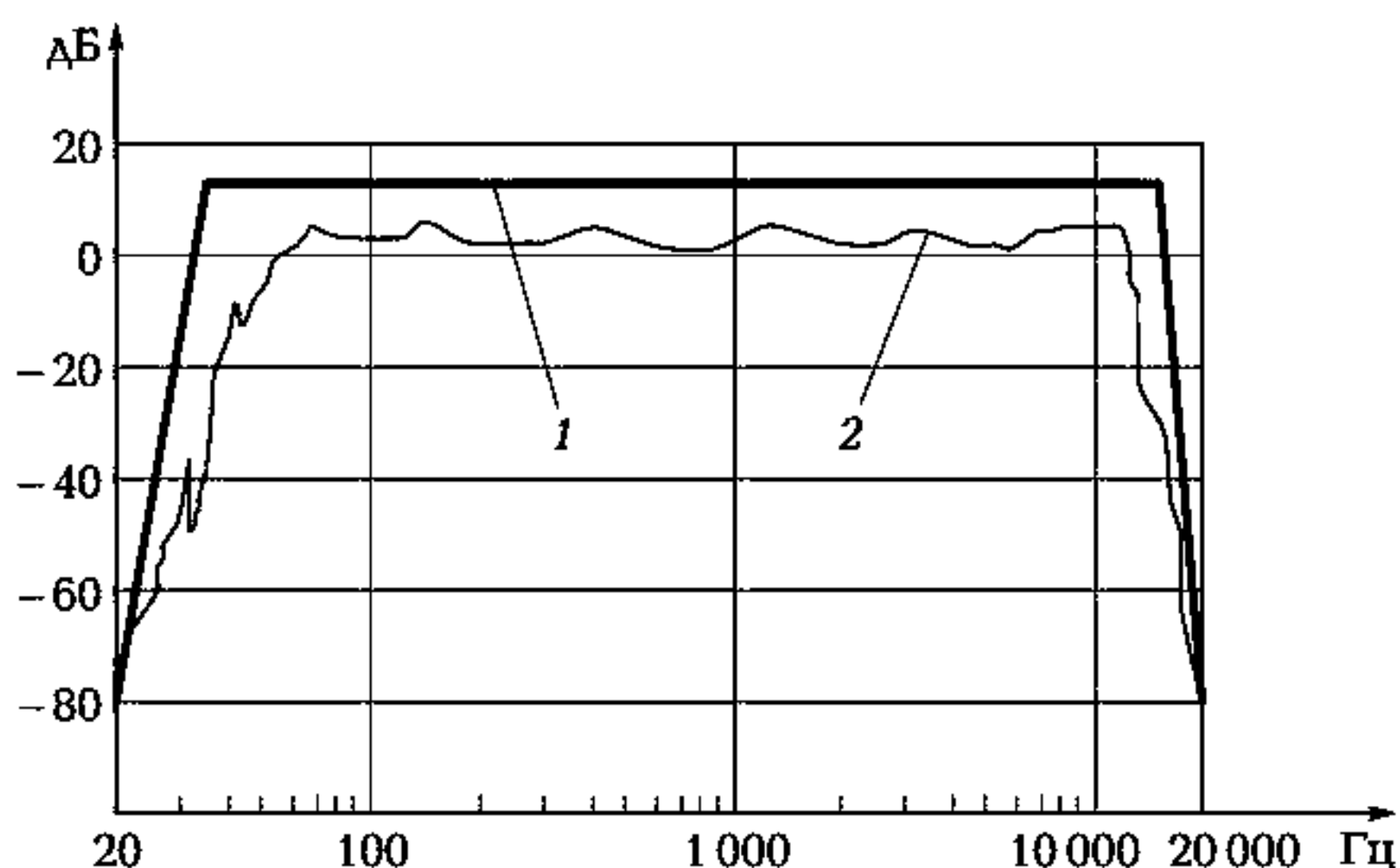


Рис. 4.30. График АЧХ:

1 — идеальная характеристика воспроизведения; 2 — реальная характеристика воспроизведения

Кроме записи и воспроизведения аналогового звука некоторые звуковые платы могут его синтезировать, т. е. имитировать звучание музыкальных инструментов.

Для синтеза звукового сигнала применяются два основных метода: синтез на основе использования частотной модуляции (ЧМ-синтез) и синтез с использованием таблицы волн, или табличный WT-синтез (WaveTable).

ЧМ-синтез звука осуществляется с использованием специальных генераторов сигналов, называемых операторами. В операторе можно выделить два базовых элемента: фазовый модулятор и генератор огибающей. Фазовый модулятор определяет частоту (высоту) тона, а генератор огибающей — его амплитуду (громкость). В общем случае, чтобы воспроизвести звучание одного инструмента, достаточно двух операторов: первый генерирует колебания несущей частоты, т. е. основной тон; второй — модулирующую частоту, т. е. обертона.

В основе *WT-синтеза* лежат записанные заранее и хранящиеся в памяти образцы звучания музыкальных инструментов (сэмплы), объем которых напрямую связан с качеством синтеза: чем больше их записано в памяти, тем реалистичнее звучание. Синтезаторы этого типа создают музыку путем манипулирования образцами звучания инструментов, «защитыми» в ПЗУ платы или хранящимися на диске ПЭВМ. При использовании выборок, загружаемых с диска, хорошая плата должна иметь ОЗУ емкостью не менее 1 Мбайт. Для звуковых карт общего применения нормальным считается наличие 0,5... 4,0 Мбайт выборок, лучшие звуковые платы позволяют хранить и использовать до 8 Мбайт выборок, а в полупрофессиональных и профессиональных моделях может применяться для хранения сэмпов до 32 Мбайт выборок.

При использовании ЧМ-синтеза музыкальные инструменты звучат бедно и имеют характерную «металлическую» окраску звука.

Фонограммы, сформированные с применением WT-синтеза, получаются более естественными и могут использоваться в профессиональной музыке. Сейчас выпускается огромное количество самых разных звуковых карт и расширителей MIDI-файлов. Современные качественные звуковые платы предусматривают поддержку 128 инструментов и многотонального исполнения (как минимум, 16 каналов одновременно).

Для управления синтезом звука используется цифровой интерфейс музыкальных инструментов MIDI (Musical Instrument Digital Interface) и средства воспроизведения звука в соответствующем

формате. Кроме того, в него могут входить интерфейсы одного или нескольких дисководов CD-ROM. Через этот модуль можно проигрывать CD-диски и воспроизводить свою собственную компьютерную музыку.

Поскольку эти виды синтеза звука являются цифровыми, для воспроизведения синтезированных сигналов необходимо их обратное преобразование в аналоговую фонограмму при помощи ЦАП.

Современные звуковые платы подразделяются:

- на звуковые, содержащие только тракты цифровой записи и воспроизведения;
- музыкальные, имеющие только музыкальный синтезатор;
- комбинированные, объединяющие на одной плате обработку звука и музыкальный синтезатор.

Звуковая плата подключается к одному из слотов PCI материнской платы в виде карты и выполняет все операции, обеспечивающие запись, воспроизведение и (или) синтез звука. Звук воспроизводится через наушники или колонки, для чего предусмотрены линейные выходы. Для обеспечения стереофонического режима на каждый вход и выход выделяется по два канала (левый, правый).

Кроме того, в состав многих звуковых плат входят:

- микшер — устройство смешивания сигналов от различных источников;
- модемный и игровой порты;
- маломощный усилитель для акустической системы.

В некоторых моделях плат могут размещаться TV-тюнеры.

На звуковой плате имеются разъемы для подключения микрофона и линейного входа, что позволяет записывать звуки и сохранять их на жестком диске для последующей обработки и использования.

Линейные выходы платы используются для подключения наушников и внешних акустических систем многоканального звука. *Линейный вход* применяется при записи и микшировании звукового сигнала от внешней аудиосистемы. В некоторых звуковых платах его еще можно использовать как линейный выход.

К микрофонному входу подключается микрофон для записи голоса или других звуков. Отдельные модификации звуковых плат обладают возможностью использования микрофонного входа как линейного выхода, что позволяет подключать дополнительные акустические колонки, повышая тем самым качество объемного звучания.

Для подключения аналоговых устройств в основном используется стандартный штекер 3,5 мм (рис. 4.31).

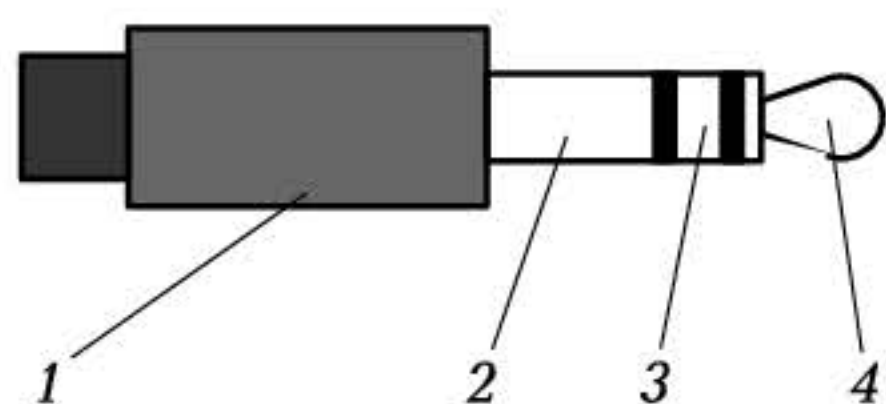


Рис. 4.31. Штекер аналогового звукового сигнала:

1 — корпус; 2 — земля; 3 — левый канал; 4 — правый канал

На типовых звуковых платах предусматривается 15-контактный разъем DB-15 для подключения джойстика или MIDI-устройств.

С совершенствованием алгоритмов цифровой обработки звука возникло несколько технологий объемного многоканального воспроизведения фонограмм, которые стали широко использоваться не только в бытовой аудио- и видеоаппаратуре, но и в ПЭВМ.

Изначальная схема объемного звучания, в отличие от традиционного 2-канального стереозвука, состояла из четырех каналов: левого — L (Left); правого — R (Right); центрального — C (Center) и пространственного — S (Surround).

В дальнейшем в аудиосистемах перешли на 6-канальный цифровой звук, который получил название Dolby Digital 5.1. Такая система объемного звучания состояла из пяти каналов с диапазоном частот до 20 кГц (левый, правый, центральный, пространственный правый — RS (Right Surround), пространственный левый — LS (Left Surround)) и шестого канала с ограниченной полосой частот, в 10 раз меньшей основных каналов (20... 120 Гц). Поэтому шестой низкочастотный канал получил обозначение «.1» (1/10 звукового диапазона), а его акустическая система получила название «сабвуфер» (Subwoofer).

Аудиосистемы с Dolby Digital позволяют использовать сложные пространственные эффекты и создают наиболее реалистичные ощущения. Звук может поступать к слушателю с пяти или семи сторон: из центра спереди, слева и справа спереди (фронтальный), слева и справа по бокам (только для варианта 7.1), слева и справа сзади (тыловой), что позволяет использовать акустические системы по схеме: 2.0, 2.1, 4.0, 4.1, 5.0, 5.1 и 7.1. В зависимости от числа используемых выходов могут подключаться левая и правая фронтальные колонки, левая и правая тыловые колонки, центральная колонка, левая и правая тыловые центральные колонки и сабвуфер.

В Dolby Digital звук кодируется 18 битами с применением алгоритма компрессии AC3 (Audio Coding-3), обладающего очень высоким коэффициентом сжатия (более 12 : 1) и поддерживающего битрейт 64... 400 кбит/с. AC3, как и MPEG, при сжатии базируется на особенностях слухового восприятия человека, что позволяет наибо-

лее эффективно использовать информационную емкость носителей или каналов связи.

Затем была разработана 7-канальная система Dolby Digital EX по схеме 6.1, в которой предусмотрен дополнительный центральный (тыловой) пространственный канал окружающего звука.

Следующий стандарт DTS (Digital Theater System — цифровая театральная система) использует ту же схему 5.1, однако меньший уровень сжатия сигнала придает звуку большую глубину, улучшает разделение каналов и отношение сигнал/шум. Его модификация DTS-ES работает в формате 6.1.

DTS кодирует звук в 24 битах с динамической компрессией и плавающим коэффициентом сжатия от 1 : 1 до 1 : 4. Однако, получая качественный звук по сравнению с Dolby Digital при битрейте до 1,5 Мбит/с, приходится более чем в три раза увеличивать объем памяти.

Технология Dolby Digital используется в DVD, мультимедийных приложениях и может применяться от восьми каналов (схема 7.1) до обычного двухканального стерео (R и L).

Как правило, рабочее место пользователя ПЭВМ пространственно ограничено, что не позволяет использовать более двух акустических систем. Для прослушивания звука, закодированного в Dolby Digital, на двух акустических системах или в наушниках используется технология Virtual Surround (виртуальное окружение), позволяющая субъективно воспринимать 2-канальный звук как объемный.

Основными характеристиками звуковых карт являются разрядность, частота дискретизации, количество каналов, работа в дуплексном режиме, способ синтеза и параметры синтезатора, поддерживаемые спецэффекты, совместимость с существующими стандартами и дополнительные функциональные возможности.

Для эффективного использования аппаратных возможностей звуковых карт применяются различные программы звукозаписи: декодирования файлов MPEG, распознавания речи (для озвучивания текстов), создания MIDI-файлов, файлов MP3 и WAV и т. д.

4.5.2. Акустические системы

Качество звуковоспроизведения во многом зависит от электроакустических параметров (например, АЧХ) сквозного тракта (звуковая карта — усилитель — акустическая система, состоящая из так называемых колонок) и схемы их размещения в помещении отно-

сительно слушателя. На качество звука влияют и параметры громкоговорителей (динамиков), установленных в колонках акустической системы.

Внедрение звука в ПЭВМ начиналось с простого динамика, встроенного в корпус системного блока, который в основном использовался и сейчас используется для звуковой сигнализации об аварийной ситуации.

При монофонической (одноканальной) системе звукопередачи качество воспроизведения существенно отличалось от натурального звучания. Обедняло акустику и несоответствие распределения звуков от одного динамика натуральному объемному источнику.

Ситуация изменилась с появлением первых звуковых карт, которые могли обеспечить стереофонию с помощью наушников и двух пассивных (без дополнительного усиления) колонок — фактически простых динамиков.

Принцип действия динамиков основан на взаимодействии переменного магнитного поля катушки, расположенной на подвижном излучателе, с полем постоянного магнита. В результате получается достаточно мощный звук и широкий диапазон воспроизводимых частот. В качестве излучателя применяют диффузор (конус) или плоскую мембрану. Динамики с мембраной имеют очень миниатюрные размеры (особенно в глубину), но меньшие мощность и широту частотного диапазона.

Акустическое оформление излучающих динамиков является одним из важных факторов, влияющих на звучание акустической системы. Очень широко применяются акустические системы, представляющие собой закрытый корпус с выведенным на фронтальную панель диффузором динамика.

В состав любой акустической системы кроме пассивных элементов входит активный узел — электронный усилитель, без которого немыслимо современное звуковоспроизведение. Этот блок выполняет несколько функций. Во-первых, усилитель увеличивает мощность входного сигнала; во-вторых, осуществляет выравнивание его частотной характеристики; в-третьих, обеспечивает обработку сигнала от разных источников ПЭВМ: DVD/CD-дисководов, жестких дисков, тюнеров и т. д.

Все современные компьютерные колонки многополосные, так как ни один существующий динамик не сможет воспроизвести достаточно широкий диапазон частот, который воспринимает человеческое ухо. Поэтому в корпус колонки устанавливается несколько динамиков, чаще всего два: высокочастотный (от 2 до 15...20 кГц) и среднечастотный (от 100 Гц до 10 кГц). Низкочастотный динамик

(20...150 Гц), как правило, выносятся в отдельный корпус — сабвуфер.

Для сабвуферов широко применяется акустическая схема, в которой диффузор динамика не выведен на лицевую панель колонки, а находится внутри корпуса, на перегородке.

В сабвуфер может встраиваться усилитель с ручной регулировкой баланса, уровня громкости, низких и высоких частот и выходами для подключения фронтальных и тыловых колонок.

Параметры динамиков играют большую роль в обеспечении качественного звука, но очень многое зависит и от конструкции корпусов колонок, поэтому предпочтительнее применять колонки из дерева, поскольку именно этот материал обладает хорошими поглощающими свойствами, которые обеспечивают чистоту звука.

Акустические колонки бывают пассивные и активные (с встроенным усилителем).

Акустические системы характеризуются следующими параметрами:

- мощность;
- частотный диапазон;
- коэффициент гармоник (искажений звука);
- амплитудно-частотная характеристика (зависимость усредненного уровня звукового давления от частоты);
- чувствительность (отношение уровня звукового давления от излучателей к подводимой электрической мощности).

В настоящее время простую стереосистему из двух колонок обозначают 2.0 (первая цифра указывает количество колонок, вторая — количество сабвуферов).

Первые многоканальные акустические системы имели обозначение 4.0, в состав которых входили соответственно четыре колонки (две фронтальных и две тыловых), а в схеме 4.1 добавлен сабвуфер.

Следующий тип акустических систем уже обладает полноценным 6-канальным объемным звуком. Речь идет об акустике 5.1, в состав которой входят две фронтальные колонки, две тыловые, одна центральная и сабвуфер.

Для качественной акустики в центральной и фронтальных колонках обычно размещают два широкополосных и один высокочастотный динамик. Тыловые колонки осуществляют поддержку музыкальных композиций при создании трехмерных спецэффектов. Систему 5.1 можно считать минимально достаточной для домашнего кинотеатра на основе ПЭВМ.

Недавно стали использовать 8-канальные системы 7.1 и 7.2 (они очень похожи). В этой акустике добавились еще две колонки — тыловые центральные, а в системе 7.2 используются два сабвуфера.

4.5.3. Наушники

Наушники, или головные телефоны, предназначены для персонального прослушивания речи, музыки и других звуковых сигналов.

По месту установки наушники подразделяются на вставные (крепятся на ушную раковину), внутриканальные (вставляются в ушной канал) и накладные (накладываются на ухо).

В наушниках в основном используются излучатели с плоской мембраной.

Для обеспечения хорошего качества звука при производстве наушников применяют специальные материалы: титан, улучшающий чувствительность в области высоких частот, или майлар, уменьшающий искажения звука, и наиболее мощные магниты из сплава неодима, железа и бора. Так как наушники носят в течение долгого времени, очень важно обеспечить пользователю необходимый комфорт, который зависит от массы, габаритных размеров наушников и их давления на уши. Поэтому иногда «чашки» накладных наушников устанавливают на шарнирах, т. е. делают вращающимися.

Значение имеет и конструкция амбушюров, влияющих на удобство эксплуатации и уменьшающих давление на ухо. Амбушюры — мягкие прокладки, расположенные на внутренней стороне наушников. Конструкция амбушюров может быть накладной либо иметь вид валика, окружающего ухо.

Простые наушники оснащены накладными амбушюрами — мягкими подушечками, которые не охватывают ушную раковину, а прилегают к ней. Большинство моделей наушников имеют окружающие ухо амбушюры, значительно снижающие давление на ушную раковину. Амбушюры с валиком формируют замкнутое пространство и лучше воспроизводят низкие частоты и блокируют внешние помехи.

Наушники бывают открытого (полузакрытого) и закрытого типов. Наушники открытого типа обычно имеют на наружной поверхности решетку, металлическую сетку или небольшие отверстия и не изолируют ухо от шумов окружающей среды.

Наушники закрытого типа создают замкнутую акустическую среду, поэтому при малых уровнях громкости хорошо блокируют значительные шумовые помехи внешней среды.

Новые технологии — интернет-телефония, видеоконференции, интерактивное обучение, распознавание речи — привели к необходимости конструктивного объединения наушников с микрофоном и выпуску так называемых мультимедийных гарнитур.

Одни модели наушников больше подходят для работы со стационарными системами, другие — с мобильной аппаратурой, но в любом случае возникает необходимость обеспечения пользователю дополнительного удобства — свободы движений и перемещений.

В результате сформировался новый вид наушников — беспроводных, так как отсутствие проводного соединения снимает ряд традиционных ограничений на организацию рабочего места оператора.

Наушники осуществляют прием звука в радиочастотном диапазоне, имеют регулятор громкости и питаются от встроенных гальванических элементов.

В спецификациях к наушникам, как правило, приводятся величины частотного диапазона, выходного сопротивления (в омах или килоомах) и номинальной мощности (в милливаттах или ваттах), а для гарнитур указывают чувствительность микрофона (в децибелах). Для беспроводных наушников дополнительно приводят несущую частоту (в мегагерцах) и радиус действия в идеальных условиях (в метрах).

Для подключения проводных наушников используется стандартный штекер 3,5 мм.

4.5.4. Микрофоны

Микрофон — это электроакустический прибор для преобразования звуковых колебаний в электрические сигналы. Применяют микрофоны в телефонии, радиовещании, телевидении, системах звукоусиления и звукозаписи.

По принципу действия микрофоны подразделяются на угольные, электродинамические, электростатические (конденсаторные и электретные), пьезоэлектрические и электромагнитные; по направленности действия — на ненаправленные, односторонне направленные (кардиоидные) и двусторонне направленные.

Микрофоны характеризуются следующими параметрами.

Чувствительность (осевая чувствительность) микрофона — отношение напряжения на выходе микрофона к воздействию на него звуковому давлению при заданной частоте (как правило,

1 000 Гц), выраженное в милливольтках на паскалях (мВ/Па). Чем больше это значение, тем выше чувствительность микрофона.

Номинальный диапазон рабочих частот — диапазон частот, в котором микрофон воспринимает акустические колебания и в котором нормируются его параметры.

Неравномерность частотной характеристики — разность между максимальным и минимальным уровнем чувствительности микрофона в номинальном диапазоне частот. У большинства микрофонов нелинейные искажения очень малы, если звуковое давление не превышает номинального значения по всему диапазону преобразуемых частот.

Модуль полного электрического сопротивления — значение выходного или внутреннего электрического сопротивления микрофона на частоте 1 кГц.

Характеристика направленности — зависимость чувствительности микрофона (на определенной частоте) от угла между осью микрофона и направлением на источник звука.

Уровень собственного шума микрофона — выраженное в децибелах отношение эффективного значения напряжения при воздействии на микрофон полезного сигнала с эффективным давлением 0,1 Па.

Частотная характеристика микрофона в значительной степени зависит от его конструкции и технологии изготовления. На частотной характеристике микрофона всегда наблюдаются отдельные подъемы и провалы, обусловленные резонансом деталей подвижной системы микрофона и воздушных полостей. Чтобы сделать частотную характеристику более равномерной, а полосу пропускания частот более широкой, свободные колебания деталей иногда заглушают (демпфируют) резиновыми или поролоновыми прокладками, но неизбежно уменьшают чувствительность микрофона.

Характеристика направленности микрофона зависит от устройства его приемной части. Если энергия звукового поля может воздействовать только на одну сторону подвижной системы (диафрагмы), то микрофон будет приемником давления. Если же в микрофоне для звуковых волн открыты обе стороны подвижной системы (поэтому она реагирует на разность звуковых давлений, действующих на обе стороны диафрагмы), то микрофон становится приемником градиента давления или скорости.

Микрофон как приемник давления не обладает резко выраженной направленностью и имеет, особенно в области низких частот, круговую характеристику направленности. С повышением частоты она принимает вытянутую форму.

Микрофон как приемник градиента давления или скорости имеет характеристику направленности в виде восьмерки, т. е. обладает двусторонней направленностью.

Комбинируя электрическую схему соединений двух разных микрофонов давления и скорости, можно добиться значительного изменения характеристики направленности — сделать ее односторонней в виде кардиоиды, супекардиоиды или гиперкардиоиды (рис. 4.32).

Применяются также комбинированные микрофоны из двух различных приемников, конструктивно скомпонованных в единой акустической системе. Сочетанием двух таких микрофонов можно создать приемник с остронаправленной диаграммой, что позволит улучшить качество передачи звука из помещения с высоким шумовым фоном.

В порошковом угольном микрофоне угольная или металлическая мембрана под действием звуковых волн колеблется, изменяя плотность и, следовательно, электрическое сопротивление находящегося в капсуле и прилегающего к мембране угольного порошка. Вследствие этого сила тока, протекающего через микрофон, также изменяется. В результате многолетнего улучшения конструкции и электрических параметров был создан угольный микрофон капсульного типа, который раньше широко применялся в телефонии. Диапазон воспроизводимых частот — 300 ... 3 400 Гц.

В электродинамическом микрофоне катушечного типа применяется диафрагма из тонкой полистирольной пленки или алюминиевой фольги, жестко связанная с катушкой из тонкой проволоки, находящейся в кольцевом зазоре магнитной системы. При колебаниях диафрагмы под действием звуковой волны витки катушки,

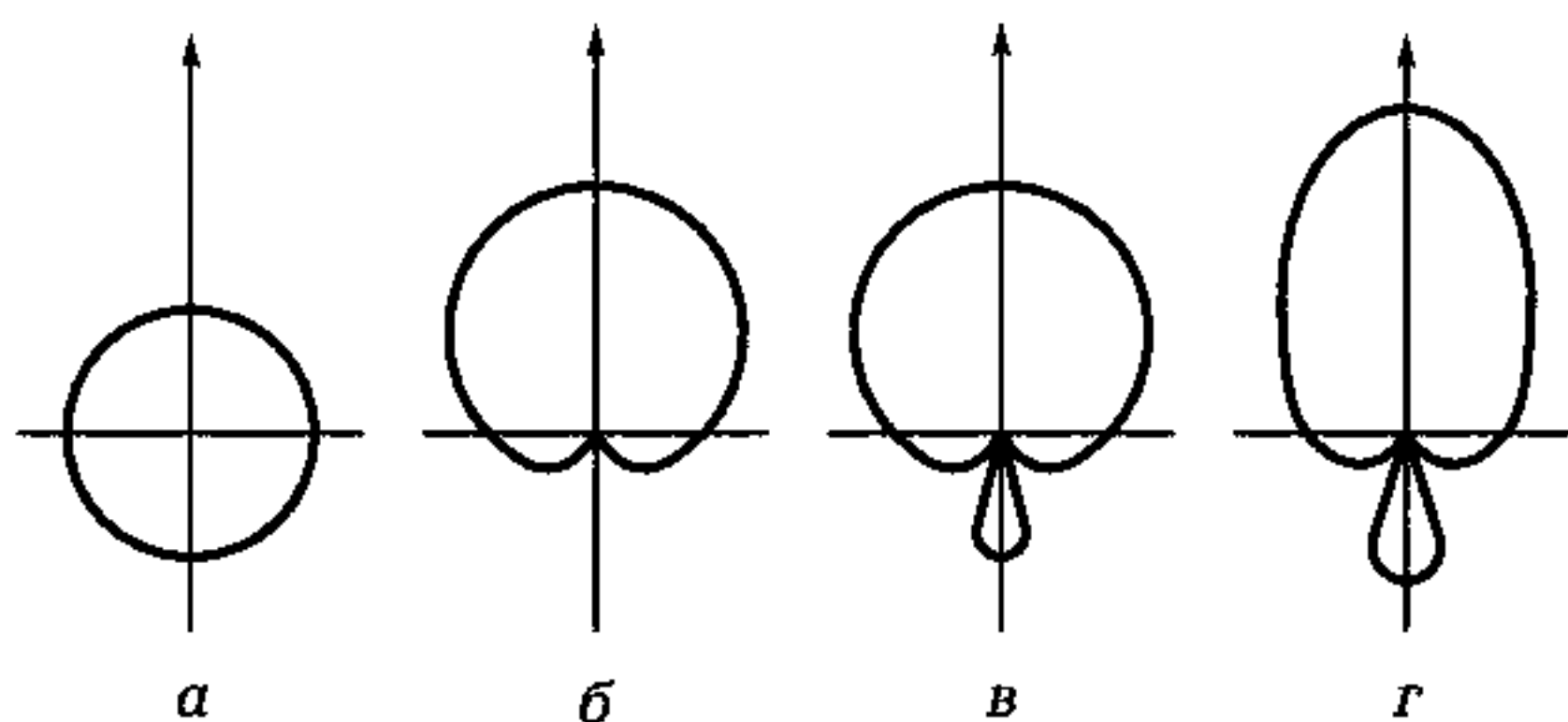


Рис. 4.32. Диаграммы направленности микрофонов:

а — круговая; б — кардиоида; в — суперкардиоида; г — гиперкардиоида

электрический эффект). Диапазон воспроизводимых частот — 100...5 000 Гц.

В *электромагнитном микрофоне* звуковые волны воздействуют на мембрану, жестко связанную со стальным якорем, при колебаниях которого в зазоре постоянного магнита на выводах неподвижной катушки из провода, намотанного поверх якоря, возникает напряжение. Диапазон воспроизводимых частот — 300...5 000 Гц.

Все проводные микрофоны имеют стандартный штекер 3,5 мм для подключения к звуковой плате ПЭВМ.

В стереофоническом радиовещании и звукозаписи применяют систему из двух одинаковых однонаправленных микрофонов (чаще конденсаторных или электродинамических). Они размещаются в общем корпусе, вплотную один под другим, так что их диаграммы направлены под углом 90° относительно друг друга (стереофонический микрофон).

В спецификациях к микрофонам указывают вид диаграммы направленности, чувствительность (в децибелах) на частоте 1 кГц, полосу пропускания (в герцах), выходное сопротивление (в килоомах).

4.5.5. Тюнеры

Тюнер (от *англ.* tuner — радиомеханизм настройки) предназначен для приема и демодуляции высокочастотного эфирного радиосигнала и относится к мультимедийному классу устройств ПЭВМ.

Тюнеры имеют хорошую чувствительность, обеспечивают устойчивый прием радио- и телепередач, подключение видеоманитов, видеокамер и проведение видеоконференций.

По конструктивному исполнению тюнеры бывают внешние (подключаются к ПЭВМ через USB или между видеоадаптером и монитором), внутренние (вставляются в слоты расширения ISA, PCI, или PCI Express) и встроенные в видеоплату. Для воспроизведения звука тюнеры используют звуковую плату.

Соединитель S-Video используется в большинстве TV-тюнеров, так как он поддерживается многими устройствами бытовой видеоаппаратуры.

По функциональному назначению тюнеры подразделяются на FM-тюнеры (радиоприемники) и TV-тюнеры (телевизионные приемники), но выпускаются и совмещенные FM/TV-устройства.

В состав любого тюнера входит высокочастотный блок, непосредственно связанный с приемной антенной, отвечающий за при-

пересекая магнитные силовые линии магнитной системы, создают на своих выводах переменное напряжение. Такой микрофон имеет простую конструкцию и небольшие габаритные размеры, надежен в эксплуатации. Диапазон воспроизводимых частот — 30... 15 000 Гц.

В *электродинамическом микрофоне ленточного типа* вместо катушки в магнитном поле располагается гофрированная ленточка из очень тонкой (около 2 мкм) алюминиевой фольги. Такой микрофон применяется главным образом для музыкальных передач из студий. Диапазон воспроизводимых частот — 50... 15 000 Гц.

В *электростатическом конденсаторном микрофоне* звуковое давление действуют на тонкую металлическую мембрану, изменяя расстояние и, следовательно, емкость между мембраной и металлическим неподвижным корпусом, представляющими собой пластины электрического конденсатора. При колебаниях мембраны емкость конденсатора меняется с частотой воздействующего на мембрану звукового давления. При подведении к пластинам постоянного напряжения изменение емкости вызывает появление тока через конденсатор, сила которого изменяется в такт с колебаниями звуковой частоты.

Микрофон имеет высокое выходное сопротивление и выдает достаточно сильный сигнал (десятки милливольт), однако он нуждается во внешнем источнике питания (обычно около 3... 4 В). В некоторых микрофонах используется встроенный источник питания. Диапазон воспроизводимых частот — 30... 15 000 Гц. Такие микрофоны используются в высококачественных системах звукозаписи и звукопередачи.

Электростатические электретные микрофоны по принципу действия являются теми же конденсаторными, но постоянное напряжение в них обеспечивается зарядом электрета, нанесенного тонким слоем на мембрану, сохраняющим этот заряд продолжительное время (более 30 лет). Электреты — это диэлектрики, способные длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внешнего воздействия, вызвавшего электризацию (электрические аналоги постоянных магнитов). Электреты применяются как источники постоянного электрического поля.

В *пьезоэлектрическом микрофоне* звуковые колебания, действуя на пластину из пьезоэлектрика, вызывают на ее поверхности появление электрических зарядов. Электричество возникает при поляризации кристалла пьезоэлектрика в отсутствие электрического поля при упругих деформациях (прямой пьезо-

ем телевизионного или радиосигнала и селекцию каналов. Его чувствительность, в первую очередь, определяет качество приема и помехоустойчивость тюнера.

Современные тюнеры используют полупроводниковые высокочастотные блоки, выполненные на базе микросхемы. Они достигли такого качества приема, что начали вытеснять традиционные экранированные блоки с индуктивностями, переменными (построечными) конденсаторами и транзисторами, которые сложны в производстве и требуют ручной настройки.

FM-тюнеры обеспечивают прием радиостанций УКВ (FM-диапазон), сканируя радиодиапазон в полосе частот 62... 108 МГц. Как правило, тюнер в процессе настройки фиксирует каналы и определяет формат передачи звука (моно или стерео).

Тюнеры обладают достаточной чувствительностью для приема слабых сигналов при прослушивании отдаленных радиостанций и использовании обычной наружной антенны. Современные тюнеры могут принимать не только стандартные FM и другие диапазоны, но и сигналы новых цифровых стандартов, обеспечивая при этом высокое качество звука.

TV-тюнер в диапазоне частот 950... 2 150 МГц может принимать цифровые и аналоговые телеканалы и позволяет пользователю:

- смотреть телевизионные программы на мониторе;
- подключать внешние источники видеосигнала;
- записывать (захватывать) отдельные видеокадры и потоковое видео;
- в домашних условиях выполнять компьютерный видеомонтаж любительской и профессиональной съемки.

Внешние TV-тюнеры, подключаемые между видеокартой и монитором, работают без участия ПЭВМ, так как телевизионное изображение напрямую выводится на монитор. Другие тюнеры для формирования изображения задействуют видеокарту и вычислительный ресурс компьютера.

Кроме высокочастотного блока важной частью любого компьютерного TV-тюнера является аналогово-цифровой преобразователь, который предназначен для обеспечения приема аналогового телевидения дискретной ПЭВМ, а в цифровом TV-тюнере (если он оборудован аналоговыми видеовходами) — для преобразования сигналов от внешних видео- и аудиоустройств.

В современных TV-тюнерах для разгрузки процессоров компьютеров все чаще применяют так называемые аппаратные кодировщики, поддерживающие аппаратное сжатие в MPEG-1, MPEG-2.

Технические характеристики современных TV-тюнеров обеспечивают:

- работу в стандартах SECAM (телевизионное вещание в России), PAL и NTSC;
- автоматическую точную настройку и подстройку до 200 телевизионных каналов;
- частоту повторения более 30 кадров в секунду;
- разрешающую способность не менее 800×600 пикселей;
- полноэкранный и оконный просмотр;
- предварительный просмотр на экране нескольких каналов;
- изменение масштаба изображения;
- поддержку стандартного разрешения захвата кадра 768×576 для SECAM;
- работу с форматами сжатия MPEG-1, MPEG-2;
- получение из Интернета списка телевизионных программ;
- создание и запись CD- и DVD-дисков и др.

Некоторые TV-тюнеры могут принимать телетекст, снабжены пультами дистанционного управления и практически по своим возможностям ни в чем не уступают обычным телевизорам.

Как правило, такие устройства имеют развитое программное обеспечение, позволяющее проводить дополнительную обработку и сохранять видеоизображение и отдельные кадры в файлах. При захвате видео происходит неизбежная потеря его качества из-за компрессии изображения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение звуковых плат?
2. Что представляет собой звук? Чем характеризуется музыкальный звук?
3. В чем заключается импульсно-кодовая модуляция?
4. Для чего служат аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи?
5. Какие методы применяются для синтеза звукового сигнала?
6. Назовите основные характеристики звуковых карт.
7. Что такое динамический диапазон?
8. На чем основан алгоритм сжатия аудиосигнала?
9. Перечислите основные параметры, характерные для современных звуковых плат.
10. Какие дополнительные возможности предоставляют современные звуковые платы?
11. От чего зависит качество звуковоспроизведения ПЭВМ?

12. Что такое сабвуфер?
13. Перечислите характерные параметры акустической системы.
14. Назовите типы наушников.
15. Перечислите характеристики наушников.
16. Назовите типы микрофонов.
17. Перечислите параметры, которыми характеризуются микрофоны.
18. Назовите основные узлы и параметры тюнеров.
19. В чем вы видите различие между телевизором и TV-тюнером?

ПОРТАТИВНЫЕ ПЭВМ

5.1. НОУТБУКИ

Постоянное совершенствование элементной базы настольных персональных ЭВМ и особенно успехи в разработке ЖК-экранов привели к появлению новой разновидности ПЭВМ — различных модификаций переносных средств вычислительной техники: сначала лаптопов (от *англ.* lap top — наколенник), затем ноутбуков (от *англ.* notebook — блокнот) и мобильных PDA (Personal Digital Assistant — личный цифровой секретарь) — карманных персональных компьютеров (КПК).

Характерная особенность всех портативных ПЭВМ — это конструктивная и функциональная законченность изделий, так как все необходимые и достаточные вычислительные ресурсы компьютера сконцентрированы в одном корпусе.

Обеспечивая пользователю работу на необорудованных рабочих местах и в транспорте, ноутбуки обладают возможностью подключения периферийных устройств: полноразмерных клавиатур, внешних мониторов и накопителей, стационарных ПЭВМ и т.д. Для наращивания ресурса аппаратного обеспечения широко применяются карты PCMCIA (рис. 5.1) различных размеров, не требующие при установке дополнительной настройки и поддерживающие подключение без выключения питания.

Ноутбуки в значительной степени подвержены механическим и климатическим воздействиям окружающей среды и требуют от пользователя особого и очень бережного отношения.

В полной мере повышенной устойчивостью к механическим повреждениям обладают лишь модели ноутбуков промышленного и военного исполнения в ударопрочных и вибростойких корпусах, со специальными покрытиями экранов, с влагонепроницаемыми клавиатурами и рабочим температурным диапазоном от -20 до $+55$ °С.

В бытовых и офисных ноутбуках производители защищают от физических повреждений наиболее важные компоненты: жесткий

диск, экран и клавиатуру. Для защиты ноутбука при переноске выпускаются специальные сумки.

В стационарных ПЭВМ жесткий диск подвергается механическим нагрузкам (в основном при транспортировании), а в ноутбуке вероятность его повреждения от сотрясений, вибраций и одиночных ударов, а также во время работы достаточно велика.

Защита жестких дисков сориентирована на использование в ноутбуках гасящих колебания прокладок, специальных креплений, угловых амортизаторов и надежной парковки головок. Когда головки диска находятся в нерабочем состоянии — припаркованы в безопасной зоне, т.е. отведены от пластин, хранящих информацию, жесткий диск может выдержать значительную тряску, существенный удар и даже падение ноутбука. В рабочем состоянии головка располагается в нескольких микронах от поверхности, и если удар произошел во время считывания или записи информации, то происходит касание головки о пластину и, как следствие, ее физическое повреждение с потерей данных.

Механизм действия защиты заключается в обнаружении резких перемещений ноутбука в пространстве с помощью сенсора движения (трехосного акселерометра), устанавливаемого на материнской плате. При превышении допустимого ускорения формируется сигнал срочной парковки головок накопителя.

В ноутбуках используется воздушное охлаждение с помощью процессорного кулера, так как объем внутри корпуса всегда очень ограничен и разместить дополнительный вентилятор не представляется возможным.

Самый доступный вариант эффективного улучшения теплового режима ноутбука на стационарном рабочем месте — использование внешних вентиляторов.

Подставка с вентиляторами сконструирована по типу док-станции и пристыковывается к основанию ноутбука (рис. 5.1). В такие устройства включают несколько коммутационных разъемов дополнительных интерфейсов (часто USB-разъемы, иногда — кар-



Рис. 5.1. Карты стандарта PCMCIA

тридеры) для расширения функциональных возможностей ноутбуков.

Подставка (поддон) располагается под ноутбуком, поэтому не очень удобна в эксплуатации, так как увеличивает высоту расположения клавиатуры относительно поверхности стола.

Обычно эти устройства оснащены двумя или четырьмя вентиляторами 60 × 60 мм со скоростью вращения 3 000 об./мин, которые обеспечивают поступление воздуха непосредственно в нижние входные вентиляционные отверстия компьютера.

К особенностям эксплуатации ноутбуков относится необходимость использования автономного или внешнего сетевого источника питания.

Сетевые блоки питания для большинства ноутбуков по конструкции практически одинаковы (отличаются номиналом питания и мощностью) и не имеют защиты от нестабильности бытовой или промышленной сети. Они подвержены отказам при скачках входного напряжения, включении в электрическую сеть без нагрузки и неисправных аккумуляторах, поэтому желательно использовать сетевой фильтр, стабилизатор напряжения и следить за состоянием автономного питания.

Ноутбуки могут оснащаться дополнительными блоками питания от бортовой сети автомобиля и самолета для обеспечения работы в пассажирских салонах.

Время автономной работы ноутбука зависит от емкости и правильной эксплуатации встроенных аккумуляторов. Чтобы сохранить на длительное время работоспособности некоторых типов аккумуляторов, их перед первым включением ноутбука необходимо тренировать, проведя пять-шесть циклов полного разряда-заряда. Технология тренировки заключается в быстром разряде и быстром заряде аккумулятора.

Почти все ноутбуки имеют два режима зарядки: быстрый (2... 3 ч), когда компьютер подключен к электросети, но выключен, и медленный (5... 8 ч), когда аккумулятор подзаряжается во время работы компьютера.

Для продления срока автономной работы от аккумулятора все портативные компьютеры имеют режимы уменьшенного энергопотребления.

В ждущем режиме отключаются устройства с наибольшим энергопотреблением (жесткий диск, подсветка дисплея и др.), режим «сон» обеспечивает еще большую экономию энергопотребления, так как до минимума снижается тактовая частота микропроцессора.

Потребительские свойства ноутбуков зависят от эргономических показателей, дизайна и целого ряда технических характеристик: быстродействия, объема доступной памяти, номенклатуры интерфейсов, наличия беспроводного соединения, габаритных размеров, массы, продолжительности работы от аккумуляторов.

По своим техническим возможностям некоторые современные ноутбуки успешно заменяют настольные персональные компьютеры, незначительно уступая им в производительности, а по ряду эргономических параметров и дизайну превосходят их.

Конструкции ноутбуков очень разнообразны — от портативных рабочих станций, заменяющих стационарные ПЭВМ, до малогабаритных и миниатюрных изделий. Они не поддаются стандартизации и могут быть унифицированы лишь в пределах модельного ряда одного производителя.

Габаритные размеры ноутбуков в основном зависят от размеров экрана, соотношения его сторон и от системной платы.

В зависимости от области применения, ряда общих и разделительных признаков ноутбуки группируют по массогабаритным показателям или по функциональным параметрам.

К настоящему времени сложилась условная классификация, которая зависит от позиционирования моделей ноутбуков производителями: мобильные рабочие станции (дескноуты); мультимедийные, планшетные, имиджевые, ультракомпактные ноутбуки, а также ноутбуки для бизнеса и бюджетные (самые доступные) ноутбуки.

Дескноуты выделяются высокой производительностью и повышенной функциональностью, они сориентированы на полноценную замену настольных ПЭВМ. Обычно такие устройства отличаются большим широкоформатным (16:10) и 17-дюймовым экраном с высоким разрешением (до 1 600 × 1 200 пикселей), эргономичной полноформатной клавиатурой, графическим адаптером с видеопамью не менее 512 Мбайт, встроенным оптическим мультимедийным DVD-дисководом. Они имеют большой объем оперативной памяти (1 ... 4 Гбайт) и, как правило, мощный высокочастотный процессор с тактовой частотой до 3 ГГц, используемый в настольных ПЭВМ.

Отдельные модели выпускаются с встроенной цифровой веб-камерой, TV- и FM-тюнерами, рассчитаны на установку двух DVD-приводов или жестких дисков (более 300 Гбайт). Ноутбуки комплектуются устройствами связи: стандартными проводными модемами, сетевыми картами LAN 10/100, инфракрасными портами, радиосредствами Wi-Fi и Bluetooth.

Для внешнего обмена информацией используются разъемы для подключения микрофона, линейного входа и наушников (стерео), S/PDIF, второго монитора, параллельного и USB-портов, разъем встроенного модема (RJ-11), разъем для соединения с локальной сетью (RJ-45).

Некоторые модели ноутбуков имеют модульные отсеки с заглушкой (препятствующей попаданию пыли) для удобной установки новых или сменных устройств. Как правило, отсеки можно использовать для установки запасного аккумулятора, накопителя на гибких дисках и накопителя на компакт-диске.

Однако у десктопов есть существенные недостатки: при работе они сильно нагреваются из-за значительной выделяемой тепловой мощности комплектующими элементами; требуют аккумуляторы повышенной емкости, но с малым временем автономной работы (1,5...2,0 ч); имеют ограниченную мобильность из-за размеров и массы (более 4 кг).

Вычислительный ресурс мобильных рабочих станций позволяет пользователю выполнять задачи, связанные с исследовательской и инженерной деятельностью.

Мультимедийные ноутбуки, или мобильные медиацентры, эффективно используются для обработки больших фотоизображений и высококачественного видео- и аудиомонтажа, обладают расширенной поддержкой мультимедийных функций:

- демонстрация фильмов DVD с многоканальным звуком;
- воспроизведение музыки качества Hi-Fi и 3D-игры.

Для воспроизведения объемного звука обычно используются два или четыре встроенных динамика (иногда с сабвуфером), аналоговый и цифровой выходы на стационарные колонки. Для хранения видеоданных применяются быстрые жесткие диски с объемом не менее 300 Гбайт и DVD-приводы с поддержкой считывания и записи двухслойных носителей.

Мультимедийные ноутбуки имеют процессор с тактовой частотой до 2 ГГц и оперативную память не менее 2 Гбайт. Некоторые модели дополняются встроенными веб-камерами и микрофонами для организации видеоконференций, цифровыми TV- и FM-тюнерами.

Мультимедийные ноутбуки оснащаются широкоформатными или обычными дисплеями с диагональю не менее 20 дюймов с разрешением 1 920 × 1 200 пикселей высокой яркости и контрастности, регулируемой от уровня освещенности, с широкими углами обзора, многослойным покрытием, уменьшающим блики. Встроенный видеоадаптер имеет объем памяти более 256 Мбайт и стандартные разъемы для подключения телевизора: D-Sub, S-Video, VGA-out.

Как правило, они оборудуются инфракрасным портом, интерфейсами FireWire, Wi-Fi или Bluetooth и устройством считывания флэш-карт: Memory Stick/Memory Stick Pro, SD, XD и MMC.

Масса ноутбуков может достигать 8 кг.

С совершенствованием технологии создания сенсорных экранов появился новый тип ноутбуков — *планшетный персональный компьютер* (Tablet PC), позволяющий осуществлять рукописный ввод данных при помощи стилуса. Планшетные ноутбуки выпускаются с клавиатурой или без нее и имеют возможность перемещать экран в нескольких плоскостях, используя шарнирное соединение.

Наличие сенсорного покрытия снижает яркость, углы обзора экрана и ограничивает его диагональ до 14 дюймов.

Ноутбук-трансформер выглядит, как планшет, если экран развернуть вокруг горизонтальной оси и положить рабочей стороной вверх.

В последнее время получает развитие более мобильный вид планшетного компьютера — Ultra-Mobile PC (UMPC), который занимает промежуточное положение между ноутбуком и КПК.

Современные UMPC имеют массу около 700 г, оснащены 7-дюймовым сенсорным дисплеем с разрешением 1 024 × 600 пикселей, процессором с тактовой частотой 900 МГц, оперативной памятью объемом 512 Мбайт, жестким диском объемом более 40 Гбайт, а в отдельных конфигурациях — встроенными модулями GPS, Wi-Fi и Bluetooth.

Основной особенностью *имиджевых ноутбуков* является эксклюзивный дизайн с применением дорогостоящих материалов, что ограничивает их массовое производство.

Остальные типы ноутбуков (кроме нетбуков) функционально незначительно отличаются друг от друга, имеют стильный дизайн и длительное время автономной работы. Все они снабжены оптическими приводами DVD, жесткими дисками объемом не менее 120 Мбайт, устройствами беспроводной связи, портами USB, имеют быстродействие от 1,2 до 2,0 ГГц и более и массу 1,0 ... 2,5 кг. Большинство из них выпускается с широкоформатным экраном (15 или 17 дюймов) с разрешением 1 280 × 768 пикселей, модемом и сетевой картой.

Нетбук (Netbook) — минимизированный ноутбук с экраном 7 ... 12 дюймов — ориентирован для работы с Интернет и некоторыми офисными программами.

Наращивание аппаратных средств у всех ноутбуков осуществляется путем применения PCMCIA-карт (PC Card), для которых были определены три типа габаритных размеров: Type I, Type II и Type III. Карты имеют одинаковый размер в длину (85,6 мм) и ширину (54 мм)

и различаются толщиной: толщина I типа — 3,3 мм; II типа — 5 мм посередине и 3,3 мм по краям; PC Card III типа более толстые (10 мм) и не могут устанавливаться в разъем, предназначенный для первых двух типов карт. В картах реализована технология «горячего» подключения устройств, т. е. для подключения устройства не требуется выключать компьютер.

В настоящее время ноутбуки перестраиваются на новый стандарт ExpressCard, который стал логическим продолжением совершенствования возможностей PCMCIA-карт и увеличил за счет использования шины PCI Express скорость передачи данных примерно в 1,5 раза.

Расширение номенклатуры устройств в формате ExpressCard происходит непрерывно. Уже существует множество адаптеров: видеографики, беспроводных сетей, цифровых телефонных станций, внешних оптических накопителей и других аппаратных компонентов.

Эти устройства выпускаются с двумя типоразмерами карт: ExpressCard/54 и ExpressCard/34 (см. рис. 5.1).

Габаритные размеры обеих карт одинаковы по длине (75 мм) и толщине (5 мм), а ширина составляет соответственно 54 и 34 мм (знаменатель в обозначении карты — это ширина карты в миллиметрах). Конструкция ExpressCard позволяет подключать их в один типовой слот ноутбука.

Распространенные модели ноутбуков комплектуются широкоформатными 15-дюймовыми экранами с глянцевым покрытием, мультимедийными DVD-приводами, жестким дисководом, аналоговым модемом или сетевой картой, беспроводной связью, слотом ExpressCard, двумя или тремя портами USB и клавиатурой.

Как правило, ноутбуки имеют клавиатуру с 84...86 клавишами; в качестве встроенных манипуляторов применяются *трекбол*, *трекпойнт* — специальная гибкая клавиша, прогиб которой в ту или другую сторону пальцем перемещает курсор в нужном направлении, и наиболее чаще *трекпад* — небольшая сенсорная панель.

При помощи сенсорной панели можно пальцем перемещать курсор по экрану. Клавиши сенсорной панели используются для выбора и выполнения команд. Они соответствуют кнопкам обычной двухкнопочной мыши. Планка сенсорной панели обозначена стрелками и служит для прокрутки изображения.

Для отображения режимов работы применяются светодиодные индикаторы:



— индикатор режима работы;

-  — индикатор включения радиоадаптера Wi-Fi;
-  — индикатор состояния зарядки аккумулятора;
-  — индикатор доступа к дисководам;
-  — индикатор Caps Lock;
-  — индикатор Num Lock;
-  — индикатор упрощенного запуска (тихий режим).

При включении тихого режима уменьшается скорость вращения вентилятора процессора, так как в этом режиме процессор и графика работают с пониженной производительностью.

Системные платы у ноутбуков не стандартизованы (их унификация обеспечивается производителем только в пределах одного модельного ряда). В основном они комплектуются мобильными одноплатными и двухъядерными процессорами, изготовленными по технологии Intel Centrino и пришедшими на смену процессорам Pentium M. Большинство плат рассчитаны на установку двух модулей оперативной памяти типа DDR или DDR2 и подключение внешнего монитора.

Для расширения портов ввода-вывода и обеспечения быстрого соединения ноутбука со стационарным периферийным оборудованием иногда в офисах используют стыковочную станцию (док-станцию).

Большинство ноутбуков использует жесткие 2,5-дюймовые дисководы. В последнее время намечается тенденция их замены на твердотельную память SSD.

Эксплуатация ноутбуков связана с различного рода рисками пользователей, которые имеют физическую и информационную природу: кража компьютера, хищение и несанкционированное изменение (удаление) данных.

Самый простой способ предотвратить хищение ноутбука — это прикрепить его к какому-нибудь тяжелому или крупному предмету (например, к рабочему столу), используя специальное устройство — замок Кенсингтона.

Замок представляет собой гибкий металлический трос с обычным или кодовым замком. Защелка фиксируется на корпусе компьютера, а трос надежно закрепляется к какому-нибудь предмету с помощью замка.

Прочность гибкого троса, изготавливаемого из высокопрочных сплавов, очень велика, поэтому без ключа (секретного кода) и ме-

таллорежущих инструментов устранить такую защиту практически невозможно.

Другой способ защиты ноутбука от злоумышленников — применение датчиков движения и звуковой сигнализации с помощью РС-карт. Эти устройства при попытке переместить компьютер с места подают звуковой сигнал тревоги с уровнем 100... 110 дБ (для человека болевой порог — около 130 дБ), который спугнет нарушителя. Опционально можно выбрать уровень срабатывания сигнализации и тип звукового сигнала. Кроме того, РС-карта в зависимости от настройки может инициировать или удаление, или шифрование данных на жестком диске; для дополнительной защиты применяется мягкий кабель, повреждение которого также приводит к звучанию сирены.

Одной из разновидностей звуковой сигнализации является дистанционная охрана на базе радиоканала. Передатчик размещается в сумке или прикрепляется к ноутбуку, а миниатюрный брелок-приемник находится у пользователя.

Корпоративная конфиденциальная информация требует более высоких гарантий безопасности, которые обеспечиваются в основном аппаратно-программными методами легального доступа с применением оптического сканера отпечатков пальцев, USB-ключа и смарт-карты.

Достаточно простой и надежный способ идентификации пользователя — использование сканера отпечатков пальцев (такой сканер отдельные модели ноутбуков имеют в своем составе). Оpozнaвание человека происходит по папиллярным линиям одного или нескольких пальцев (отпечатки пальцев заранее вводятся в компьютер).

Так как все ноутбуки оснащаются USB-портами, еще проще использовать USB-ключи на основе флэш-памяти, хранящей коды доступа и ключи шифрования.

Смарт-карты имеют ограниченное применение, так как для их считывания необходимо наличие картридера.

Подделать отпечатки пальцев практически невозможно, смарт-карты и USB-ключи — очень трудно, но они могут быть потеряны или украдены.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем отличаются ноутбуки от настольных ПЭВМ?
2. Назовите типы ноутбуков и области их применения.
3. Из каких основных узлов состоят ноутбуки?
4. Назовите особенности эксплуатации ноутбуков.
5. Какие технические средства применяют для защиты ноутбуков?

6. Чем отличаются планшетные ноутбуки от других типов ноутбуков?
7. Почему ноутбуки невозможно стандартизировать?

5.2. КАРМАННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Прототипом карманных персональных компьютеров были малогабаритные устройства — электронные органайзеры (электронные записные книжки), внешне напоминавшие распространенный калькулятор. Функциональные возможности органайзеров программировались изготовителем, а пользователю были доступны ограниченные объемы памяти для хранения деловой информации, упрощенный текстовый редактор для ее обработки и небольшой монохромный ЖК-дисплей на несколько строк.

Затем были разработаны палмтопы (наладонники) — микрокомпьютеры массой до 500 г, помещающиеся на ладони одной руки.

Современное воплощение КПК получили с созданием и развитием мобильных операционных систем Palm OS и Windows CE. Операционные системы позволяют КПК вести обмен информацией с другими ПЭВМ и подключать их к локальным и глобальным компьютерным сетям. Современные версии ОС обеспечивают поддержку качественной графики и звука, больших объемов памяти, увеличивая ресурсные возможности КПК и приближая их к ноутбукам.

Все комплектующие миниатюрны (бескорпусное исполнение) и тесно интегрированы на печатной плате, благодаря чему КПК весят около 200 г и легко помещаются на ладони (поэтому их еще называют наладонниками).

Существенным изменением стало наличие во всех КПК цветного экрана и значительное повышение производительности, сравнимой с ПЭВМ 1980-х гг. Быстродействия процессора вполне хватает на выполнение большинства мультимедийных приложений.

Обширный модельный ряд КПК условно подразделяется по их функциональным возможностям на высший класс, средний и бюджетный.

Общими для КПК *высшего класса* являются:

- высокая производительность (520 ... 624 МГц);
- наличие модулей беспроводной связи IrDA, Bluetooth и Wi-Fi;
- увеличенный до 128 Мбайт объем оперативной памяти;
- сменные флэш-карты объемом до 4 Гбайт;
- наличие экрана с разрешением до 480 × 640 пикселей.

У среднего класса КПК частота процессора составляет 400... 520 МГц, ОЗУ — 64 Мбайт, экран с разрешением 320 × 480 пикселей. В зависимости от модели могут иметься или IrDA, или модули Bluetooth и Wi-Fi.

Наиболее многочисленным и востребованным является *бюджетный класс* КПК, который в основном оснащен процессорами с частотой до 300 МГц и модулями памяти объемом 32 Мбайт с разрешением экранов до 320 × 320 пикселей. Для беспроводной связи могут иметься или Bluetooth, или IrDA, редко — модуль Wi-Fi.

Большинство КПК имеют слоты расширения для наращивания памяти и подключения внешних устройств. Увеличение объемов постоянной памяти осуществляется твердотельными флэш-картами следующих стандартов: CompactFlash, MultiMedia Card, Secure Digital, Memory Stick и др.

Все КПК имеют цветной экран с диагональю не менее 3,5... 4,0 дюйма. Экраны чувствительны к нажатиям и используются как для отображения, так и для ввода, редактирования информации или управления, для чего используется специальное пассивное перо (стилус) или палец.

Конструкция карманного компьютера не сложная. Корпус, как правило, состоит из передней панели с экраном и задней крышки, совмещенной с аккумулятором.

Дисплей КПК — самый сложный узел. Он состоит из ЖК-матрицы с устройством подсветки и сенсорной панели.

Дисплеи бывают двух типов: рефлексивные и трансфлексивные.

У *рефлексивного дисплея* подсветка находится перед кристаллами матрицы. Свет отражается специальной преломляющей прослойкой вовнутрь экрана, после чего проходит сквозь кристаллы, отражается от подложки и выходит наружу.

У *трансфлексивного дисплея* подсветка и рассеивающая подложка специальной формы находятся за кристаллами матрицы. Изображение у такого экрана яркое, энергопотребление значительно меньше, чем у рефлексивного экрана.

Для снижения энергопотребления некоторые модели КПК имеют возможность автоматической адаптации интенсивности подсветки экрана к изменению внешней освещенности.

Другой составной частью дисплея является сенсорная панель, которая располагается поверх экрана. Она состоит из гибкой пленки и стеклянной основы. На пленку нанесены прозрачные вертикальные проводники, а на стекло — горизонтальные проводники. Кроме того, на стекле имеются мелкие точки прозрачного пластика, предотвращающие замыкание проводников при случайных механических воздействиях (например, при тряске корпуса). Надавли-

вание пером (пальцем) на экран приводит к прогибу пленки и точечному замыканию проводников на стекле и пленке, по которому определяются координаты места нажатия.

В КПК применяется виртуальная клавиатура, которая изображается на экране, поэтому при интенсивном использовании поверхности дисплея экран затирается пером, на него налипает пыль, от которой появляются царапины и потертости.

Чтобы защитить экран от механических повреждений, используют специальные защитные пленки, которые уменьшают зрительное напряжение пользователей при ярком освещении или на солнце. Пленки изготавливаются из тонкого и очень прозрачного материала с матовым, глянцевым, антибликовым и антистатическим покрытием.

Они бывают двух типов: с клеящим составом и без него. Фиксация пленки второго типа основана на эффекте статики и очень чистых и гладких прилегающих сторон. Такая пленка держится на дисплее за счет тонкого силиконового покрытия и отлично прилипает к гладким чистым поверхностям, не оставляя воздушных пузырьков. Пленка практически не царапается пером, легко снимается, моется; при этом нет ни каких ограничений на срок ее использования.

Пленка на клеевой основе не так совершенна и может прийти в негодность при переклейке.

Обычно пленки выпускаются специально под конкретную модель КПК, причем размер пленки меньше видимой части экрана на 0,5... 1,0 мм.

Большинство КПК питается от съемного блока с аккумулятором, поэтому пользователь легко может его заменять и использовать несколько запасных аккумуляторов для увеличения времени автономной работы. Сменный блок включает в себя дополнительные электронные схемы защиты аккумулятора от перезаряда и короткого замыкания, контроля режима «заряд—разряд» и измерения емкости (времени работы).

В большинстве случаев в КПК применяются ионно-литиевые или литий-полимерные аккумуляторы как имеющие наибольшую электрическую емкость по отношению к объему. Аккумулятор требует периодической зарядки от внешнего источника. Как правило, в комплекте с КПК поставляется сетевой блок питания, обеспечивающий его подзарядку. При подключении к ПЭВМ аккумулятор КПК автоматически подзарядается от интерфейса USB.

Емкость аккумулятора составляет не менее 1,8 А·ч и обеспечивает хранение информации в ОЗУ (при выключенном КПК) в течение 3 мес.

В некоторых моделях КПК, в которых программы хранятся в ОЗУ, предусмотрен резервный аккумулятор. Иногда он сменный, иногда запаян в плату. Резервный аккумулятор (при смене или разряде основного) обеспечивает хранение информации в течение примерно 70 ч.

В корпус КПК кроме экрана встроены микрофон диктофона, полифонический динамик, держатель пера, кнопки включения питания и управления, индикатор заряда аккумулятора, датчик автоматической регулировки яркости экрана, миниатюрные разъемы для флэш-карт и т. д.

Разъемы КПК позволяют подключать стереофонические наушники, внешнее питание и ПЭВМ, другие карты, например GPS-приемника и цифровой фотокамеры.

Для синхронизации обмена информацией с ПЭВМ используется кредл (cradle) — стыковочная станция (док-станция), подключаемая через USB-порт.

К кредлу может подсоединяться блок питания для зарядки аккумуляторов.

Как правило, в КПК реализуется возможность беспроводного соединения с помощью инфракрасного порта или радиосвязи по технологии Bluetooth и Wi-Fi стандарта 802.11b.

Беспроводная связь Bluetooth позволяет осуществлять:

- синхронизацию с ПЭВМ для передачи файлов;
- установление связи с телефоном, оборудованным устройством Bluetooth, для его использования в качестве беспроводного модема;
- подключение к другому устройству через виртуальный COM-порт;
- создание персональной сети (PAN).

КПК может быть полноправным клиентом локальной или корпоративной сети. Беспроводное подключение к сети обеспечивается через точку доступа Wi-Fi.

Радиосвязь Wi-Fi позволяет:

- работать с сетью Интернет;
- подключаться к корпоративной локальной сети (доступ к общим папкам и сетевым ресурсам);
- использовать виртуальные частные сети;
- пользоваться точками доступа к сети и т. д.

Благодаря поддержке роуминга между точками беспроводного публичного доступа (аэропорты, вокзалы и т. д.) пользователи могут продолжать работать с ресурсами сети Интернет даже во время перемещения по территории покрытия беспроводной сети.

Передача данных в инфракрасном диапазоне может использоваться для обмена информацией в пределах видимости с клавиатурой, дистанционного управления бытовой техникой и выхода в Интернет через мобильный телефон.

Для ввода информации в КПК часто используется беспроводная малогабаритная клавиатура, которая подключается по инфракрасному порту. Маленький размер клавиш и их ограниченное количество (несоответствие обычной клавиатуре) в большинстве беспроводных клавиатур и является их самым главным недостатком.

Слоты расширения дают возможность установки в КПК дополнительной памяти в формате флэш-карт или других устройств.

Условия эксплуатации КПК: диапазон рабочих температур — от 0 до 50 °С, относительная влажность воздуха — до 90 %; температура хранения — от –20 до 60 °С.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные параметры КПК.
2. Почему требуется защита экрана КПК и чем она обеспечивается?
3. Как сохраняются программы в КПК при его выключении?
4. Какие устройства подключаются к КПК?
5. В чем заключается сходство КПК и планшетных ноутбуков?
6. Для чего нужна док-станция?
7. Какие средства беспроводной связи используют в КПК?

ПЕРИФЕРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

6.1. УСТРОЙСТВА ВВОДА ИНФОРМАЦИИ

6.1.1. Сканеры

Сканер — это измерительный прибор, который, подвергая точечному оптическому анализу прозрачные или непрозрачные плоские изображения, текст или объемные объекты, создает их цифровые копии.

По способу работы с носителем изображения сканеры подразделяются на следующие разновидности:

- планшетные — представляют собой планшет с прозрачным стеклом, на котором размещают объект сканирования; используются для домашнего и офисного копирования бумажных документов;
- ручные — по поверхности объекта сканер перемещается вручную, служит для считывания штрихкода или переноса изображений в ноутбуки;
- листопротяжные — лист бумаги протягивается по направляющим роликам внутри сканера; используются в офисах для копирования больших объемов документации;
- планетарные (книжные сканеры) — при сканировании не имеют контакта с объектом, применяются для профессионального ввода и копирования книг, сброшюрованных документов, толстых и крупноформатных оригиналов, а также легко повреждающихся документов;
- барабанные — объект располагается на внутренней или внешней стенке прозрачного цилиндра (барабана), который вращается вокруг своей оси; применяются в высококачественной полиграфии;
- слайд-сканеры — объектом сканирования являются пленочные слайды.

Наибольшее распространение в качестве периферийных устройств ПЭВМ получили планшетные сканеры для работы с бумажными документами стандартного распространенного формата А4 (лист размером 29,7 см в длину и 21 см в ширину).

В планшетных сканерах для копирования изображения применяются две базовые технологии на основе CCD (Charge-Coupled Devices — прибор с зарядовой связью) и CIS (Contact Image Sensor — контактный датчик изображения), в которых используется способ построчного проецирования изображения на линейку фотосенсоров с помощью подвижного источника света.

Основной механический узел сканера — это каретка с источником света, которая может двигаться в двух направлениях. К сканирующей каретке жестко прикреплен зубчатый ремень, который приводит в движение шаговый электродвигатель.

В *планшетных CCD-сканерах* каретка последовательно с дискретным шагом перемещается относительно объекта копирования, расположенного на прозрачном неподвижном стекле, а изображение при помощи системы зеркал проецируется через объектив на линейку ПЗС.

Объект кладется на стекло планшета сканируемой поверхностью вниз. Под стеклом располагается подвижная каретка с длинной лампой и рефлекторным отражателем (рис. 6.1).

Сканеры приходится оснащать сложной оптической системой, чтобы проецировать широкую строку изображения на линейку ПЗС меньшей длины.

При сканировании лампа перемещается от начала к концу стекла планшета и за каждый шаг двигателя целиком копируется полоска отображаемого объекта. Линейка ПЗС фиксирует отраженную от объекта информацию строку за строкой, по мере того как лампа пошагово перемещается от начала к концу стекла (страницы документа).

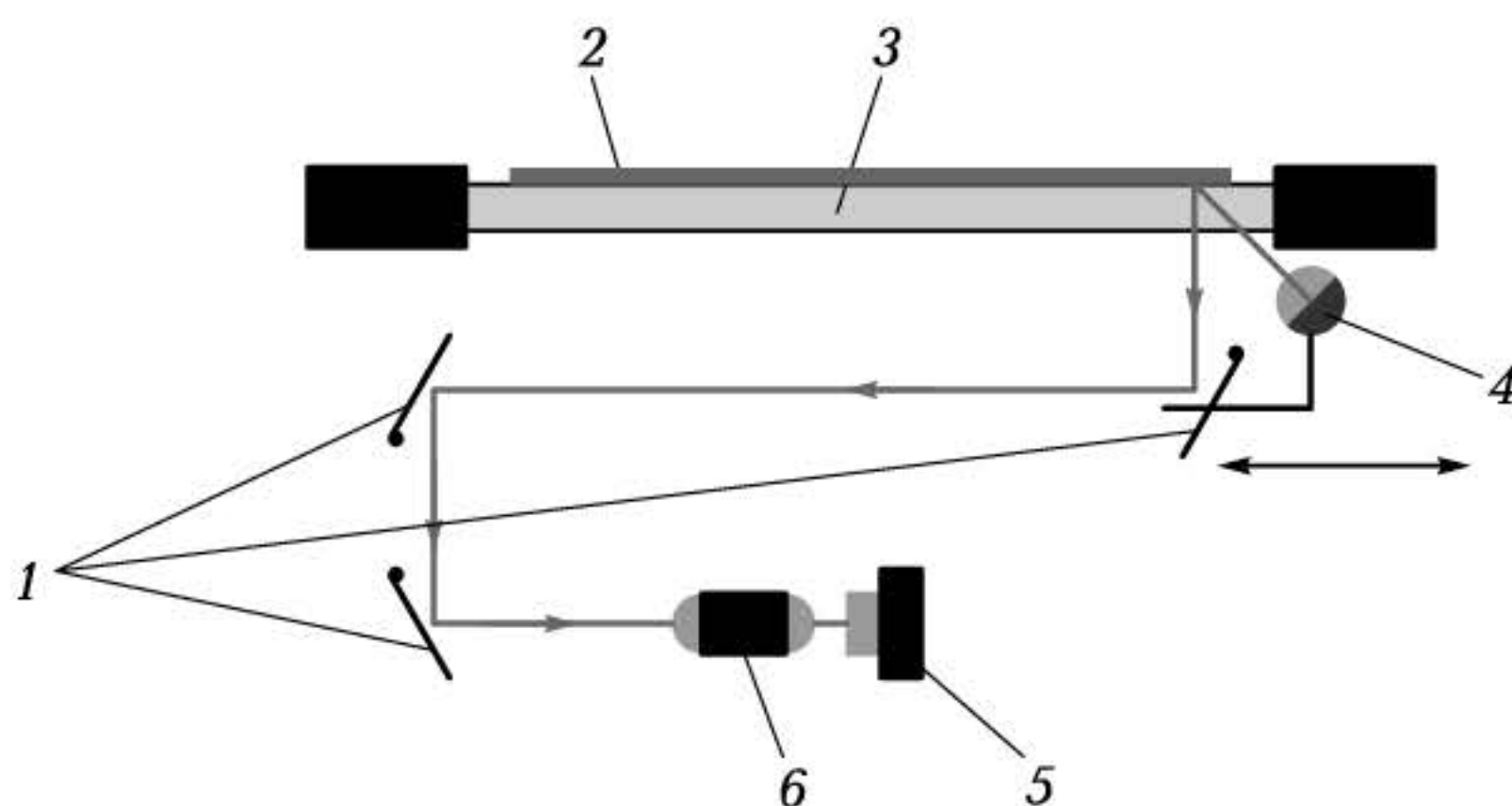


Рис. 6.1. Схема планшетного CCD-сканера:

1 — система зеркал; 2 — объект сканирования; 3 — предметное стекло; 4 — каретка с лампой; 5 — линейка ПЗС; 6 — объектив

При использовании одной линейки ССD-сканирование выполнялось за три прохода, т.е. каретка три раза проходила вдоль объекта, последовательно считывая данные о красном, зеленом и синем цвете с помощью сменных светофильтров перед ПЗС или ламп разного диапазона свечения.

Для однократного сканирования в сканерах устанавливают три линейки ПЗС с разными цветными фильтрами, поэтому все три цвета записываются одновременно.

В качестве источника света преимущественно применяются люминесцентные лампы с холодным катодом. Они имеют большой срок службы (около 5 000... 10 000 ч), но медленно переходят в рабочий режим (время разогрева лампы составляет от 30 с до нескольких минут). По этой причине в некоторых сканерах лампы не отключают после сканирования.

Чтобы скомпенсировать старение характеристик лампы (а это неизбежно происходит при длительной эксплуатации), сканеры перед копированием автоматически выполняют процедуру калибровки светового потока по черно-белой мишени, располагающейся внутри его корпуса.

Линейка ПЗС трансформирует изменения цвета и яркости принимаемого светового потока в аналоговые электрические сигналы. Они обрабатываются в целях коррекции цветопередачи, после чего поступают на аналого-цифровой преобразователь, а затем цифровая информация передается в ПЭВМ.

Строки изображения считываются по точкам. Чем больше светочувствительных элементов в линейке ПЗС, чем больше точек снимается с единицы длины и тем больше оптическое (горизонтальное) разрешение сканера. Аппаратное (вертикальное) разрешение определяется точностью механики сканера и количеством шагов каретки на дюйм изображения.

Единицей измерения разрешения является показатель количества точек, которые сканер в состоянии воспринять на одном линейном дюйме объекта — dpi (dots per inch — точек на дюйм).

Поэтому в документации на сканер указываются два значения (например, 600 × 1 200 dpi): первое число задает горизонтальное разрешение, которое определяется количеством элементов (пикселей) в линейке ПЗС, а второе число задает вертикальное разрешение, которое обуславливается количеством шагов двигателя на дюйм.

Для повышения разрешающей способности применяют способ удвоения оптической разрешающей способности — VAROS (VARIABLE Refraction Optical System — оптическая система с изменяемым преломлением) и двойное сканирование.

Сканирующее устройство на основе VAROS дополняет традиционную схему планшетного сканера подвижной стеклянной пластиной, расположенной между объективом и ПЗС-линейкой.

При первом сканировании пластина располагается перпендикулярно отраженному световому потоку; при втором сканировании она поворачивается на небольшой угол, поэтому считывание происходит со смещением в 0,5 пиксела. Программное обеспечение объединяет результаты двух этапов сканирования, что позволяет получать вдвое больше данных, т.е. удваивать реальное разрешение.

Планшетный CIS-сканер имеет более простую конструкцию — в нем не используется система зеркал. Отсутствие сложной оптической системы делает CIS-сканер более экономичным и компактным.

В сканере применен подвижный фотосенсор в виде линейки фотодиодов с микролинзами, конструкция которого совмещена с тремя рядами красных, синих и зеленых светодиодов, предназначенных для освещения объекта копирования. Светодиоды не инерционны, обладают небольшими габаритными размерами и малым энергопотреблением (рис. 6.2).

Фото- и светодиоды располагаются очень близко к поверхности стекла, поэтому CIS-сканеры имеют небольшие габаритные размеры и практически нечувствительны к механическим воздействиям.

Цилиндрические микролинзы фокусируют отраженный от оригинала свет на элементы сенсорной линейки, размер которой соответствует максимальной ширине поверхности стекла сканера.

В некоторых планшетных сканерах используется способ LIDE (LED InDirect Exposure — не прямое светодиодное экспонирование), дополняющий CIS-технологию. В LIDE-сканерах в качестве источника света используются трехцветные светодиоды, последо-

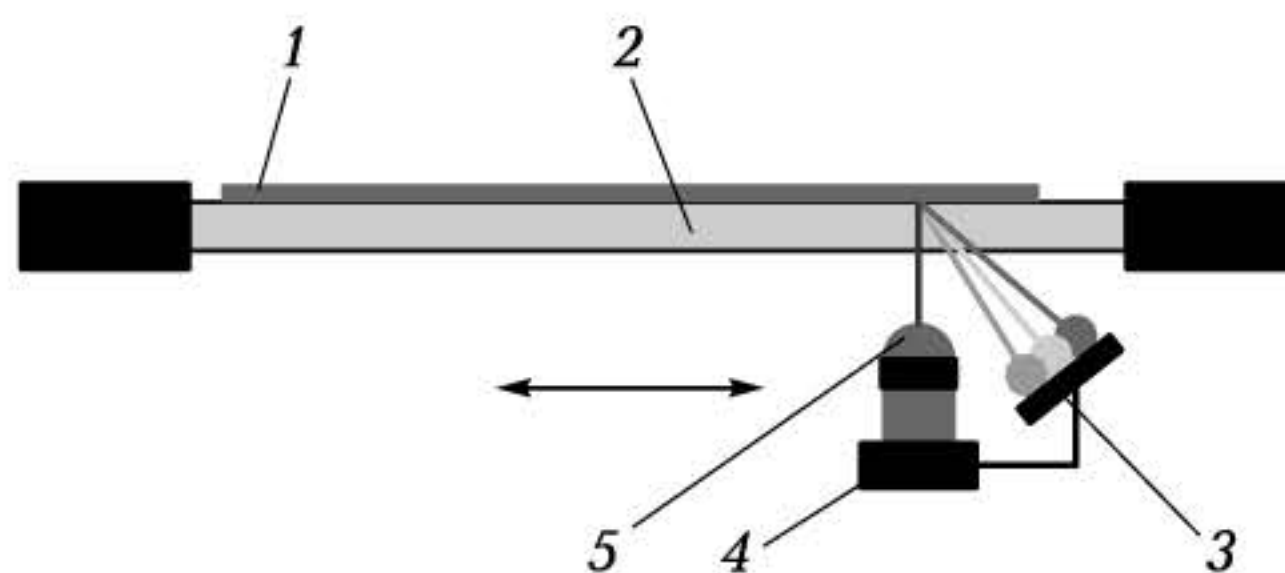


Рис. 6.2. Схема планшетного CIS-сканера:

1 — объект сканирования; 2 — стекло; 3 — светодиодный источник света; 4 — линейка CIS; 5 — микролинзы

вательно меняющие с большой частотой спектр излучаемого света, и специальный световод. LIDE-сканеры компактны, их датчики отличаются сверхвысокой чувствительностью, имеют малое энергопотребление (возможно питание от порта USB) и допускают вертикальную установку при помощи специальной подставки.

Сканеры с CCD-линейкой обладают большей глубиной резкости и разрешением до 2 400 dpi (CIS-устройства — до 1 200 dpi), поэтому имеют преимущественное распространение.

Однако простота и миниатюрность конструкции CIS-линейки позволяют создавать уникальные ручные мини-сканеры (не больше авторучки) для копирования текстов и цветных изображений формата A4.

При копировании сканер на специальных роликах продвигается вручную вдоль поверхности изображения. Отсканированные документы с разрешением 400 dpi сохраняются во внутренней памяти или на съемной карте памяти сканера и могут быть переданы в ПЭВМ через USB-порт.

Для качественного копирования цветных изображений достаточным можно считать разрешение 600×1200 dpi. Сканирование текста обычно происходит с разрешением около 200 ... 400 dpi, чего вполне хватает для оптимальной работы программ распознавания символов и печати на большинстве принтеров.

Кроме значений горизонтального и вертикального разрешения сканеры характеризуются также глубиной (разрядностью) цвета, оптической плотностью и глубиной резкости.

Глубина цвета показывает, насколько точна цветовая гамма отсканированной точки. В современных ПЭВМ каждая точка кодируется 24 битами, т.е. на представление каждого основного цвета (красный, зеленый, синий) отводится по 8 бит, поэтому такая разрядность поддерживается большинством сканеров.

Внутри сканера кодировка цвета может быть увеличена до 48 бит. Повышение числа разрядов позволяет проводить цветовую коррекцию изображения без внесения искажений. Градации серого цвета кодируются 16 разрядами.

Оптическая плотность, или *динамический диапазон* (обозначается D), показывает, насколько точно различаются близлежащие оттенки затемненных или очень светлых участков. Значение D определяется разницей между самым светлым тоном, который сканер отличает от белого, и самым темным тоном, но отличным от черного цвета.

Теоретически 24-битный сканер не может иметь диапазон шире 2,4D; 30-битный — 3D; 36-битный — 3,6D.

Глубина резкости определяет максимальное расстояние от поверхности стекла, на котором можно получить резкое изображение (например, у ССD-сканеров глубина резкости составляет около 30 мм, у CIS-сканеров — не более 3 мм).

Сканеры оснащают АЦП для оцифровки цвета, специализированными процессорами и буферной памятью объемом около 2 Мбайт.

Для обеспечения взаимодействия с программными приложениями ПЭВМ используют драйвер сканера. Наиболее распространенное подключение — интерфейс USB.

В основном сканеры имеют минимум органов управления, так как все необходимые настройки и осуществление сканирования задаются с компьютера.

6.1.2. Графические планшеты

Графический планшет, или дигитайзер (digitizer — оцифровыватель), первоначально разрабатывался для профессиональных целей автоматизированного проектирования на ЭВМ и использовался в основном в машиностроении, конструкторских бюро и картографии.

В настоящее время дигитайзер широко применяется в быту для ручного ввода в ПЭВМ двумерных и многоцветных рисунков в виде растрового изображения из множества пикселей.

Любой графический планшет состоит из стилуса (пера) и плоского рабочего поля, чувствительного к нажатию и предназначенного для определения координат перемещения пера при прорисовке изображения.

Рабочая площадь планшета обычно соответствует одному из стандартных бумажных форматов.

Кроме установления координат в современных графических планшетах фиксируется уровень давления пера на рабочую поверхность, его наклон и направление движения.

Как известно, компьютерная мышь жестко не привязана к системе координат, так как при ее работе используется относительная адресация.

Поэтому самое главное отличие планшета с пером от обычной мыши — абсолютная адресация рабочего поля, т.е. координаты пера на поверхности планшета соответствуют точке курсора на экране монитора.

Преимущество заключается также в высокой разрешающей способности графических планшетов (2 500 dpi вместо 200 ... 400 dpi

у мыши), что обеспечивает достижение большей точности изображения.

Немаловажна также и чувствительность графических планшетов к нажатию.

Дигитайзеры для инженерных работ в основном отличаются бóльшим размером рабочей поверхности (до формата A0), количеством степеней свободы от взаимного положения планшета и пера, возможностью использования специальной мыши с визиром и программируемыми клавишами.

Графические планшеты, предназначенные для профессионального рисования, выпускаются разных размеров (до формата A3) с высоким разрешением (около 2 000 dpi) и количеством градаций нажатия до 1 024, что позволяет создавать, ретушировать или копировать сложные изображения. Они чувствительны к наклону пера, поэтому в рисунках можно использовать размытые линии.

Размер рабочего поля наиболее распространенных дигитайзеров, как правило, составляет 4 × 5 или 4 × 6 дюймов, а функциональные возможности ограничены. Дигитайзеры начального уровня (бытового применения) имеют разрешение около 1 000 dpi, количество градаций нажатия 256; они и нечувствительны к наклону пера.

Рабочее поле планшета образует двухкоординатная матрица (как в сенсорных экранах) из сетки печатных проводников, которые замыкаются между собой под воздействием стилуса. Замыкание проводников, или их активизация, осуществляемая нажатием пера или бесконтактным способом, обнаруживаются контроллером планшета при сканировании их состояния более 200 раз в секунду.

В простейших дигитайзерах координаты точек рисунка фиксируются простым соединением двух проводов в месте нажатия пера на рабочую зону.

В электростатических планшетах регистрируется локальное изменение электрического потенциала сетки, создаваемое с помощью пьезоэлектрического эффекта при нажатии пером на рабочую поверхность. При давлении на кристалл пьезоэлектрика, включенного в пересечение проводников матрицы, возникает разность потенциалов, по которым определяется координата точки.

В таких планшетах в качестве пера применяются небольшие указки из пластмассы.

В более сложных бесконтактных планшетах используют электромагнитный способ взаимодействия стилуса и рабочего поля. В них применяются активные перья (с излучателем и питанием) и пассивные.

В активный стилус встроен передатчик, который излучает электромагнитные волны, а сетка матрицы является распределенным приемником радиоволн.

Прием обеспечивается автономными плоскими контурами (антеннами), включенными между координатными проводниками сетки.

В некоторых перьях автономный источник питания отсутствует — передатчик получает необходимое напряжение от приема и преобразования электромагнитного излучения, создаваемого специальной схемой планшета.

В другом бесконтактном способе применяют эффект электромагнитного резонанса в близко расположенных катушках индуктивности (контуров) пера и матрицы. При взаимодействии катушка пера изменяет параметры резонансного контура между координатными проводниками, что фиксируется контроллером планшета.

К достоинствам этих способов относится возможность подмешивания в сигналы, создаваемые пером, дополнительных данных: уровни нажатия кончика пера, состояние кнопок управления и т. д. Кнопки пера могут программироваться и практически дублируют кнопки мыши. В некоторых перьях противоположный конец используется для стирания.

Кроме того, рабочая поверхность планшета реагирует на перо без потери связи на расстоянии до 6 мм, что позволяет делать копии с толстых оригиналов изображений.

Для удобства работы на рабочей поверхности дигитайзера имеются функциональные панели, позволяющие изменять настройки рисования прикосновением пера, не прибегая к экранному меню.

Состояние планшета фиксируется светодиодным индикатором, размещенным на корпусе. Его свечение вызывается изменением режимов работы планшета. Индикатор указывает на переход планшета в активное состояние, увеличивает или уменьшает свою яркость при приближении или удалении кончика пера от рабочего поля, индикатор вспыхивает при касании пера любой рабочей области.

По периметру рабочего поля расположены программируемые сенсорные полосы, позволяющие управлять прокруткой документа, масштабированием, размером кистей и т. д.

Для подключения планшета к ПЭВМ обычно используется интерфейс USB, по которому он получает питание.

Для рукописного ввода информации используются специальные программы его распознавания и преобразования в текст.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите виды сканеров и область их применения.
2. В чем заключается сканирование изображений?
3. Опишите принципы работы планшетных сканеров.
4. Назовите основные характеристики сканеров.
5. Для чего используют графические планшеты? Назовите их основные параметры.
6. Какие способы ввода изображений применяются в дигитайзерах?
7. В чем заключается отличие активного пера от пассивного?

6.2. УСТРОЙСТВА ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

6.2.1. Принтеры

Принтер (от *англ.* printer — печатник) — это электромеханическое периферийное устройство ПЭВМ, предназначенное для преобразования и печати цифровой информации (текста, графики, фотографий) на материальном (как правило, бумажном) носителе в монохромном или цветном виде.

Принтеры характеризуются принципом действия печатающего механизма, форматом листа бумаги, качеством печати — максимальным линейным разрешением lpi (lines per inch — линий на дюйм) или dpi. Некоторые принтеры имеют устройства, анализирующие качество бумаги, и сами устанавливают необходимое разрешение.

В основном принтеры, предназначенные для распечатки документов, рассчитаны на максимальный формат А4.

Для печати фотографий используется другой размер бумаги — 10 × 15 см.

Принтеры, являясь растровыми устройствами, в отличие от мониторов используют для образования цветного изображения другие основные цвета: голубой, пурпурный и желтый. Наложение двух из этих цветов дает красный, зеленый или синий цвет, а смешивание трех цветов — черный.

По принципу действия принтеры подразделяются на три основные группы: лазерные, матричные и струйные.

Лазерный принтер использует электрографический метод печати, который широко использовался в копировальной технике.

Основное устройство лазерного принтера — это вращающийся барабан со светочувствительным покрытием, заряженным статическим электричеством (рис. 6.3).

В начале вывода изображения по поверхности фотобарабана зарядным валом равномерно распределяется статический заряд. При печати вращающийся фотобарабан экспонируется лучом лазера, который меняет в нужных местах заряд, тем самым помещая на его поверхность скрытое изображение. Мощность лазера с длиной волны 700...800 нм составляет несколько десятков милливатт. Для того чтобы поместить распечатку строки, луч отклоняется подвижной механической оптической системой по ширине листа.

При движении фотобарабана на него специальным магнитным валом наносится особый красящий порошок — тонер, который статическим зарядом притягивается к скрытому изображению, делая его видимым. Фотобарабан, контактируя с бумагой, переносит на нее тонер. Для того чтобы закрепить тонер на бумаге, она проходит через нагреватель, который спекает тонер с бумагой, закрепляя отпечаток изображения. После этого фотобарабан очищается от остатков тонера и разряжается в узле очистки для печати следующего листа. Одной заправки тонера может быть достаточно для печати более 1 000 страниц.

Основным рабочим материалом лазерного принтера является стандартная офисная бумага. Возможна также печать на конвертах и наклейках, не имеющих глянцевого покрытия.

Одним из достоинств лазерного принтера является высокая скорость печати черно-белых текстов, поэтому они в основном приме-

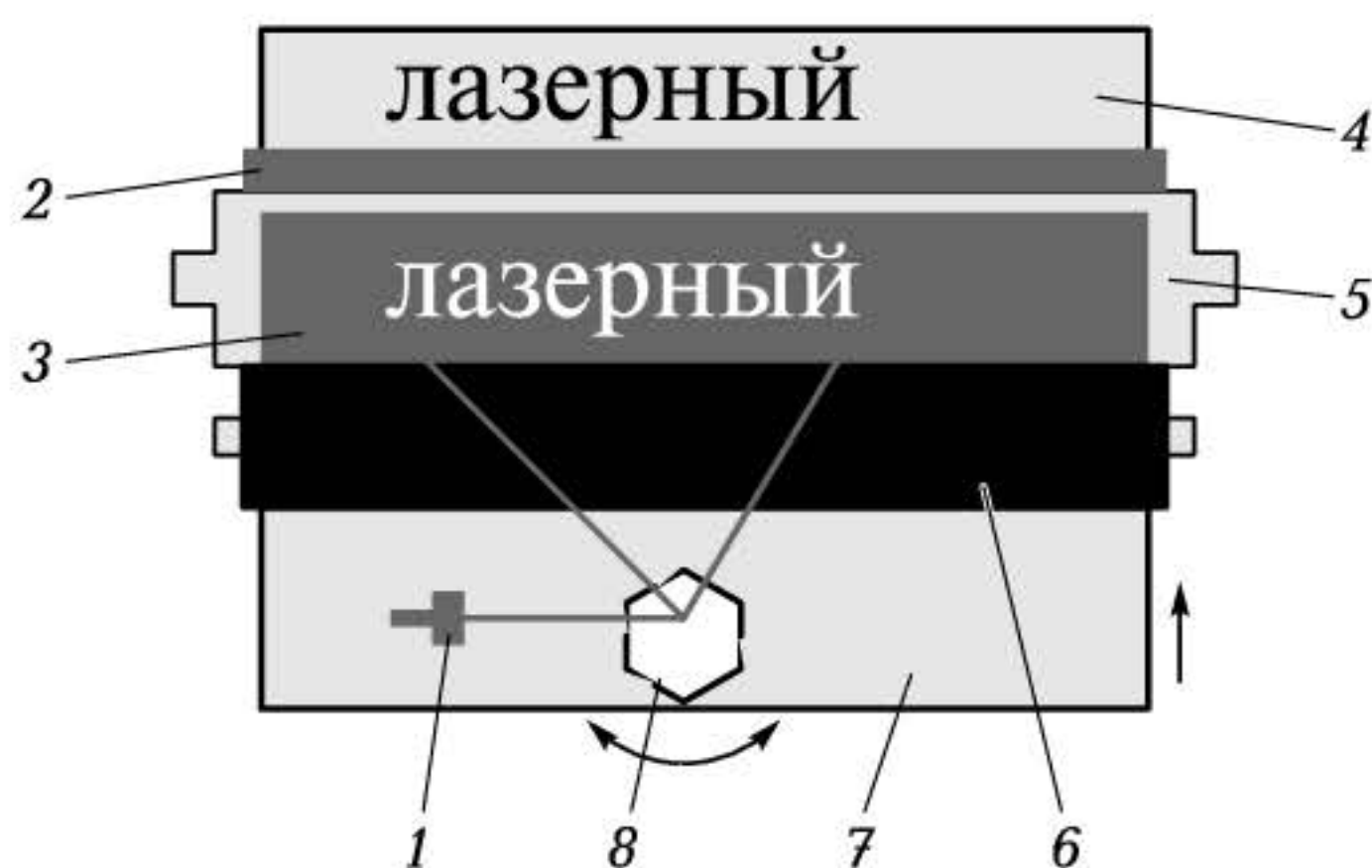


Рис. 6.3. Схема лазерной печати:

1 — лазер; 2 — узлы нагрева и очистки; 3 — осажденный тонер; 4 — отпечатанное изображение; 5 — фотобарабан; 6 — магнитный вал с тонером; 7 — бумага; 8 — подвижная оптическая система

няются в офисах с большим документооборотом. К недостаткам относится длительность начального разогрева узла, закрепляющего тонер, которая в среднем составляет 15... 30 с. Кроме того, лазерные принтеры во время работы выделяют вредный газ — озон, а при длительной печати появляется неприятный запах от нагревателя. Скорость печати формата А4 при черно-белой печати составляет в среднем 19 страниц в минуту, при цветной печати — меньше, так как изображение печатается за несколько проходов листа. Типовое разрешение — 1 200 × 1 200 точек на дюйм (dpi).

Лазерный принтер является устройством постраничной печати, что требует загрузки полной страничной информации. Для этого предусматривается буферная память объемом 8... 128 Мбайт, которую в некоторых моделях сетевых (многопользовательских) лазерных принтеров можно наращивать установкой дополнительных модулей. Для работы с большими файлами иногда применяется предварительное сжатие информации в ПЭВМ перед отправкой на печать.

На основе лазерной печати возникла светодиодная печать, в которой лазер с оптической системой заменен линейкой неподвижных светодиодов шириной в строку, что позволило упростить механику принтера, снизить уровень шума и уменьшить вред здоровью пользователей.

Матричные (ударные) принтеры были первыми печатающими устройствами ПЭВМ, работающими с красящей лентой, как электрические канцелярские пишущие машинки, и почти также шумно (рис. 6.4).

Матричные принтеры печатают при помощи головок с набором игловок, собранных в матрицу, поэтому их так и называют. Каждая иглолка матрицы приводится в действие отдельным электромагнитом. При работе катушки сильно разогреваются, поэтому для отвода теплоты используют радиаторы. Головка передвигается построчно вдоль листа; при этом иглолки ударяют по бумаге через красящую ленту, формируя точечное изображение.

Качество печати и скорость графической печати зависят от числа игловок. Выпускались принтеры с 9, 12, 14, 18, 24 и 36 игловками. Основное распространение получили 9- и 24-игольчатые принтеры.

Применяют в основном монохромные матричные принтеры (в некоторых может использоваться четырехцветная лента). Смена цвета производится смещением ленты вверх или вниз относительно печатающей головки. Печать, как правило, двунаправленная со скоростью более 400 знаков в секунду.

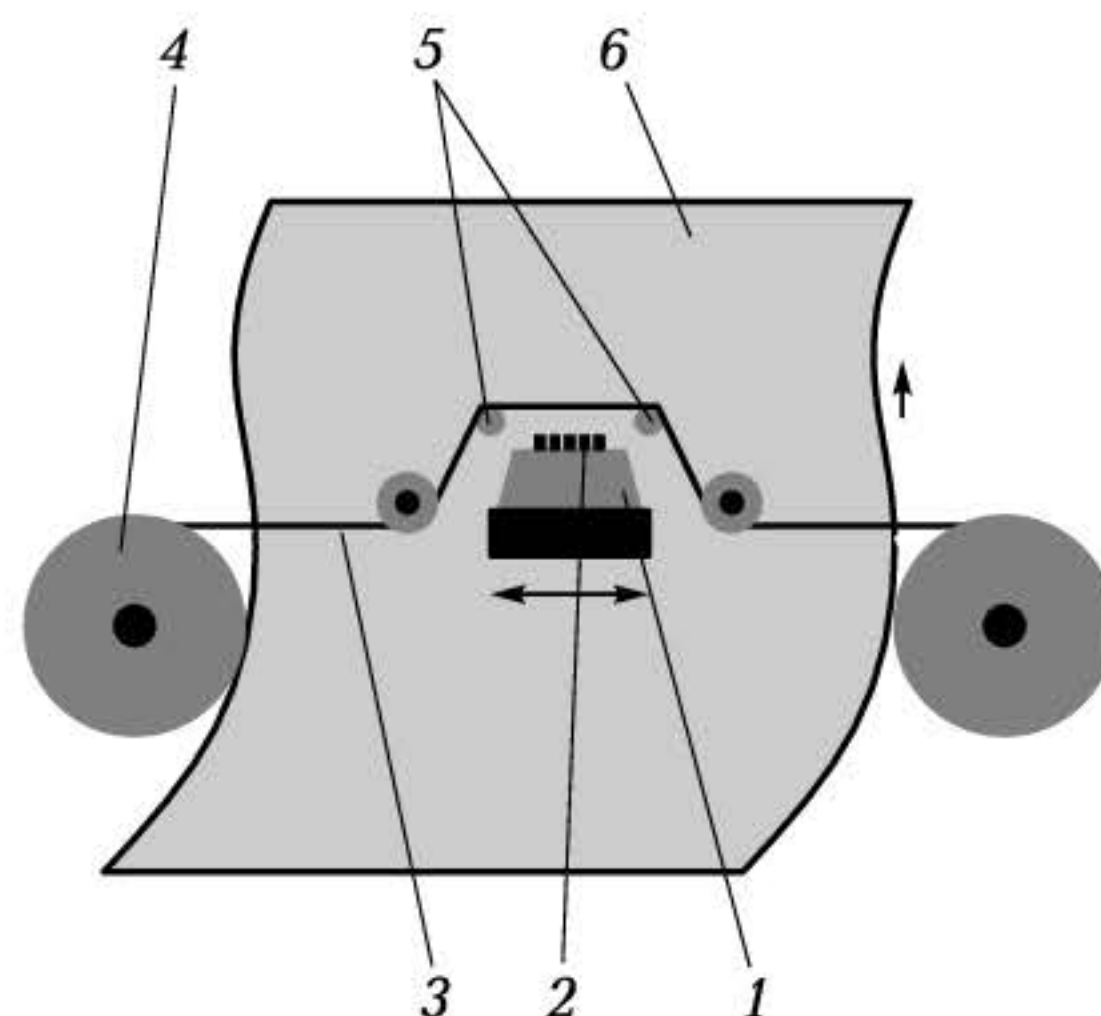


Рис. 6.4. Схема матричной печати:

1 — печатающая головка; 2 — матрица с иглами; 3 — красящая лента; 4 — катушка с лентой; 5 — направляющие стойки; 6 — бумага

Основными недостатками матричных принтеров являются: монохромность, низкая скорость работы и высокий уровень шума. Кроме того, со временем лента загрязняется от прямого контакта с бумагой и стирается от ударов иглол.

Матричные принтеры используются при печати очень больших объемов текстовой информации, документов под копирку (до шести копий) и на рулоне перфорированной бумаги. Объем буферной памяти составляет 32... 128 Мбайт.

Достоинством матричных принтеров является также то, что они очень просты в обслуживании и очень надежны (ресурс печатающей головки — более 200 млн знаков на иглу).

Струйная печать является самой распространенной среди частных пользователей ПЭВМ.

Струйные принтеры похожи на матричные тем, что изображение на носителе формируется из отдельных точек. Но вместо иглол в головках струйных принтеров используется матрица сопел, подающих на бумагу жидкий краситель (чернила) в виде капель объемом в несколько пиколитров. Поскольку размер каждого сопла существенно меньше диаметра иглы, количество сопел на головке может быть больше 100.

Печатающие головки струйных принтеров различаются по способу передачи красителя из сопла на бумагу: с непрерывной подачей и подачей по требованию (дискретного действия).

В головке с непрерывной подачей красителя струя чернил, постоянно выпускаемая из сопла каплями, направляется или на бума-

гу для нанесения изображения, или в специальный сборник. Разделение потока красителя на капли происходит под давлением акустической волны (частотой в десятки килогерц), создаваемой пьезокристаллом, расположенным на сопле. Капли, не предназначенные для формирования изображения, с помощью электростатической отклоняющей системы не попадают на бумагу, а возвращаются в резервуар с чернилами.

В современных принтерах наиболее распространен второй способ, когда подача капли красителя из сопла печатающей головки происходит только для формирования изображения.

Техническая реализация головок с подачей чернил по требованию имеет два конструктивных исполнения управления соплом: применением пьезоэлектрического эффекта и нагреванием чернил (термическая, или «пузырьковая», технология).

В первом случае используется обратный пьезоэффект, который заключается в механической деформации пьезокристалла под воздействием электрического поля. Изменение размеров пьезоэлемента, расположенного над выходным отверстием сопла и связанного с диафрагмой, приводит к выталкиванию капли и поступлению следующей порции чернил.

Главное достоинство технологии — повышенная долговечность печатной головки. Но если принтер долго не использовался, то чернила в соплах засыхают и головку, если ее невозможно промыть, приходится менять.

При реализации термической технологии в каждом сопле печатающей головки в контакте с чернилами находится микроскопический нагревательный элемент (обычно тонкопленочный резистор), температура которого при пропускании тока за микросекунды достигает около 500 °C (рис. 6.5).

При быстром нагревании краситель испаряется, мгновенно образуя паровой пузырек, который выталкивает каплю чернил из сопла на бумажный носитель. При отключении тока термозагревательный элемент быстро остывает, объем пузырька резко уменьшается и через входное отверстие сопла поступает следующая порция чернил.

Принтеры струйной термопечати средних моделей имеют скорость цветной печати около 18 страниц в минуту при разрешении 4 800 × 1 200 dpi.

Качество печати в струйных принтерах во многом зависит от состава чернил. Они должны быть влаго- и светостойкими, не должны осыпаться, размазываться по бумаге и позволять формировать микроскопические капли объемом один — четыре пиколитров.

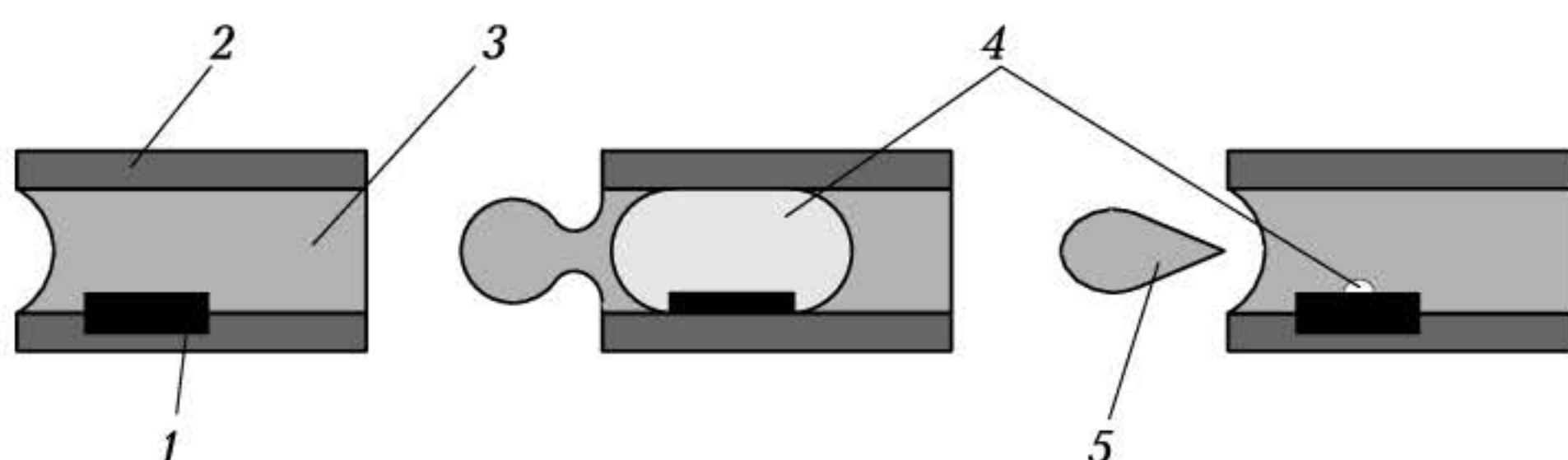


Рис. 6.5. Процесс формирования капли чернил:

1 — нагреватель; 2 — сопло; 3 — чернила; 4 — пузырек пара; 5 — капля чернил

Чернила подразделяются на две группы: пигментные и водорастворимые. Водорастворимые чернила лучше передают цвета, а пигментные чернила являются более водостойкими.

Чернила в струйных принтерах обычно находятся в двух картриджах с черным и цветным красителями. Для печати фотографий иногда используют третий картридж с дополнительными цветами. Картриджи выпускаются объемом более четырех пиколитров.

К струйным принтерам по ряду общих признаков можно отнести принтеры, использующие технологию термопечати: принтеры (твердочернильные) с твердым красителем и принтеры с сублимационной печатью.

В твердочернильных принтерах используют разноцветные брикеты красителей на основе воска. При печати они расплавляются специальным нагревательным элементом при температуре $60 \dots 70^\circ\text{C}$ и в жидком виде поступают в отдельные резервуары, а затем в печатающую головку. Головка, работающая на основе пьезоэффекта, как в струйном принтере, через сопла наносит капли расплавленных чернил на разогретый металлический барабан, с которого они, сохраняя вязкое состояние, и переносят изображение на бумагу.

Капли воскообразного красителя на бумаге застывают практически мгновенно, хорошо сцепляются друг с другом и обеспечивают воспроизведение ярких, насыщенных цветов и ровную заливку изображения.

Принтеры способны печатать на переработанной бумаге, конвертах, прозрачных пленках, неоднородных по толщине и типу материалах, однако они не могут быть использованы в домашних условиях, так как рассчитаны на непрерывную работу с большим количеством отпечатков.

Сублимационные принтеры работают на основе термопередачи, используя при печати эффект фазового перехода кра-

сителя из твердого состояния в газообразное, минуя стадию жидкости. Печатающая головка такого принтера состоит из линейки быстро нагреваемых точечных элементов, которые, воздействуя на специальную красящую ленту, осаждают краску на бумагу (рис. 6.6).

Печать нужного цвета происходит в несколько проходов: лента последовательно протягивается под прижатой к ней термоголовкой, состоящей из множества термозадающих элементов, которые быстро, нагреваясь до температуры около 400°C , возгоняют краситель в пар. Точки благодаря малому расстоянию между головкой и носителем получаются малого размера и стойки к выцветанию. Хорошее проникновение краски в носитель позволяет печатать и на пластике.

Скорость печати принтеров невысокая (около одного отпечатка в 1,5 мин), но она вполне достаточна для их использования в домашних условиях при печати фотографий размером 10×15 см с разрешением 300×300 dpi.

В последнее время получили распространение офисные и домашние многофункциональные устройства, в которых интегрированы функции печати, планшетного сканирования и факса. Они могут автономно (без участия ПЭВМ) копировать документы, получать и отсылать факсимильные сообщения, а при подключении цифровой фотокамеры — печатать качественные фотографии.

В современных принтерах монопольного употребления основным соединением с ПЭВМ остается интерфейс USB или беспроводная связь, в многопользовательских аппаратах применяются сетевые карты.

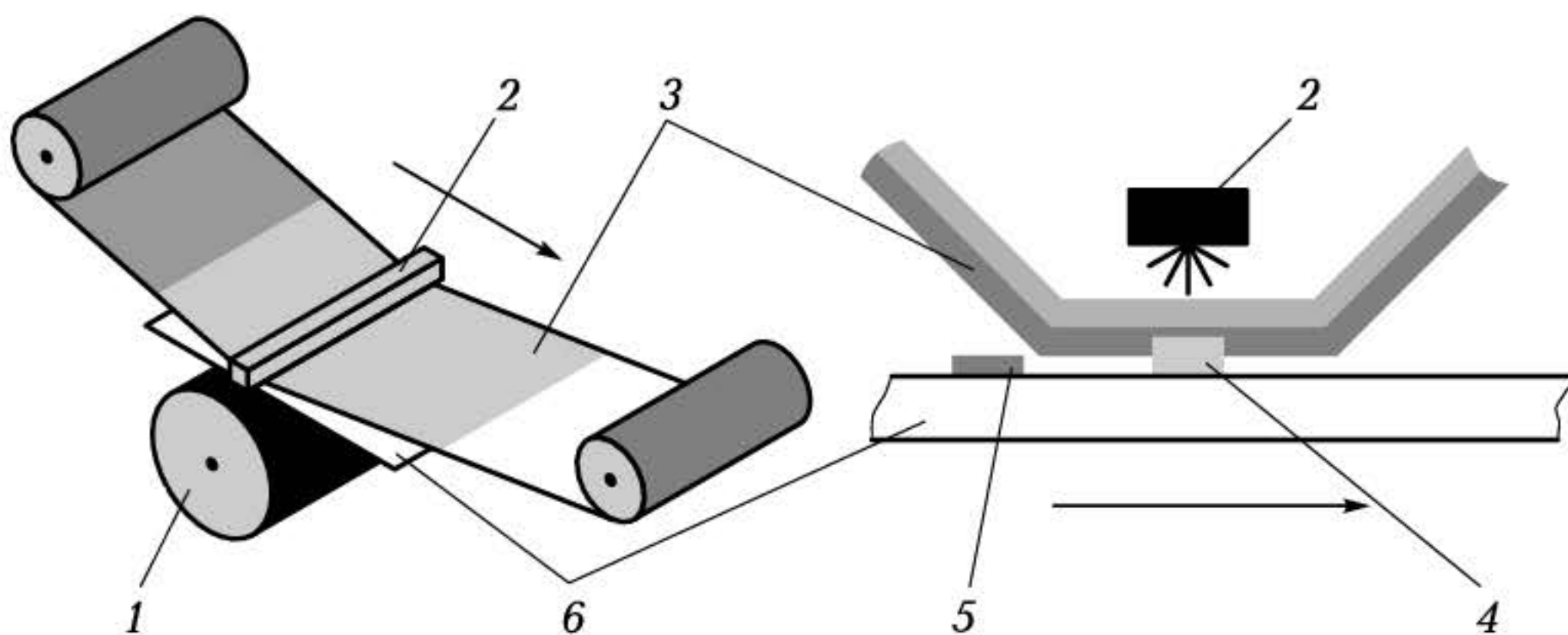


Рис. 6.6. Принцип работы сублимационного принтера:

1 — вал продвижения бумаги; 2 — термоголовка; 3 — лента с разноцветным красителем; 4 — газобразный краситель; 5 — точка краски; 6 — лист бумаги

6.2.2. Плоттеры

Плоттер (графопостроитель, широкоформатный принтер) — устройство для точного вычерчивания векторной графики и прорисовки растровых изображений больших форматов (A1, A0): рисунков, схем, сложных чертежей, карт и другой графической информации на бумаге или кальке.

Плоттеры классифицируются:

- по способу формирования изображения (чертежа);
- способу перемещения носителя;
- типу чертежной головки.

По способу формирования изображения (чертежа) плоттеры подразделяются на растровые и векторные. Растровые плоттеры имеют чертежную головку, которая перемещается относительно бумаги только в одном направлении, формируя изображение из точек, наносимых по отдельным строчкам. Векторные плоттеры (с произвольным рисованием) формируют изображение, используя восемь основных направлений пошагового движения головки в плоскости листа, что позволяет вычерчивать не только прямые, но и кривые линии.

По способу перемещения носителя плоттеры подразделяются на планшетные и рулонные (барабанные).

На планшетных плоттерах бумага закрепляется неподвижно на горизонтальной плоскости, по которой головка может двигаться в нескольких направлениях, создавая векторные изображения.

В рулонных (барабанных) плоттерах по горизонтали (по строке) перемещается головка, а по вертикали при завершении строки происходит движение рулона носителя. Эти плоттеры позволяют прорисовывать растровые изображения.

По типу чертежной головки плоттеры подразделяются на перьевые (карандашные), лазерные (светодиодные), струйные, электростатические и термографические.

К основным параметрам плоттеров относятся размер формируемого изображения, скорость вычерчивания (в миллиметрах в секунду) или скорость вывода листов и разрешающую способность (в dpi).

Перьевые плоттеры применяются для прорисовки векторных изображений. Перо состоит из емкости с жидкими чернилами, имеющей капилляр для их выхода, который определяет толщину линии. В плоттере может применяться 4... 16 перьев, которые ис-

пользуются в головке по очереди. Перьевые плоттеры бывают рулонные и планшетные.

Для перьевых плоттеров точность черчения составляет доли миллиметра; этого достаточно для систем автоматизированного проектирования, в которых они традиционно применяются.

Лазерные и струйные плоттеры по своему действию практически ничем не отличаются от принтеров аналогичного действия.

В электростатических плоттерах используют специальную электростатическую бумагу с тонким слоем диэлектрика и необходимой электропроводностью основного слоя.

Для формирования изображения используют статические головки, представляющие собой группу тончайших электродов в виде иголок, на которые подаются импульсы высоковольтного отрицательного напряжения, создающие на поверхности носителя скрытый потенциальный рельеф изображения.

Затем бумага проходит через проявляющий узел с жидким положительно заряженным красителем, частички которого скрепляются с отрицательно заряженными точками бумаги. Цветное изображение получается при проходе носителя через четыре проявляющих узла с чернилами основных тонов: черного, голубого, пурпурного и желтого.

Скорость прорисовки электростатического плоттера составляет до 1 000 линий в минуту при разрешении до 400 dpi. Электростатические плоттеры работают быстрее перьевых, но медленнее лазерных печатающих устройств. Обычно их применяют в геоинформационных системах для печатания карт.

В термографических плоттерах (прямого вывода изображения) применяется рулонная термобумага с теплочувствительным веществом.

Монохромное изображение создается длинной (по всей ширине плоттера) линейкой миниатюрных электронагревателей с индивидуальным управлением. Когда термобумага движется мимо нагревателей, то она меняет в местах нагрева белый цвет на черный.

Механизм плоттера очень простой и надежный в работе, поэтому после заправки рулона бумаги, кальки или пленки не требует обслуживания. Изображения печатаются с высокими разрешением (до 800 dpi) и производительностью (до семи листов в час формата A0). Поэтому они широко применяются на промышленных предприятиях, в строительстве, при инженерном и архитектурном проектировании.

Все современные плоттеры управляются встроенным процессором, имеют буферную память более 64 Мбайт (иногда жесткий диск на несколько гигабайт), могут работать автономно, получая исходные данные с промежуточного носителя информации. При работе с ПЭВМ подключаются с помощью портов LPT, USB или сетевой карты.

6.2.3. Проекторы

Проектор — это электронно-оптическое устройство для светового проецирования подвижных и неподвижных изображений на плоские поверхности или специальные экраны.

Проекторы для формирования изображения используют электронные преобразователи (модуляторы света), работающие в прямом или отраженном световом потоке, и оптическую систему из фокусирующих линз и зеркал.

Проекторы характеризуются форматом изображения, системой цветности (PAL, SECAM, NTSC и др.), контрастностью, разрешением в пикселах и световым потоком (яркостью) в люменах (лм). Проекционное расстояние у них в среднем составляет около 12 м.

Качество просмотра зависит также от экрана, который может увеличивать или ослаблять контрастность изображения. Экраны бывают напольного и настенного конструктивного исполнения.

Широко распространены мультимедийные проекторы с усилителями (со встроенными динамиками или внешними акустическими системами) для обеспечения звукового сопровождения показа изображений.

Наиболее известные типы проекторов для управления проекцией изображения применяют электронно-лучевые (ЭЛТ) катодные трубки, ЖК-матрицы и микрозеркальную технологию.

ЭЛТ-проекторы используют три электронно-лучевые трубки со светофильтрами, выделяющими свой канал цвета: красный, синий и зеленый, из которых формируется изображение.

Световые потоки из трех основных цветов фокусируются простой системой линз на экран и, накладываясь друг на друга, создают полноцветное изображение. Качество изображения зависит от точности сведения трех разноцветных проекций в одном поле экрана.

В проекторе, как и в ЭЛТ-мониторе, прорисовка кадров на экране осуществляется с помощью построочной развертки изображения (около 30 кадров в секунду).

Каждая трубка имеет диаметр 10...20 см и требует охлаждения, что и определяет существенные габаритные размеры и массу ЭЛТ-проектора.

Проекторы имеют отличную цветопередачу, но невысокая яркость заставляет использовать их в затемненных помещениях. В настоящее время они практически не применяются.

Данное направление получает свое развитие за счет совершенствования лазерных технологий. В настоящее время идея использования лазеров красного, зеленого и синего цветов вместо электронно-лучевых трубок находит свое воплощение пока в стационарных профессиональных проекторах, способных создавать изображения на огромных экранах с диагональю в несколько десятков метров, но они пока очень велики, потребляют много энергии (более 2 кВт) и требуют сложной системы фокусировки и развертки.

LCD-проекторы в качестве модуляторов внешнего светового потока используют одну или три ЖК-матрицы (рис. 6.7).

В оптической системе проектора кроме обычных отражающих зеркал (Z), применяют полупрозрачные так называемые дихроичные зеркала (Z_1 и Z_2), которые обладают способностью отражать свет только определенного цвета и пропускать его лучи с другой длиной волны. Дихроичное зеркало состоит из стеклянной основы с напыленными слоями тонких пленок с разными оптическими свойствами.

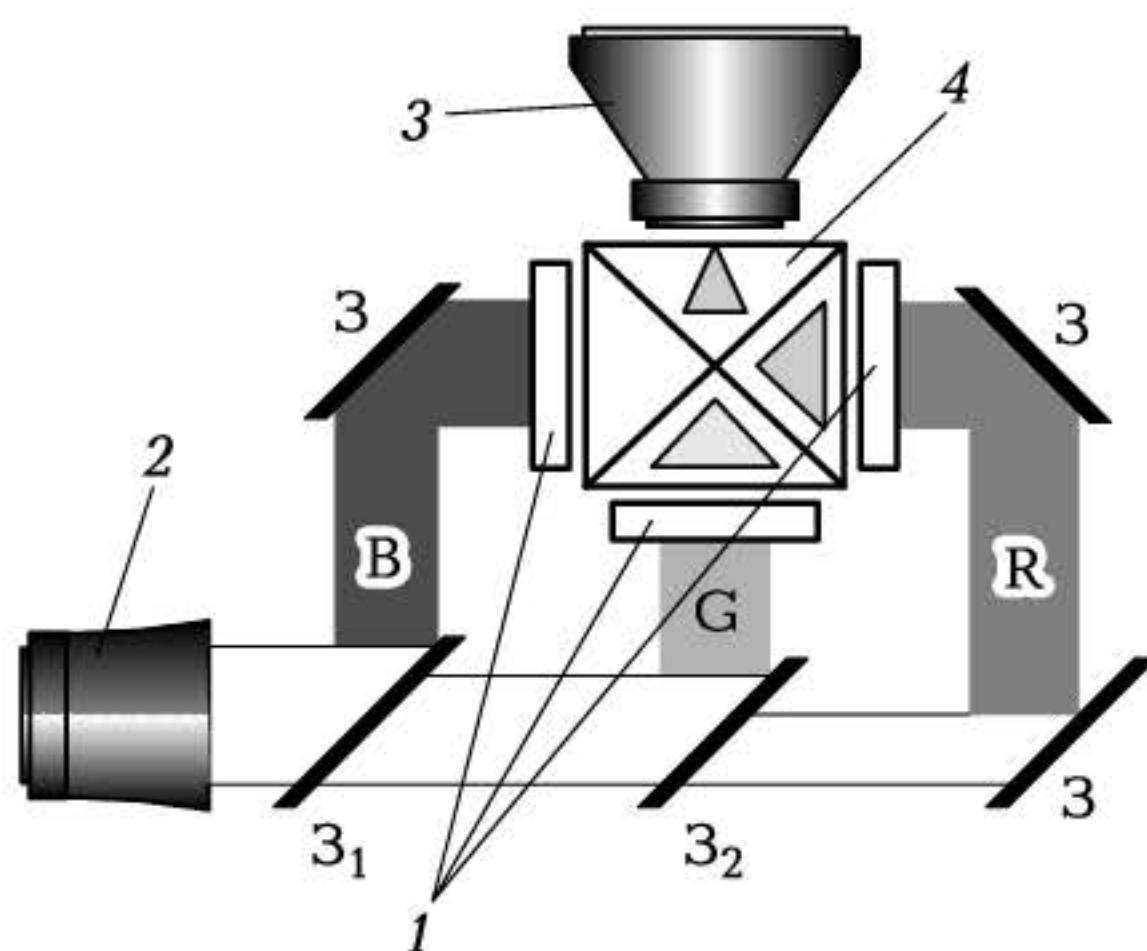


Рис. 6.7. Оптическая схема LCD-проектора с тремя независимыми жидкокристаллическими матрицами:

1 — жидкокристаллические матрицы; 2 — источник света; 3 — объектив; 4 — оптическая смесительная призма; Z — набор обычных зеркал; Z_1 — зеркало отражения синего цвета; Z_2 — зеркало отражения зеленого цвета

Источник света с помощью мощной лампы создает равномерный световой поток, который направляется на дихроичное зеркало Z_1 , отражающее синюю компоненту (B) белого луча и пропускающее зеленую и красную части спектра.

Синий луч после отражения от обычного зеркала поступает на LCD-матрицу, формирующую синюю составляющую изображения. Красный (R) и зеленый (G) лучи, в свою очередь, разделяются еще одним дихроичным зеркалом Z_2 и направляются на две другие ЖК-матрицы. Матрицы формируют изображение аналогично ЖК-экранам мониторов.

ЖК-матрицы, отвечающие за модуляцию световых потоков, размещены по трем сторонам комбинированной смесительной призмы, которая суммирует получаемые от них разноцветные изображения и передает их в объектив для проецирования на экран.

В большинстве LCD-проекторов в настоящее время используются металлогалогенные лампы белого света со сроком службы более 2 000 ч. Лампы в процессе работы сильно нагреваются, постепенно теряют яркость, требуют неизбежного принудительного охлаждения и определенного порядка выключения проектора. Выключение происходит в два этапа: сначала обесточивается лампа и электроника, но вентилятор продолжает вращаться некоторое время, снимая остаточную теплоту с источника света, затем проектор полностью отключается от сети.

ЖК-матрицы также нуждаются в обязательном охлаждении, так как работают в жестких условиях; модулируя световой поток, они задерживают часть его излучения, что приводит к их сильному нагреву. Нагрев матрицы влияет на точность воспроизведения цвета.

Проекторы имеют небольшую массу (в среднем около 3 кг), яркость более 2 000 лм, разрешение 1 024 × 768 пикселей и контрастность свыше 500 : 1.

В последние годы развивается LCOS-технология (Liquid Crystal On Silicon — жидкий кристалл на кремнии), в которой ЖК-матрицы работают не на просвет, а на отражение света.

ЖК-матрица расположена на кремниевой подложке поверх ее зеркальной поверхности. Свет от лампы падает на зеркальную подложку через ЖК-матрицу и отражается на экране в виде уже сформированного изображения.

DLP-проекторы используют микрозеркальную технологию, или DLP-технология (Digital Light Processing — цифровая обработка света), работающую в отраженном свете.

Данная технология основывается на применении микросхемы DMD (Digital Micromirror Device — цифровая микрозеркальная матрица), представляющей собой кремниевый кристалл с КМОП-памятью, поверх которой сформирована матрица, состоящая из квадратных алюминиевых микрозеркал с высоким коэффициентом отражения, способных поворачиваться на определенный угол в одну или другую сторону (в зависимости от состояния ее ячеек) (рис. 6.8).

Каждое микрозеркало расположено на рычажке, жестко прикрепленном к качающемуся коромыслу, которое подвешено на упругой прочной гибкой ленте между двумя неподвижными столбиками подложки, и имеет электрическое управление от своей ячейки памяти.

Группа из трех микрозеркал в одноматричном проекторе обеспечивает формирование пиксела изображения.

Информация для управления каждым субпикселом записывается в соответствующую ему ячейку статической памяти, поэтому его микрозеркало, подключенное к противофазным выходам его элемента хранения — триггера, имеет два рабочих положения, откло-

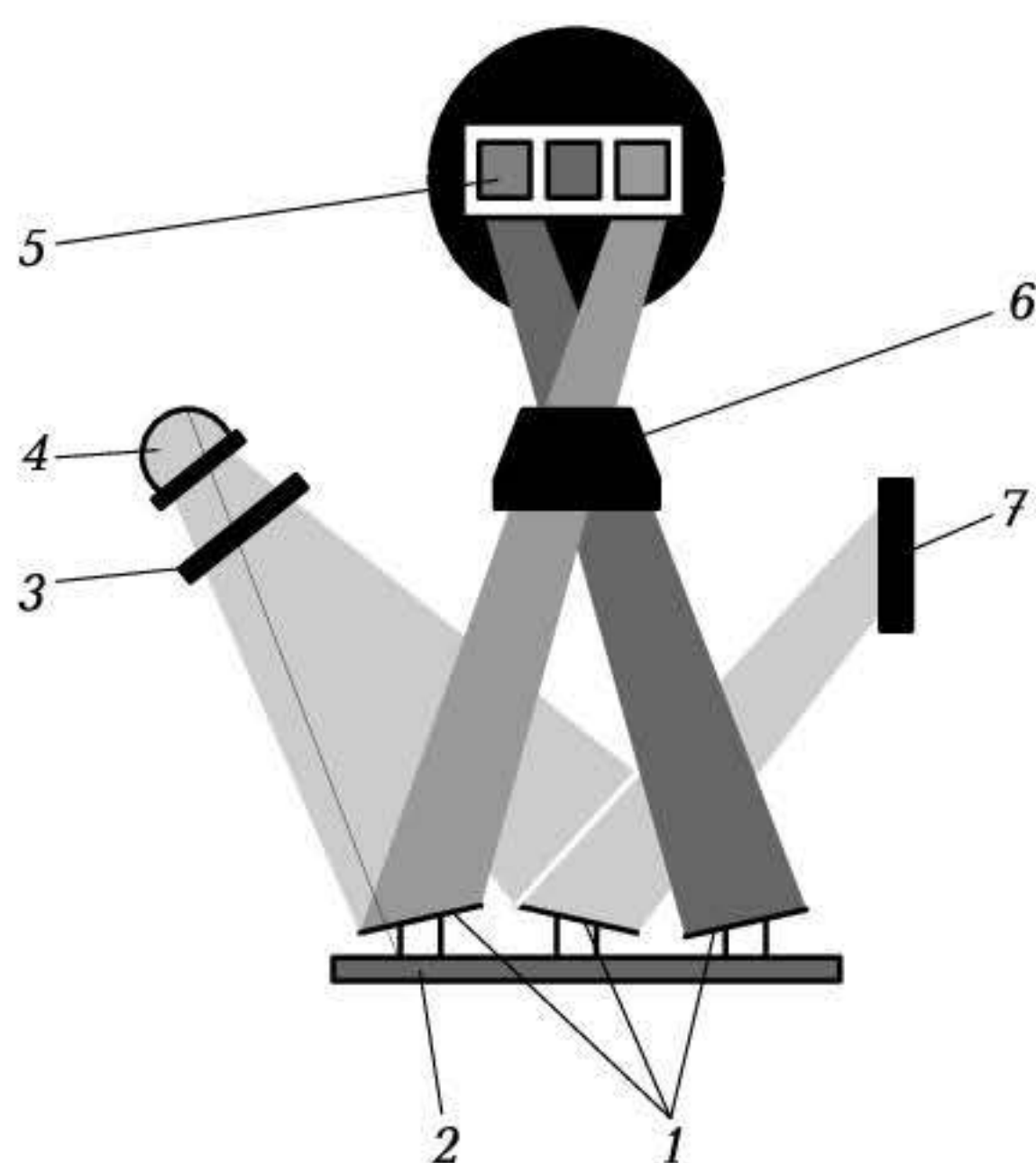


Рис. 6.8. Оптическая схема формирования пиксела в одноматричном DLP-проекторе:

1 — микрозеркала пиксела; 2 — кремниевая подложка с КМОП-памятью; 3 — вращающийся светофильтр; 4 — источник света; 5 — проекция пиксела; 6 — объектив; 7 — поглотитель света

няясь в зависимости от его состояния в одну или другую стороны на 10...12°.

В связи с этим падающий световой поток может направляться микрозеркалами только в сторону объектива или на светопоглотитель. Изменяя частоту отклонения и время, в течение которого микрозеркало находится в одном или другом положении, можно регулировать в широком диапазоне яркость изображения.

Красные, синие и зеленые цветовые составляющие пиксела в одноматричных DLP-проекторах передаются поочередно при вращении светового фильтра.

Более сложным является трехматричный проектор, в котором свет разделяется специальной призмой на три цветовых потока и отражается одновременно от трех матриц, создавая пикселы, но он не имеет вращающихся фильтров, ограничивающих частоту кадров одноматричных проекторов.

Промежуточной моделью является двухматричный проектор. В нем свет расщепляется на два потока: красный отражается от одной DMD-матрицы, а синий и зеленый цвет, разделенный светофильтром, — от другой (общей).

DLP-проекторы компактны, имеют разрешение 1 024 × 768 пикселей, контрастность более 2 000 : 1, обеспечивая генерацию 60 и более кадров изображения в секунду, а световой поток — до 10 000 лм.

Для подключения проекторов к ПЭВМ используется интерфейс, которыми снабжаются видеокарты: цифровой DVI, аналоговый VGA и телевизионный S-Video.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы принтеров вы знаете? Опишите их принцип работы.
2. Какие чернила применяются в струйных принтерах?
3. В чем сходство принципов действия твердочернильных и струйных принтеров?
4. Что обозначает аббревиатура dpi?
5. Почему у принтеров скорость печати цветных изображений меньше черно-белых?
6. Как проявляется обратный пьезоэффект?
7. По каким признакам классифицируются плоттеры?
8. Назовите типы плоттеров.
9. В чем отличие планшетных плоттеров от барабанных?
10. Какие плоттеры можно отнести к растровым?

11. Назовите известные вам типы проекторов.
12. Какими параметрами характеризуются проекторы?
13. Назовите основные отличия проекторов.
14. Почему матрицы называют модуляторами света?

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

7.1. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

7.1.1. Гальванические элементы

С непрерывным совершенствованием элементной базы и появлением новых технологий расширяется номенклатура малогабаритных периферийных устройств с беспроводной связью и носимой аппаратуры со средствами автономного электропитания, в качестве которых используются химические источники питания: гальванические элементы одноразового использования, которые принято называть батарейками, и многоразового действия — электрические аккумуляторы.

В зависимости от условий эксплуатации и специфики использования конкретных устройств востребованы и батарейки, и аккумуляторы. Первые, как правило, применяются там, где требуется низкое потребление энергии (память CMOS, клавиатура, мышь, активное перо дигитайзера); вторые — в аппаратуре с высоким потреблением энергии (КПК, ноутбуки, бесперебойные источники питания).

Гальванический элемент, названный в честь Луиджи Гальвани, — это химический источник тока, в котором электрическая энергия вырабатывается в результате прямого преобразования химической энергии окислительно-восстановительной реакции. В состав гальванического элемента входят два разнородных электрода (один содержит окислитель, другой — восстановитель), контактирующие с электролитом.

В любом гальваническом элементе электрохимическая реакция состоит из процесса окисления на отрицательном электроде и процесса восстановления на положительном электроде, т. е. электроны, образующиеся на минусовом выводе, по внешней цепи переходят на плюсовой контакт и там участвуют в восстановительной реакции.

В зависимости от материалов электродов и состава электролита электродвижущая сила (ЭДС) на выводах элемента может быть раз-

личной и определяется разностью электрохимических потенциалов электродов.

На практике встречаются солевые, щелочные, ртутные, серебряные, воздушные и литиевые элементы, однако широко применяются только солевые, щелочные и литиевые.

Солевые элементы называют также марганцево-цинковыми или угольно-цинковыми. В них плюсовым является электрод из графита, а минусовым (корпус элемента) — цинк; электролит — смесь диоксида марганца и хлористого аммония. ЭДС солевого элемента — 1,6 В, последовательным соединением получают батареи с нужным напряжением. Элементы для таких батарей часто выполняют не цилиндрической, а прямоугольной формы.

Рабочий интервал температур солевых элементов — от -20 до $+55$ °С, но при пониженных температурах уменьшается отдаваемый в нагрузку ток, а при повышенных температурах ускоряется разрушение цинкового электрода и электролит высыхает быстрее.

В последнее время солевые элементы выпускают в более надежном исполнении — снаружи цинк защищают от разрушения стальным или пластмассовым корпусом. Эти элементы безопаснее в эксплуатации и, кроме того, обладают более высокой энергоемкостью.

Солевые гальванические элементы имеют наименьшую электрическую емкость среди других химических источников тока, составляющую 450...850 мА·ч, поэтому их используют в устройствах с низким и средним энергопотреблением. Время хранения — около трех лет.

Щелочные элементы очень мало отличаются от солевых. Они также содержат угольный и цинковый электроды, диоксид марганца, однако вместо хлорида аммония в них применяют щелочной электролит. Поэтому их и называют щелочными, или алкалическими. Щелочной электролит исключает выделение газа при работе элементов, поэтому их выпускают в герметичном исполнении. ЭДС таких элементов чуть меньше, чем у солевых (1,5 В). Они обладают большей удельной емкостью, разрядным током, медленным снижением напряжения при разрядке и большим сроком хранения (до пяти лет). Емкость щелочных элементов — 1,0...3,7 А·ч. Они сохраняют работоспособность при температуре от -30 до $+55$ °С.

Щелочные элементы применяются в устройствах со средним и высоким потреблением энергии.

Литиевые элементы используют минусовые электроды из лития, электролит с диоксидом марганца на основе органических соединений. Элементы работоспособны в широком интервале тем-

ператур (от -30 до $+65$ °C), обладают высокой емкостью и длительным сроком хранения при малой саморазрядке (более пяти лет).

Литий имеет наивысший отрицательный электродный потенциал, ЭДС этого элемента составляет 3,8 В. Так как литий обладает наибольшим отрицательным потенциалом по отношению ко всем металлам, литиевые элементы характеризуются наибольшим номинальным напряжением при минимальных габаритных размерах. Литий — дорогой металл, поэтому литиевые элементы используют в основном там, где требуется долговременная надежная работа, например в резервных источниках питания микросхем памяти CMOS ПЭВМ.

Постоянное внедрение новых технологий позволяет улучшить характеристики гальванических элементов: увеличить емкость, срок хранения, разрядный ток.

7.1.2. Аккумуляторы

Электрические аккумуляторы являются разновидностью химических источников тока, в которых электрическая энергия превращается сначала в химическую (заряд), а химическая затем — в электрическую (разряд).

Они состоят из двух электродов (положительного и отрицательного), электролита и корпуса. Накопление энергии в аккумуляторе происходит при протекании химической реакции окисления—восстановления электродов. При разряде аккумулятора происходят обратные процессы.

Напряжение аккумулятора — это разность потенциалов между полюсами аккумулятора при фиксированной нагрузке. Для получения достаточно больших значений напряжений или емкости заряда отдельные аккумуляторы соединяются между собой последовательно или параллельно.

Сила тока заряда определяется как $1/10$ от емкости батареи (в ампер-часах). Такие параметры считаются оптимальными, не вредят батарее, дают возможность провести с аккумуляторами до 700 циклов (заряд-разряд) при сохранении их технических параметров. Время заряда при этих значениях составляет 10...14 ч. Некоторые типы аккумуляторов перед началом работы необходимо тренировать, проводя пять-шесть циклов полного разряда-заряда.

Аккумуляторы по химическому составу подразделяются на три основных типа: NiCd (никель—кадмий), NiMH (никель—металлгидрид) и LiION (литий—ион).

Аккумуляторы *NiCd* наименее чувствительны к охлаждению (до -20°C), перегреву и перезарядке. Напряжение — $1,2\text{ В}$; малая удельная емкость — до $1,7\text{ А} \cdot \text{ч}$; количество циклов заряд-разряд — более 500; время заряда — $3 \dots 6\text{ ч}$; высокая скорость саморазряда — 25% в месяц. Необходима полная разрядка аккумулятора перед зарядом, иначе он быстро выходит из строя (эффект памяти). Эффект памяти возникает при заряде не полностью разряженной батареи и приводит к снижению емкости. Проявление эффекта памяти можно нейтрализовать так называемой тренировкой аккумулятора (несколько циклов полного разряда-заряда). В настоящее время эти аккумуляторы практически не используются.

Аккумуляторы *NiMH* дороже, чем *NiCd*, но имеют большую удельную емкость — до $3,5\text{ А} \cdot \text{ч}$. Эффект памяти проявляется меньше, напряжение — $1,25\text{ В}$, скорость саморазряда — $20 \dots 25\%$ в месяц, чувствительны к перезаряду, выдерживают до 1 000 циклов заряда. Перед первым использованием их также необходимо тренировать. Плохо переносят охлаждение и перегрев.

Аккумуляторы *LiION* имеют емкость до $4,8\text{ А} \cdot \text{ч}$; количество циклов заряда — до 1 000, практически отсутствует отрицательное влияние неполных циклов, очень широкий температурный диапазон. При одинаковых электрических параметрах имеют в 1,5 раза меньшую массу и габаритные размеры, чем аккумуляторы типа *NiMH*; не имеют эффекта памяти; напряжение — $3,6\text{ В}$; имеют большую удельную емкость; скорость саморазряда — 10% в месяц; очень чувствительны к перезаряду; нельзя хранить незаряженными (портятся в течение двух недель).

Для получения требуемого напряжения и емкости аккумуляторные элементы объединяют в единую конструкцию — аккумуляторную батарею, состоящую из некоторого количества специально подобранных (одинакового типа), последовательно соединенных элементов, имеющих стандартное напряжение и емкость $1,2 \dots 4,8\text{ А} \cdot \text{ч}$.

В последнее время появилась перспективная технология на основе литиевого полимера, с помощью которой уже выпускаются плоские аккумуляторы для карманных персональных компьютеров, и получают развитие топливные элементы. До настоящего времени производители не пришли к единому стандарту ни в конструктивном оформлении, ни в электрических параметрах аккумуляторных батарей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое гальванический элемент?
2. Назовите типы гальванических элементов.

3. Где в ПЭВМ используется литиевый элемент питания?
4. Где применяются батарейки?
5. Какие элементы нашли наиболее широкое применение?
6. Что такое аккумуляторы? Где они применяются?
7. В чем отличие аккумуляторов от гальванических элементов?
8. Назовите основные типы аккумуляторов.
9. Какие типы аккумуляторов используются в КПК?
10. Объясните понятие «эффект памяти».
11. Что такое аккумуляторная батарея?

7.2. ИОНИСТОРЫ

В последние годы появился класс принципиально новых приборов, функционально близких к конденсаторам сверхбольшой емкости. В зарубежной технической литературе их называют конденсаторами с двойным электрическим слоем, суперконденсаторами или ультраконденсаторами. В России используется термин «ионистор», отражающий особенность этих приборов — использование ионов в формировании заряда.

Ионисторы — электрохимические компоненты, предназначенные для хранения электрической энергии.

По удельной мощности и скорости доступа к запасенной энергии они занимают промежуточное положение между электролитическими конденсаторами большой емкости и аккумуляторами, отличаясь от них принципом действия — перераспределением зарядов в электролите и их концентрации на границе между электродом и электролитом.

Простейший конденсатор состоит из двух пластин (обкладок), разделенных изолятором. Когда конденсатор присоединен к источнику напряжения, одна обкладка теряет электроны и приобретает положительный заряд, другая обкладка получает электроны и приобретает отрицательный заряд, т. е. происходит процесс накопления электростатического заряда. При разряде конденсатора происходит обратный процесс. В обоих случаях ток течет во внешней цепи, поскольку обкладки разделены изолятором. Емкость конденсатора определяет количество запасенной энергии. Накопленная конденсатором энергия измеряется в джоулях.

Емкость любого конденсатора прямо пропорциональна площади обкладок, обратно пропорциональна расстоянию между ними и зависит от материала диэлектрика. Вследствие этого конденсаторы большой емкости должны иметь обкладки значительной площади, разделенные очень тонким изоляционным промежутком.

Для увеличения площади обкладок используются пористые угольные электроды, помещенные в электролит и разделенные сепаратором (рис. 7.1), поэтому запасаемая энергия в несколько тысяч раз больше, чем у традиционных конденсаторов таких же габаритных размеров.

Номинальное напряжение на проводниках ионистора зависит от вида используемого электролита и является для него максимально допустимым. Напряжение пробоя ионисторов не превышает нескольких вольт, поэтому для получения нужных рабочих напряжений используется последовательное соединение отдельных конденсаторов. Важнейший параметр ионистора — ток утечки, который определяет время хранения заряда. Ионистры сохраняют работоспособность в температурном диапазоне от -25 до $+70$ °С.

Современные ионисторы могут выпускаться в формфакторе стандартных цилиндрических гальванических элементов, иметь емкость более 350 Ф (энергетическая плотность составляет примерно 21 Дж/см^3) и обеспечивать большой ток разряда (для сравнения емкость Земли составляет всего 1 Ф). Срок службы таких суперконденсаторов составляет не менее 10 лет, а количество циклов перезарядки — не менее 500 000. Кроме того, ионистор не требует ухода в течение всего срока службы.

Принимая во внимание, что номинальное напряжение заряда суперконденсатора величиной с обычную батарейку достигает 2,5 В, можно рассчитывать на скорое использование ионистора в качестве источника питания мобильных устройств и буферных элементов аккумуляторов для сглаживания пиковых нагрузок.

Во многих случаях ионистор с успехом заменяет резервные источники питания. Перспективно использовать ионистор в качестве накопителя энергии при работе от солнечных элементов. Здесь осо-

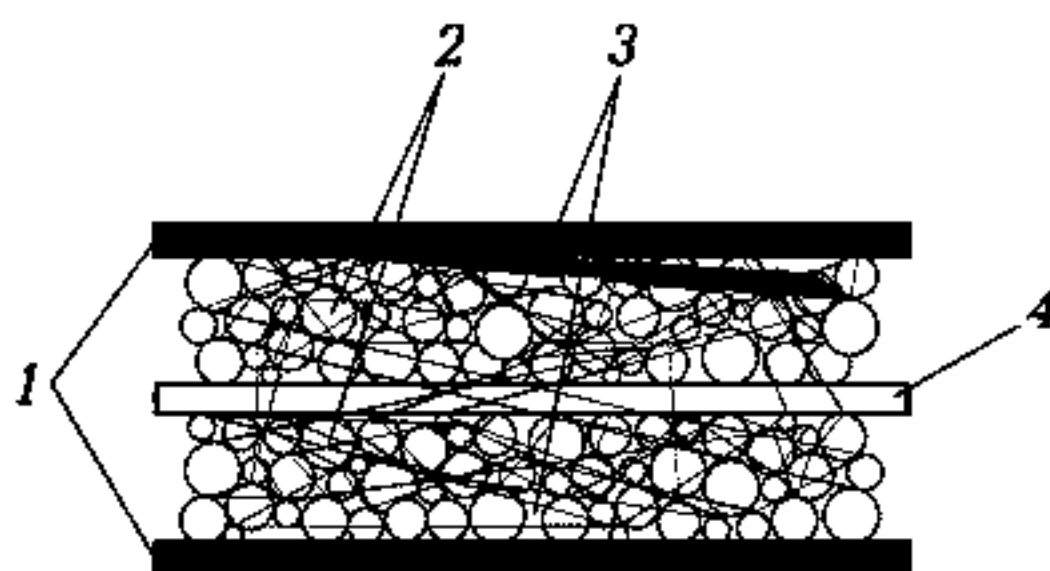


Рис. 7.1. Структура ионистора:

1 — проводники; 2 — пористые электроды; 3 — электролит; 4 — диэлектрический сепаратор

бенно ценна его нечувствительность к режиму заряда, практически неограниченное число циклов заряд-разряд.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите простейший конденсатор.
2. Назовите основные характеристики ионистора.
3. Где применяется ионистор?

7.3. ЗАЩИТА ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ ПЭВМ

Действующий в России ГОСТ 13109—97 регламентирует следующие типичные отклонения электроснабжения в сети:

- пропадание напряжения в сети на время более 40 с из-за нарушений подачи электроэнергии;
- кратковременное снижение напряжения в сети до 80 % и повышение напряжения более чем на 110 % от номинального на время более одного периода частоты, что характерно для больших городов;
- высокочастотный шум — радиочастотные помехи электромагнитного или другого происхождения;
- кратковременные импульсы напряжения величиной до 6 000 В и длительностью до 10 мс при грозах и из-за искрения переключателей;
- изменение частоты не более 3 Гц от номинального значения 50 Гц появляются при нестабильной работе источника электроэнергии.

Для надежной и бесперебойной работы ПЭВМ необходимо предусмотреть специальную систему питания от электрической сети, защищающую оборудование от различных отклонений параметров электроснабжения, которые могут привести к выходу из строя электроники ПЭВМ, потере программ и данных.

ПЭВМ защищают от неблагоприятных воздействий питающей электросети с помощью сетевых фильтров и источников бесперебойного питания.

Сетевые фильтры (устройства подавления сетевых помех) предназначены для защиты цепей питания средств вычислительной техники и периферийных устройств от импульсных перенапряжений и радиотехнических помех в сети питания (рис. 7.2).

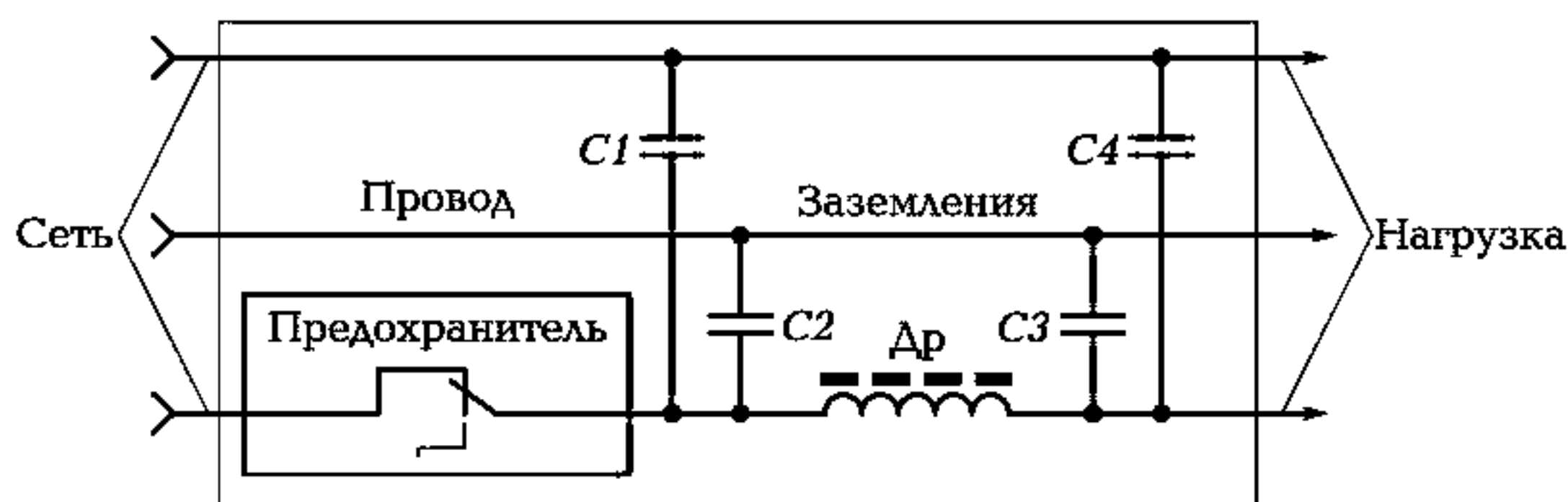


Рис. 7.2. Схема типового сетевого фильтра

Фильтр размещается в отдельном корпусе, как правило, содержит узел импульсной защиты и фильтрации, состоящий из конденсаторов $C1 \dots C4$ и дросселя $Др$, а также автоматический предохранитель от короткого замыкания и выключателя, каждый из которых последовательно соединен с розеткой. Устройство имеет несколько универсальных розеток с заземляющим контактом и световым индикатором. Каждую из них можно отключать от сети по желанию пользователя отдельным выключателем. Корпус фильтра выполняется из высокопрочного негорючего пластика.

Основные технические характеристики типового фильтра:

- напряжение сети питания — 220/230 В;
- суммарная мощность нагрузки — не менее 2,2 кВт;
- максимальный ток нагрузки — не менее 10 А;
- максимальный ток помехи, выдерживаемый ограничителем, — 5 000 А.

Работу ПЭВМ при отключении сетевого электропитания обеспечивает источник бесперебойного питания, или UPS (Uninterruptible Power Supply).

Источник бесперебойного питания — это автоматическое устройство, которое восстанавливает нормальное питание ПЭВМ при полном обесточивании внешней электросети в результате аварии или недопустимом отклонении параметров сетевого напряжения от номинальных значений.

Для реализации защитных функций ИБП имеют: преобразователь напряжения (инвертор); аккумуляторную батарею, от емкости которой зависит время аварийной работы; выпрямитель (зарядное устройство); входной фильтр для ликвидации импульсных и электромагнитных воздействий.

В зависимости от принципа преобразования постоянного напряжения аккумулятора в переменное различают три основных

типа инверторов: инверторы, генерирующие напряжение прямоугольной формы; инверторы с пошаговой аппроксимацией; инверторы с широтно-импульсной модуляцией. Преобразователи с широтно-импульсной модуляцией обеспечивают выходное переменное напряжение, близкое к синусоидальной форме. Выпрямитель преобразует переменную электросеть в постоянное напряжение и непрерывно подзаряжает аккумулятор.

Для продления жизненного цикла аккумуляторов, срок службы которых составляет около трех лет, используются температурная компенсация зарядного тока и буферные конденсаторы большой емкости.

Конденсатор (или блок конденсаторов) подключается параллельно аккумулятору и при провалах входного сетевого напряжения небольшой длительности выполняет функции буфера. В результате снижается интенсивность использования аккумулятора и увеличивается срок его службы.

Некоторые ИБП позволяют включать ПЭВМ при отсутствии напряжения во внешней сети («холодный старт»), когда необходимо срочно считать информацию и заменять аккумуляторы без выключения ИБП и нагрузки.

Большинство ИБП имеют коммуникационный порт с интерфейсом RS-232 или USB, с помощью которого с ПЭВМ можно дистанционно отслеживать состояние ИБП: отображать загруженность, входное и выходное напряжения, частоту, степень зарядки и необходимость замены аккумуляторов, температуру внутри ИБП, а также выключать компьютер при длительном отсутствии сетевого напряжения.

По типу действия и особенностям эксплуатации ИБП подразделяются на три типа: резервные (off-line или standby), линейно-

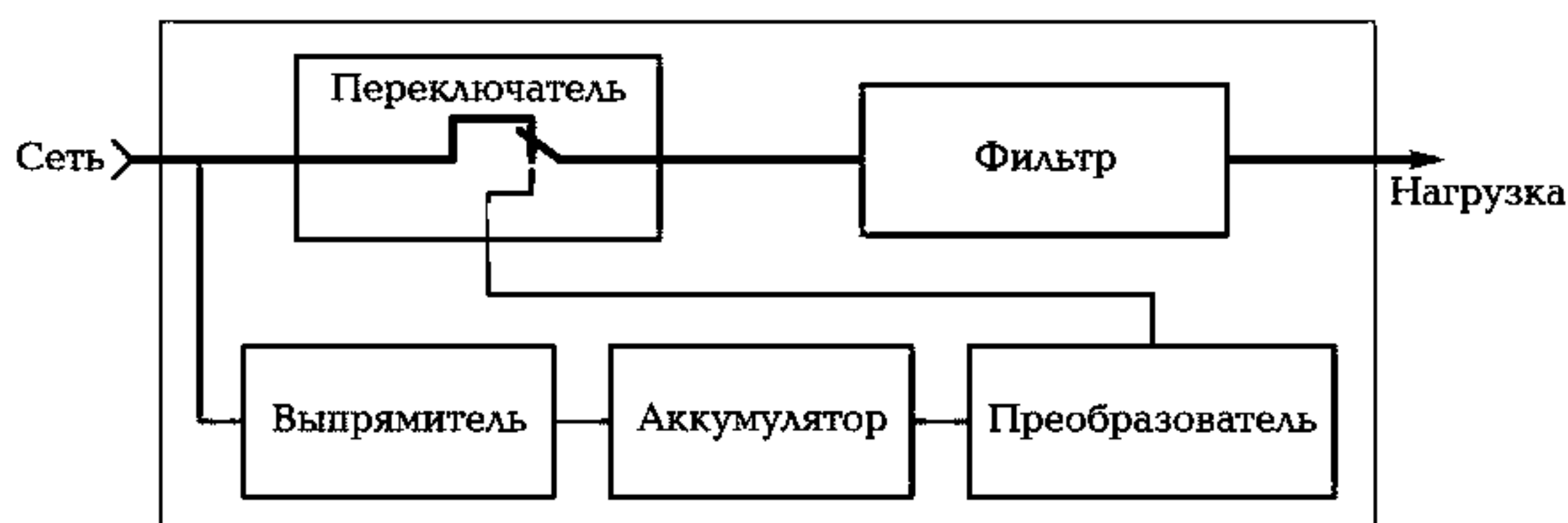


Рис. 7.3. Схема нормального режима работы ИБП резервного типа

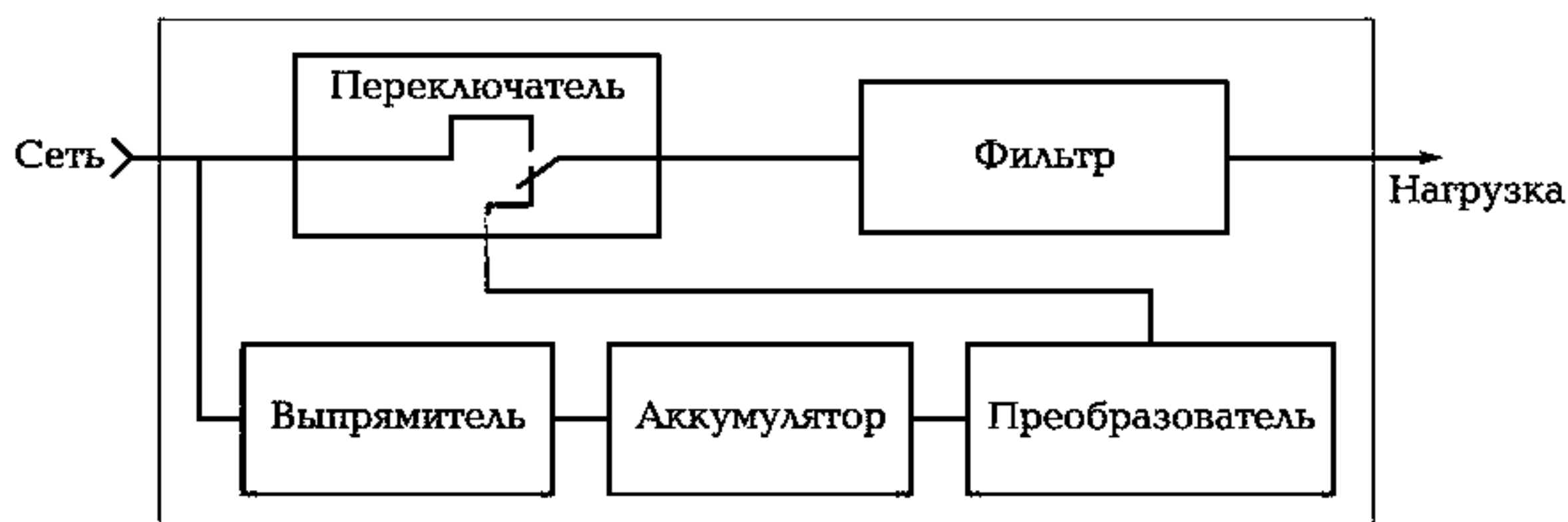


Рис. 7.4. Схема аварийного режима работы ИБП резервного типа

интерактивные (line-interactive) и ИБП с двойным преобразованием напряжения (on-line).

Резервные ИБП выполняются по схеме с коммутирующим устройством, которое в нормальном режиме работы обеспечивает подключение нагрузки непосредственно к внешней питающей сети (рис. 7.3), а в аварийном — переводит ее на питание от аккумуляторов (рис. 7.4). Достоинством ИБП такого типа можно считать простоту его построения, недостатком — задержку в переключении на питание от аккумуляторов.

В штатном режиме (при нормальном входном напряжении) нагрузка питается от сети через статический переключатель и фильтр (отсекающий всевозможные помехи).

В случае пропадания, завышения или понижения входного напряжения ИБП переводится на питание от аккумуляторов, инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное, которое через переключатель и фильтр направляется в нагрузку. Переключатель электронный, поэтому время переключения составляет около 2 мс (стандарт) и 4 мс (максимум), что не влияет на работу ПЭВМ.

Время работы в аварийном режиме при 100%-й загрузке составляет 5... 10 мин, при 50%-й — 14... 25 мин.

Линейно-интерактивные ИБП включают в себя входной регулятор напряжения для ступенчатой корректировки входного напряжения в сторону его повышения (пониженное входное напряжение) или понижения (повышенное входное напряжение).

Автоматический регулятор напряжения реализуется на базе автотрансформатора с переключаемыми обмотками. Число обмоток определяет диапазон стабилизации входного напряжения, при котором линейно-интерактивные ИБП обеспечивают нормальное питание ПЭВМ без перехода в аварийный режим работы (рис. 7.5).

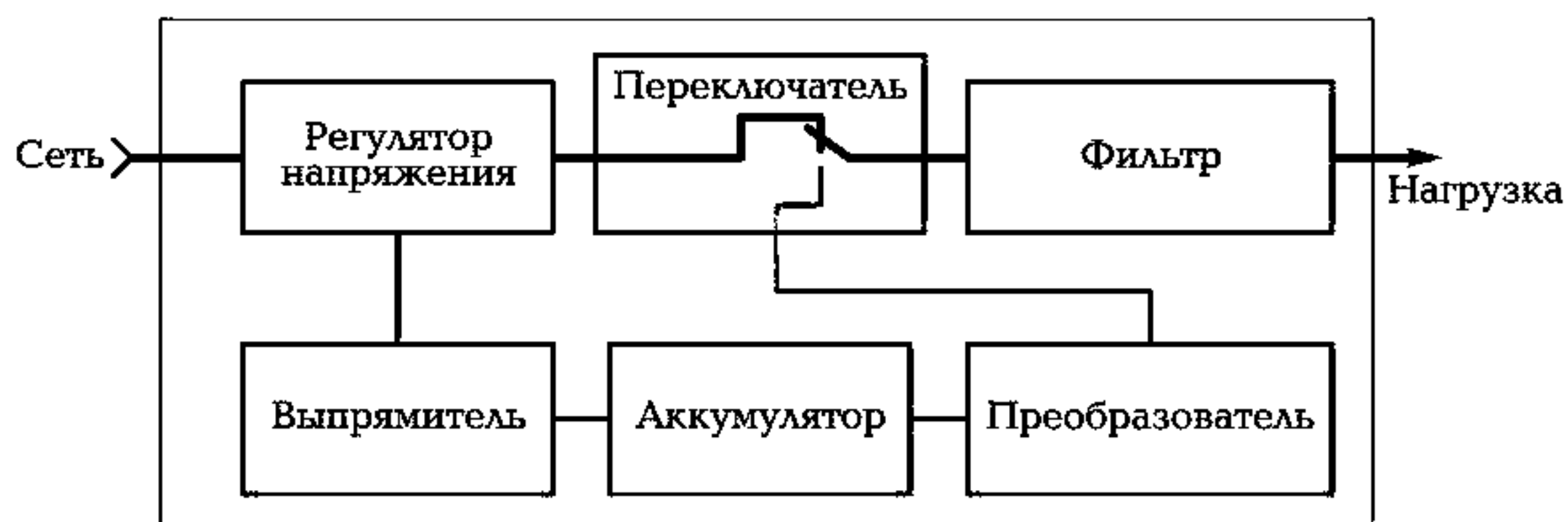


Рис. 7.5. Схема нормального режима линейно-интерактивного ИБП

Регулятор в случае изменения напряжения сети в пределах 80 ... 260 В с помощью автотрансформатора поддерживает его в заданном диапазоне номинальных значений. Это позволяет при кратковременных провалах или пиках сети не переходить на питание от аккумуляторов, а увеличивать или уменьшать входное напряжение.

Основное преимущество таких устройств — возможность защиты ПЭВМ от повышенного или пониженного напряжения без перехода в аварийный режим, что существенно продлевает срок службы аккумуляторов.

Аварийный режим (рис. 7.6) включается только тогда, когда диапазон регулировки входного напряжения не в состоянии обеспечить требуемое качество электропитания. Время коммутации составляет не более 4 мс.

Время работы на аккумуляторах при 100%-й загрузке — 4 ... 18 мин, при 50%-й — 10 ... 30 мин.

ИБП с двойным преобразованием напряжения позволяет обеспечить пользователя электроэнергией высокого качества без высокочастотных помех, провалов напряжения и характеризуется нулевым временем переключения в аварийный режим без возникновения переходных процессов на выходе устройства (рис. 7.7).

Выпрямитель формирует переменную сеть в постоянное напряжение и одновременно подзаряжает аккумулятор, который в данной схеме работает в буферном режиме.

Преобразователь вырабатывает из постоянного, сглаженного и отфильтрованного напряжения переменное синусоидальное, которое подается в нагрузку и слабо зависит от состояния питающей электросети. Аккумулятор подключен постоянно, поэтому при выходе параметров входного напряжения за допустимые пределы переход в аварийный режим происходит без задержки.

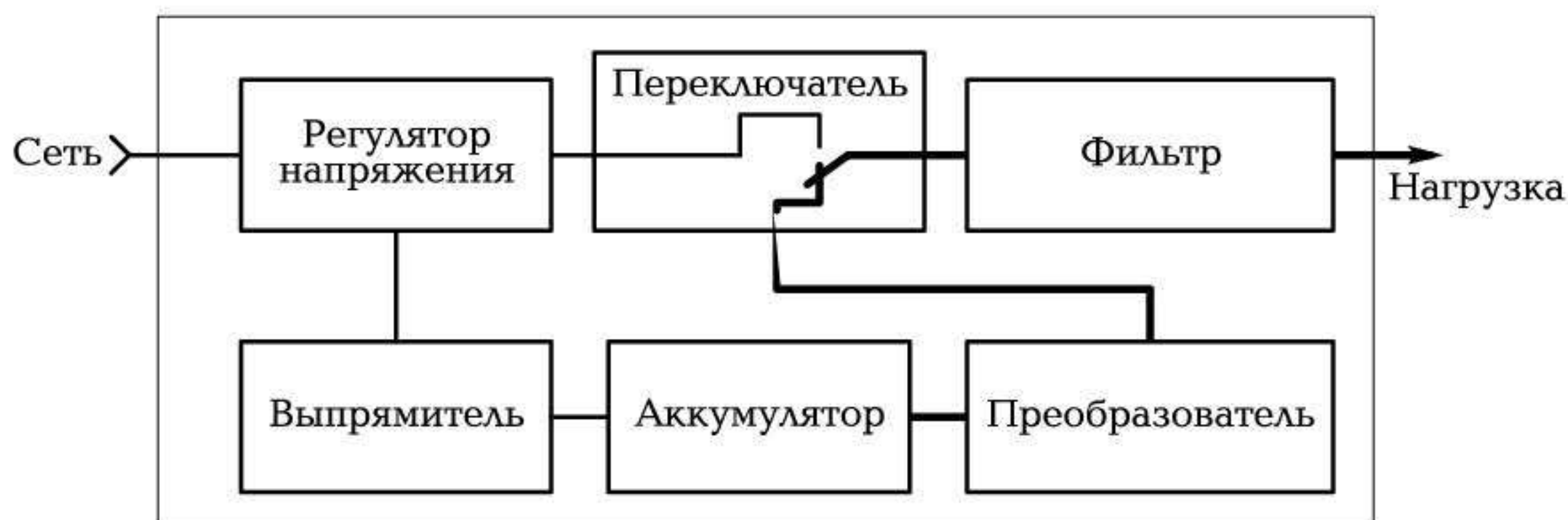


Рис. 7.6. Схема аварийного режима линейно-интерактивного ИБП

Переключение в режим Bypass (обход) может выполняться автоматически или вручную с использованием внутренней схемы ИБП или специальным внешним модулем. ИБП со встроенной схемой автоматически переходит в режим Bypass по команде устройства управления при перегрузке выходных цепей или при обнаружении собственной неисправности

С автоматической схемой обхода (Bypass) нагрузка переключается на сеть при перегрузках на выходе ИБП (например, короткое замыкание, перегрев ИБП) также без разрыва питания ПЭВМ, а с ручной схемой обхода — с разрывом (например, при полном выходе из строя ИБП). Возможность ручного включения режима Bypass предусматривается на случай проведения профилактического обслуживания ИБП или замены его узлов без обесточивания нагрузки.

Достоинством схемы можно считать нулевое время переключения на питание от аккумуляторов, недостатками — снижение КПД

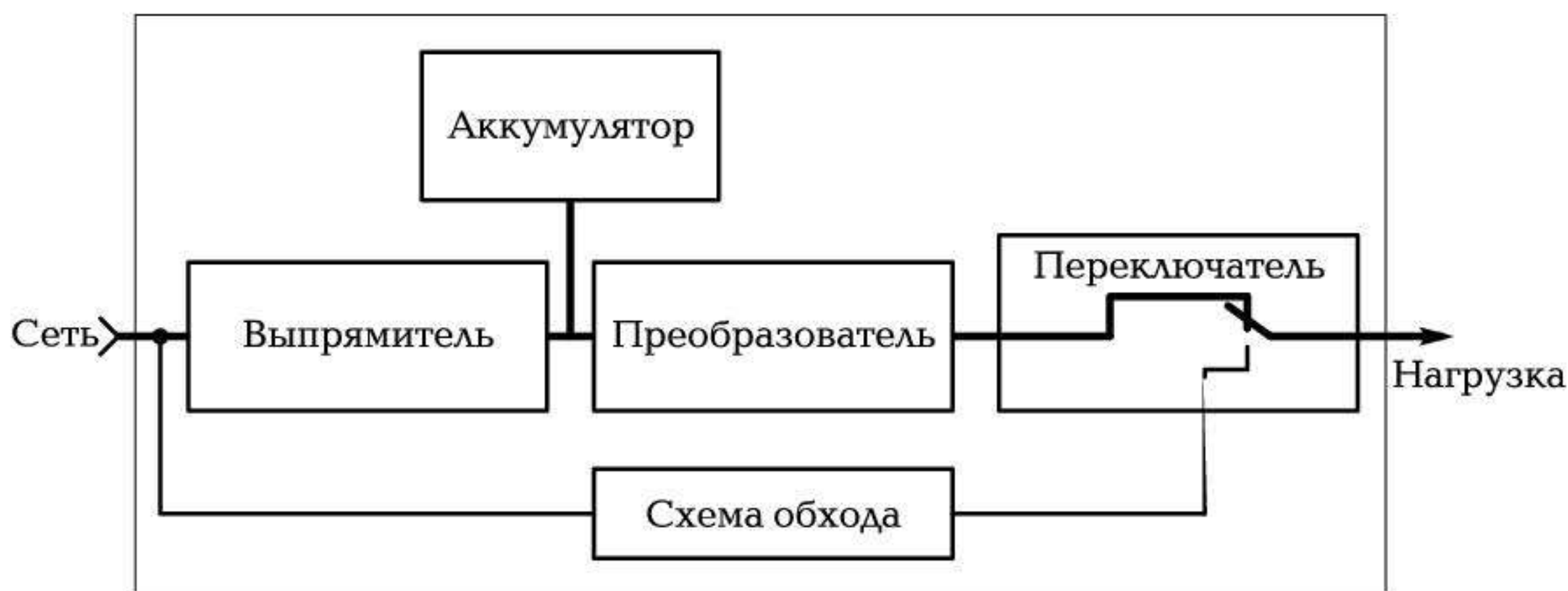


Рис. 7.7. Схема ИБП с двойным преобразованием

за счет потерь при двухкратном преобразовании напряжения, сложность и высокую стоимость.

Производители рекомендуют не загружать ИБП более чем на 80 % от максимальной нагрузки, чтобы ИБП не выключался или не переходил на схему обхода при включении нагрузки с повышенным пусковым током.

ИБП с двойным преобразованием применяют в тех случаях, когда по тем или иным причинам предъявляются повышенные требования к качеству электропитания информационно-вычислительных систем коллективного пользования: сетевое оборудование, файловые серверы, рабочие станции и персональные компьютеры локальные сетей, системы управления технологическим процессом и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите типичные отклонения электроснабжения в сети.
2. Назовите средства защиты от неблагоприятных воздействий питающей электросети.
3. Что такое сетевые фильтры?
4. Опишите устройство сетевого фильтра.
5. Назовите основные характеристики сетевого фильтра.
6. Что такое источник бесперебойного питания?
7. Назовите составные элементы источника бесперебойного питания.
8. На какие категории подразделяются ИБП по типу действия и особенностям эксплуатации?

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

8.1. КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Широкое внедрение вычислительной техники во все сферы человеческой деятельности, ее территориальное расположение и накопление в ней значительных информационных ресурсов привело к необходимости организации дистанционного обмена данными между ЭВМ с помощью систем передачи данных.

Системы передачи данных создаются соединением удаленных друг от друга абонентов средствами связи и специальным коммутационным оборудованием (рис. 8.1).

Система передачи данных представляет собой транспортную среду, обеспечивающую информационное взаимодействие абонентских пунктов (АП) пользователей, оснащенных аппаратурой передачи данных, с использованием сети связи, организованной

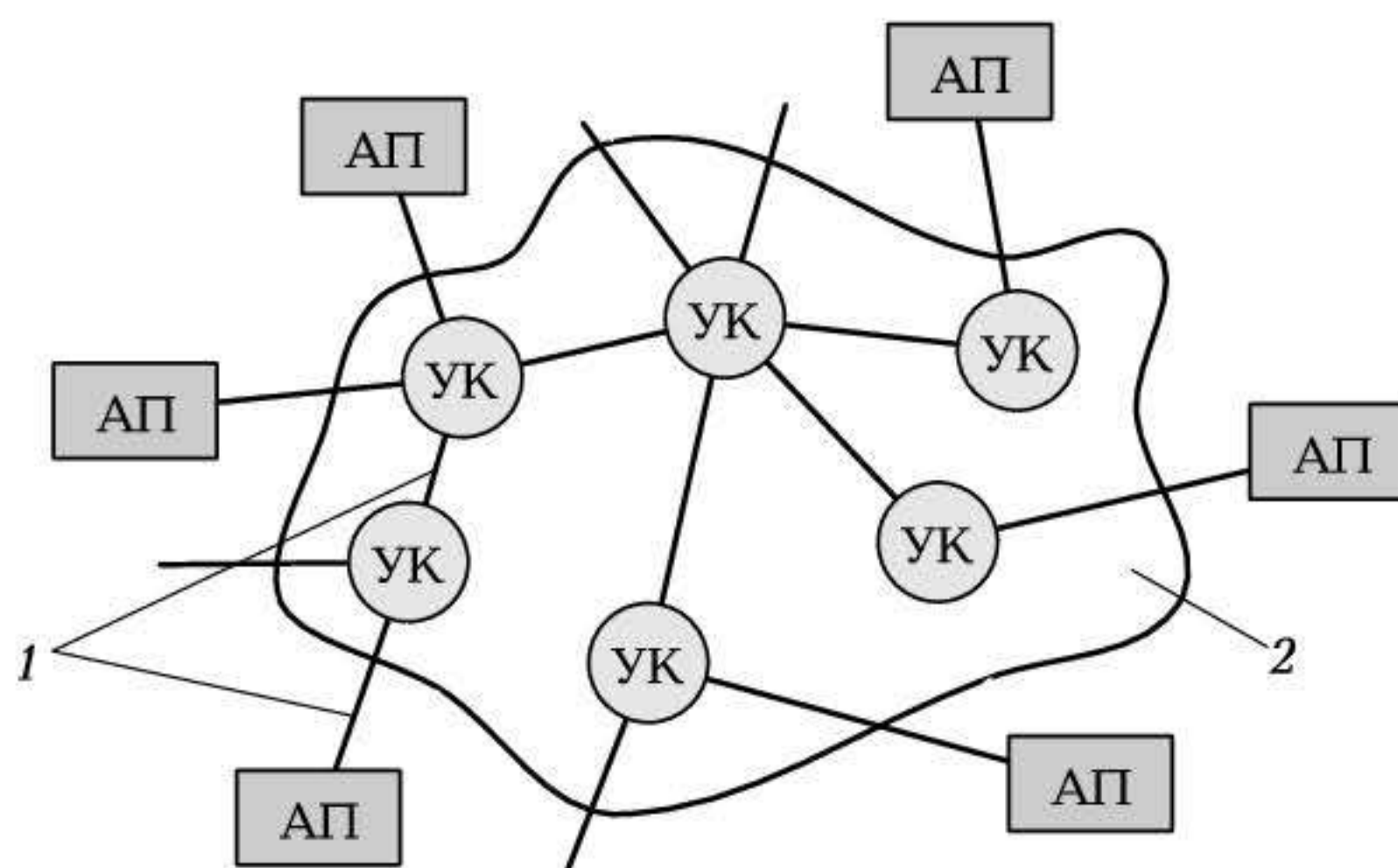


Рис. 8.1. Фрагмент системы передачи данных:

1 — каналы; 2 — сеть

совокупностью физических каналов связи, аппаратных и программных средств узлов коммутации (УК).

Любая типовая абонентская система передачи данных включает в себя АП, состоящий из оконечного оборудования данных (ООД) пользователя, аппаратуры передачи данных (АПД) и канала связи, с помощью которого она подключена к сети (рис. 8.2).

ООД является источником и получателем информации и представляет собой устройства ввода-вывода и хранения данных, которыми располагает пользователь.

АПД осуществляет передачу-прием информационных сообщений по каналу связи через узлы коммутации сети к другому абонентскому пункту, оснащенный аналогичным оборудованием.

С распространением ПЭВМ и повышением их быстродействия большая часть функций, ранее выполнявшихся аппаратурой передачи данных, реализуется программными средствами компьютера, которые включают в себя специальные модули операционной системы, стандартные прикладные или пользовательские программы, обеспечивающие телекоммуникационные методы доступа к информации.

Фактически в настоящее время ПЭВМ со средствами сопряжения с каналами связи (например, модемы, сетевые карты) заменяет АПД и ООД, в качестве которого применяется периферийное оборудование ввода-вывода.

Каналы связи являются обязательным компонентом любой сети. Они могут иметь различную физическую структуру и природу распространения сигналов. Наибольшую востребованность получили кабельные линии связи на основе металлических и волоконно-оптических кабелей и беспроводные (например, радиолинии), использующие для передачи сигналов электромагнитные волны.

Беспроводная связь применяется для оперативного соединения с подвижными абонентами, а также при невозможности по каким-либо причинам проложить кабельные линии к стационарным се-

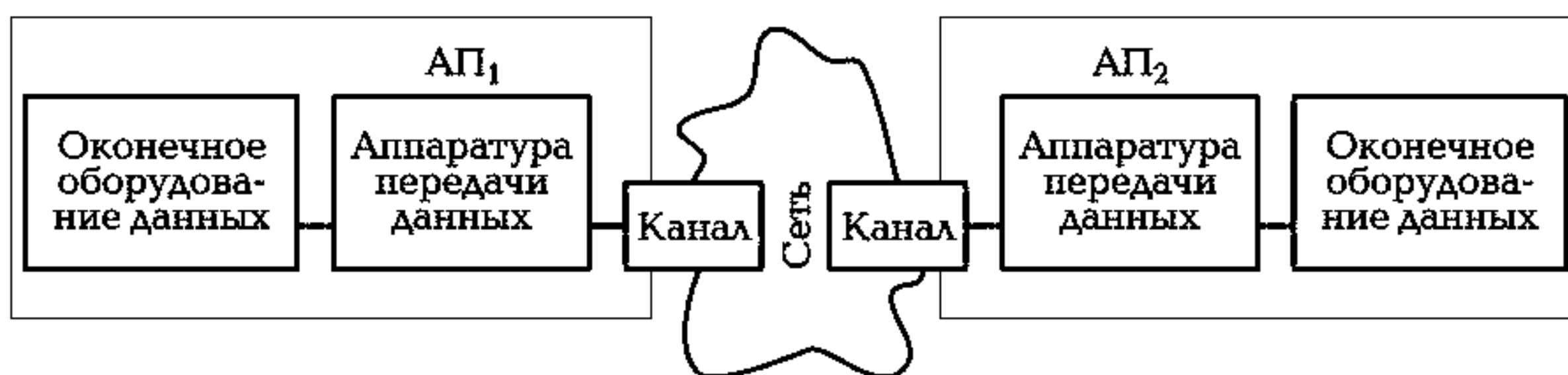


Рис. 8.2. Типовая схема передачи данных от абонента АП₁ к абоненту АП₂

тям. Беспроводная связь используется и для создания локальных сетей передачи данных между ПЭВМ небольших офисов и организаций.

С применением в АП ЭВМ системы передачи данных стали создаваться на основе так называемых компьютерных сетей.

Компьютерная сеть (вычислительная сеть) — система связи, обеспечивающая обмен данными между двумя и более ЭВМ. По функциональному назначению компьютерные сети подразделяются на информационные, вычислительные и информационно-вычислительные.

Информационные сети предоставляют пользователям в основном информационные услуги по получению научно-технической, справочной и оперативной информации общего и специального назначения с серверов баз данных.

Вычислительные сети отличаются наличием мощных ЭВМ коллективного доступа, позволяющих пользователям использовать их ресурсы для дистанционного решения своих задач.

Наибольшее распространение получили *информационно-вычислительные сети*, обеспечивающие получение всех видов услуг, характерных для перечисленных ранее компьютерных сетей.

Компьютерные сети характеризуются следующими показателями:

- номенклатура информационно-вычислительных услуг, предоставляемых пользователям сети;
- пропускная способность, объем данных, передаваемых по сети или отдельному каналу за единицу времени;
- надежность и достоверность связи;
- информационная безопасность;
- возможность расширения (масштабируемость).

Пропускная способность сети — максимально возможное количество информации, которое может быть передано по сети в единицу времени. Пропускная способность измеряется от сотен бит в секунду до десятков гигабит в секунду.

Достоверность передачи данных определяется наличием ошибок в принимаемой информации.

Надежность — свойство сети сохранять во времени свою структуру и функциональные возможности по обслуживанию АП пользователя.

К наиболее распространенным видам услуг (сервисов), предоставляемых пользователю компьютерной сетью, относятся электронная почта; передача файлов; удаленный доступ к ПЭВМ; поиск и просмотр гипертекстовых документов, включающих в себя графику, звук и видео.

В компьютерных сетях используют следующие методы передачи данных:

- метод коммутации каналов;
- метод коммутации сообщений;
- метод коммутации пакетов.

Метод коммутации каналов основан на образовании временно-го составного физического канала из последовательно соединенных отдельных УК для передачи данных между абонентскими пунктами и его разъединении по окончании сеанса связи.

Метод коммутации сообщений основан на передаче смыслового блока данных (сообщения) произвольной длины между АП.

Данные, передаваемые в форме сообщения, снабжаются заголовком, в котором содержится информация, необходимая для его обработки: указатели типа сообщения, адреса отправителя, получателя и т. д.

В современных сетях метод коммутации сообщений используется только в отдельных сетевых службах прикладного уровня, не требующих высокой оперативности обработки информации, причем чаще всего совместно с методом коммутации пакетов.

Метод коммутации пакетов является наиболее распространенным и основан на разбиении сообщений при их передаче на небольшие части, называемые пакетами, длина которых, в отличие от сообщений, имеет фиксированный размер.

Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация (номера АП источника и приемника), необходимая для доставки пакета абоненту, а также номер пакета, который используется для сборки сообщения.

Пакеты передаются по сети отдельными блоками информации и поэтому могут следовать от отправителя к получателю одновременно по различным маршрутам (каналам), что существенно сокращает время доставки сообщения.

По уровню территориального рассредоточения коммутационных узлов и протяженности каналов связи выделяют: *глобальные вычислительные сети*, охватывающие территорию страны или нескольких стран на расстоянии несколько тысяч километров (сеть Интернет); *региональные вычислительные сети*, расположенные в пределах определенного территориального региона (города, области, района); *локальные вычислительные сети*, создаваемые на небольшой территории (например, в помещении, офисе или на предприятии).

По типу организации внутренних связей сети ЭВМ подразделяются на топологические структуры, представленные на рис. 8.3.

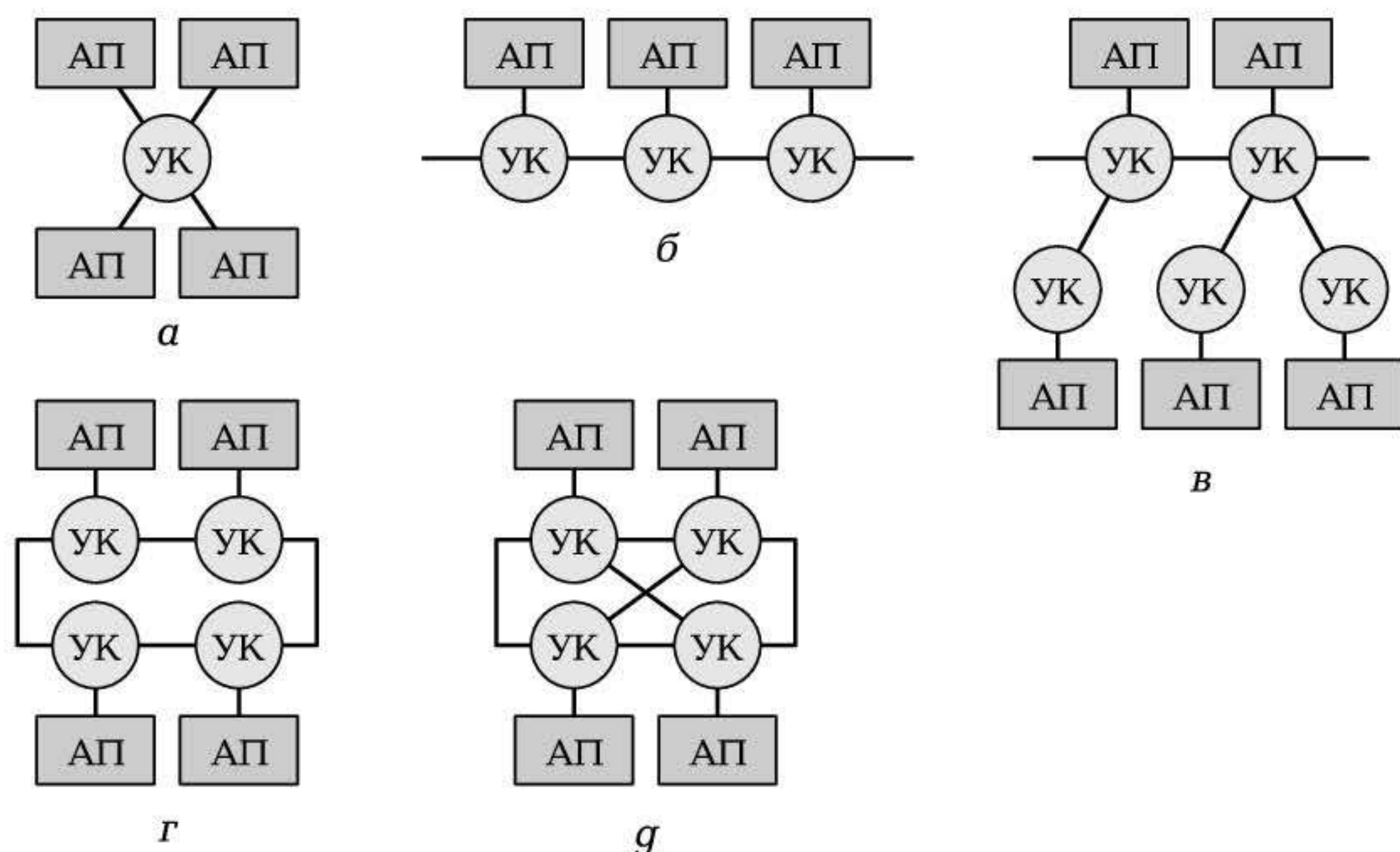


Рис. 8.3. Топологические структуры сетей ЭВМ:

а — радиальная; *б* — шинная; *в* — древовидная; *г* — кольцевая; *д* — полносвязная

Основой сетей с радиальной (звездобразной) топологией является общий коммутатор, который выполняет обработку и ретрансляцию информации между АП.

В сетях с шинной топологией используется общий канал (моноканал) передачи данных, к которому подсоединяются абонентские системы. Информация одновременно поступает на все АП, но принимает сообщение только того АП, которому оно адресовано.

В сетях с древовидной топологией реализуется объединение нескольких более простых сетей с шинной топологией.

В сетях с кольцевой топологией информация между абонентскими системами передается по кольцу только в одном направлении.

В сетях с полносвязной топологией УК соединены по схеме «каждый с каждым» отдельными каналами.

Топология крупных сетей обычно представляет собой комбинации нескольких топологических схем.

С появлением необходимости объединения разрозненных сетей в крупные информационные структуры возникла задача использования общих принципов их взаимодействия, развития и совершенствования, решение которой должно, в первую очередь, обеспечить открытость системы — возможность включения в состав сети до-

полнительных абонентских систем, узлов коммутации и линий связи без изменения существующих компонентов сети и их связей.

Основу концепции современных сетей передачи данных установила Международная организация стандартов ISO (International Standards Organization) в промышленном стандарте «Эталонная модель взаимодействия открытых систем» OSI (Open System Interconnection), определившем единый подход к построению различных телекоммуникационных сетей любой сложности.

В соответствии с моделью OSI функционирование сетей стали представлять процессами, реализуемыми вычислительными средствами абонентских систем и узлов коммутации.

В модели общая задача передачи данных реализуется на отдельных связанных между собой уровнях выполнением определенных функций по обработке и передаче данных.

Функции уровней модели OSI приведены в табл. 8.1.

Пользователь работает с *прикладным уровнем*, который предоставляет ему принятую информацию (сообщения) с помощью системного и пользовательского прикладного программного обеспе-

Таблица 8.1. Функции уровней модели OSI

Уровни OSI	Функции
7. Прикладной	Взаимодействие с пользователем и его прикладных процессов с сетевыми ресурсами
6. Представления	Согласование представления и интерпретация передаваемых данных
5. Сеансовый	Поддержка диалога между удаленными АП: обеспечение их соединения и разъединения, реализация обмена данными между ними
4. Транспортный	Обеспечение надежного обмена сообщениями между сеансовыми уровнями АП (доставка данных без ошибок, потерь и дублирования)
3. Сетевой	Маршрутизация и коммутация пакетов, управление их потоками, обнаружение и исправление ошибок в пакетах
2. Канальный	Управление каналом передачи данных, передача кадров данных по физическим адресам, обнаружение и исправление ошибок в канале связи
1. Физический	Физическое сопряжение с каналом связи, модуляция и бинарная передача сигналов

чения. Данный уровень также обеспечивает прикладным процессам конечного пользователя средства доступа к сетевым сервисам, например к электронной почте, передаче файлов.

Уровень представления устанавливает стандартные способы представления данных (одинаковое кодирование алфавитно-цифровых знаков сообщения), которые удобны для всех взаимодействующих АП прикладного уровня. На этом уровне могут выполняться различные виды преобразования информации: компрессия и декомпрессия, засекречивание и рассекречивание данных.

Сеансовый уровень предоставляет средства для организации, синхронизации и административного управления обменом данными между АП.

Транспортный уровень обеспечивает надежную передачу сообщений (запрашивает данные в случае потери и устраняет их дублирование) между взаимодействующими объектами сеансового уровня. Он регулирует нагрузку на сеть и уменьшает время ожидания данных при передаче на большие расстояния.

Сетевой уровень поддерживает логическую маршрутизацию передачи данных в сети, обеспечивает доставку данных между любыми двумя смежными узлами в сети с произвольной топологией.

Кроме того, сетевой уровень способен объединять различные по масштабу и назначению сети ЭВМ и построения на их основе сложных составных сетей с произвольными связями.

Канальный уровень обеспечивает передачу пакетов в виде последовательности кадров данных, кодирование содержимого кадра помехоустойчивым кодом с обнаружением ошибок в целях достижения достоверности передачи данных; устраняет последствия потерь, искажений или дублирования передаваемых в канале кадров.

Физический уровень устанавливает физическое соединение АП и сети. Данный уровень определяет механические, электрические, функциональные и процедурные параметры соединения. Физический уровень также описывает процедуры передачи сигналов в канал и получения их из канала. Он предназначен для переноса потока двоичных сигналов (последовательности бит) в виде, пригодном для передачи по конкретной используемой физической среде.

Как правило, реализация функций высших уровней носит программный характер, функции канального и сетевого уровней могут быть исполнены как программными, так и аппаратными средствами. Физический уровень выполняется в аппаратном виде.

Каждый уровень характеризуется своим набором правил и форматов (протоколов), определяющих взаимодействие объектов одного уровня модели с другим.

Организация взаимодействия в системах передачи данных между одинаковыми уровнями АП и УК определяется соответствующим протоколом (рис. 8.4).

Вычислительные средства абонентских пунктов взаимодействуют между собой с помощью протоколов всех семи уровней; УК ограничиваются взаимодействием по сетевому уровню.

Протоколы верхних уровней (прикладной, представительный и сеансовый) не зависят от технических особенностей построения сети, так как отделены от функционирования нижних уровней промежуточным транспортным уровнем. Функции прикладного и сеансового уровней, а также уровня представления реализуются современными операционными системами и системными приложениями абонентских пунктов.

Три нижних уровня модели OSI (сетевой, канальный и физический) являются зависимыми от сети. Протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым связным оборудованием (например, с сетевыми картами, модемами).

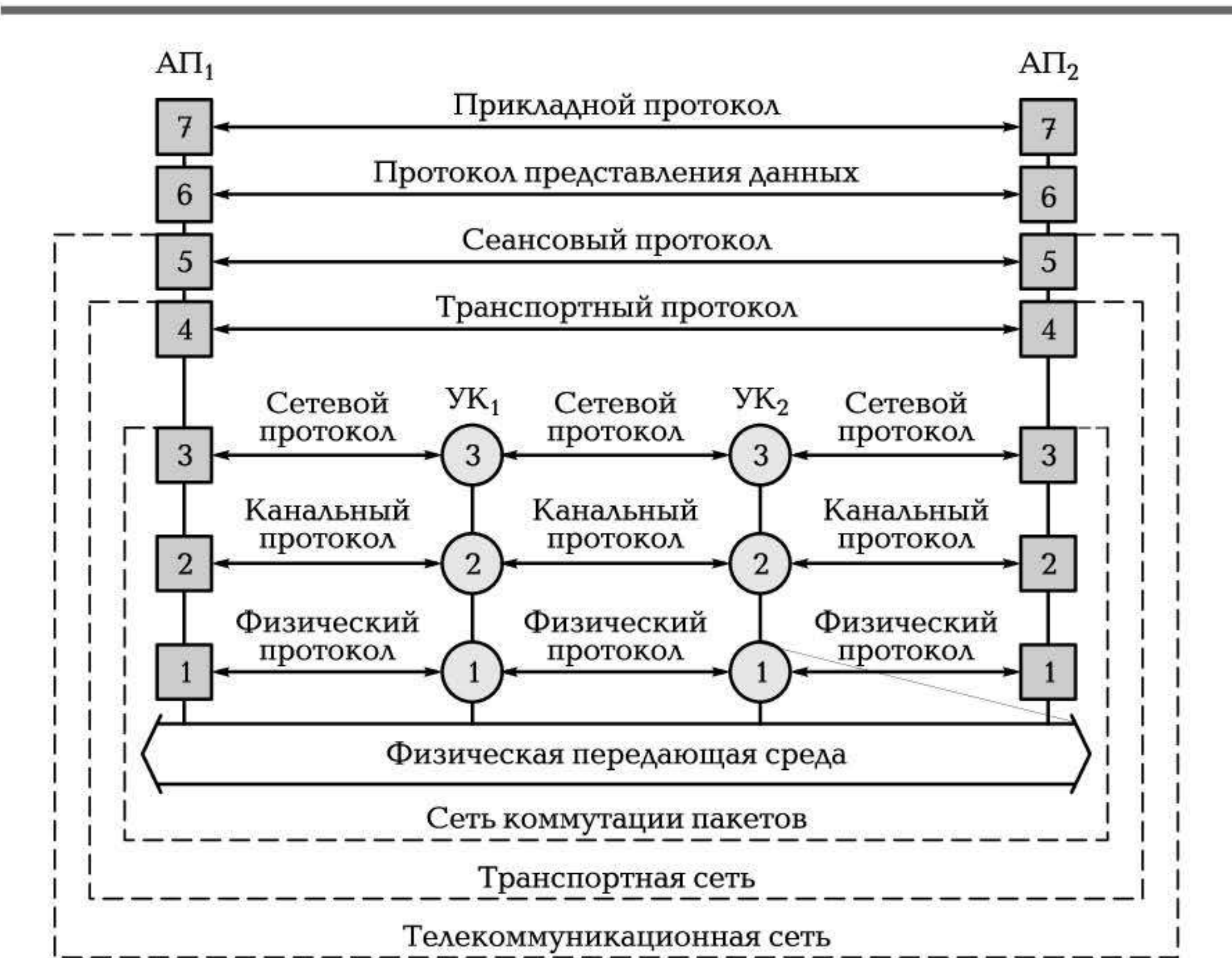


Рис. 8.4. Иерархия протоколов в модели открытых систем передачи данных

Иерархически организованный набор протоколов, которые определяют правила и процедуры организации взаимодействия в сети, называется *стеком коммуникационных протоколов* (протоколов передачи данных).

Наиболее известен стек протоколов TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol — протокол управления передачей/межсетевой протокол), разработанный и внедренный в сетевые структуры в начале 80-х гг. XX в. В настоящее время данный стек протоколов широко используется для организации работы ПЭВМ в глобальной сети Интернет и многих региональных и корпоративных компьютерных сетях.

Основу стека составляют протоколы сетевого (IP) и транспортного (TCP) уровней. Протокол IP обеспечивает передачу пакетов по сети между ее компонентами (АП—УК и УК—УК), а TCP гарантирует надежность их доставки от АП₁ до АП₂.

В сети Интернет абонентским пунктам (ПЭВМ) присваиваются уникальные признаки — адреса, в соответствии с которыми между ними происходит обмен данными.

Каждый адрес имеет двойную кодировку: обязательный цифровой IP-адрес для автоматической маршрутизации данных в сети и так называемое доменное имя — условный символьный (обычно смысловой) DNS-адрес (Domain Name System — система доменных имен), удобный для работы пользователя. В сети между ними установлено полное соответствие, позволяющее преобразовывать символьные имена доменов в IP-адреса (и наоборот), поэтому абоненту для работы в Интернете достаточно знать только доменный адрес ПЭВМ или пользователя, с которым необходимо установить связь.

Каждый домен представляет собой зону в системе доменных имен Интернета, выделенную стране (RU — домен России), организации или для других целей. Доменный адрес состоит из нескольких групп символов латинского алфавита, разделенных точками (например: www.gambler.ru).

Цифровой IP-адрес представляет собой 32-разрядное двоичное число, которое разделяется на четыре блока по одному байту (например, IP-адрес в десятичном коде представляет собой последовательность чисел, разделенную точками: 192.168.002.001).

Реализация стека протоколов TCP/IP включает в себя следующие процессы:

- информация, предназначенная для передачи, упаковывается прикладной программой в формат сообщения с адресом получателя;

- протокол IP делит сообщение на отдельные информационные пакеты стандартного размера с индивидуальными номерами и заголовком (номера нужны для обеспечения на приемной стороне полной сборки сообщения из полученных пакетов);
- каждый пакет доставляется адресату независимо от других пакетов, входящих в сообщение, по различным маршрутам (каналам связи) телекоммуникационной сети;
- полученные пакеты контролируются протоколом TCP на наличие искажений или потери пакета для организации запроса на их повторную передачу;
- проверяется (по номерам) получение пакетов, принадлежащих сообщению, и при наличии их всех сообщение считается доведенным до получателя, а передающей стороне выдается подтверждение в приеме — квитанция.

В сети Интернет также используются сервисные протоколы, разработанные на базе стека TCP/IP, например передачи файлов, дистанционного управления удаленной ПЭВМ, электронной почты и т. д.

Наибольшее распространение в мире получили компьютерные локальные сети, или LAN (Local Area Network — локальная сеть), которые продолжают активно развиваться и использоваться в науке, образовании, медицине, экономике, промышленности, государственных и коммерческих организациях для сбора, накопления, передачи и распределенной обработки информации на ограниченной территории.

Для локальных сетей ЭВМ характерны высокая интенсивность внутреннего информационного обмена, простота топологии и их замкнутость.

Связь локальной сети с сетями более высокого уровня (например, региональной сетью), как правило, осуществляется с использованием различных шлюзов — устройств перехода из одной сети в другую, оснащенных программно-аппаратными средствами защиты от внешнего несанкционированного вторжения.

Для построения локальных сетей применяются различные технологии:

- Token Ring (маркерное кольцо) — топология кольцевой сети с маркерным (эстафетным) доступом;
- FDDI (Fiber-Distributed Data Interface — распределенный волоконный интерфейс данных) — топология с двойным кольцом, в котором данные циркулируют в кольцах в разных направлениях;
- Ethernet (эфирная сеть) с пакетным обменом данных.

К настоящему времени технология Ethernet принята за основу в международном стандарте локальных сетей IEEE 802.3 и стала самой распространенной сетевой технологией LAN, вытеснив FDDI и Token ring.

Технология Ethernet определяет проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, а формат пакетов и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Достаточно высокая скорость передачи данных позволяет строить компьютерные локальные сети на основе моноканала, обслуживающего все абонентские ПЭВМ в режиме мультиплексирования с разделением единственного канала передачи данных по времени.

Сеть использует узкополосную передачу (без модуляции) данных со случайным множественным доступом пакетов в моноканал.

В сетях с централизованной структурой один из компьютеров, реализующий функции управления всеми ресурсами сети, называется сервером, а другие компьютеры, предоставляющие собственные ресурсы всем остальным сетевым ПЭВМ по их запросам, — клиентскими рабочими станциями (или просто клиентами).

В сетях с децентрализованным управлением все сетевые рабочие станции имеют равноправные возможности по предоставлению и использованию всех сетевых ресурсов и могут выполнять функции как серверов, так и клиентов.

По скорости передачи данных (пропускной способности) локальные сети подразделяются на сети:

- с малой пропускной способностью (до 10 Мбит/с);
- со средней пропускной способностью (10... 100 Мбит/с);
- с большой пропускной способностью (100 Мбит/с и более).

Первоначально сети Ethernet строились на основе шинной топологии, а в качестве передающей среды использовался коаксиальный кабель. В настоящее время коаксиальный кабель практически полностью вытеснен витой парой проводов и волоконно-оптическим кабелем, а шина заменена звездообразной топологией, которая сохранила логику работы моноканала.

Для соединения ПЭВМ с локальной сетью используют специальные устройства — так называемые сетевые карты.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких компонентов состоит система передачи данных?
2. Определите состав и назначение телекоммуникационной сети.

3. Какие методы передачи данных применяются в сетях?
4. Назовите основные топологические схемы построения сетей.
5. С какой целью разработана модель OSI и что она из себя представляет?
6. Дайте краткую характеристику уровням и протоколам модели OSI.
7. Опишите типовую схему абонентского пункта абонента сети.

8.2. УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Широкое распространение и распределение ПЭВМ на огромных территориях привело к необходимости обеспечения их информационного взаимодействия с использованием существующих сетей и каналов связи.

Наиболее простым и доступным соединением компьютеров стала телефонная сеть общего пользования (ТФОП), которая связывала аналоговыми каналами тональной частоты значительную часть населения, предоставляя через АТС (автоматические телефонные станции) коммутируемый удаленный доступ (dial-up) с любым абонентом (рис. 8.5).

Для использования каналов ТФОП потребовалось преобразование цифровых данных ПЭВМ в аналоговые сигналы с помощью специальных каналообразующих устройств — модемов (М), получивших свое название от процессов модуляции и демодуляции, которые

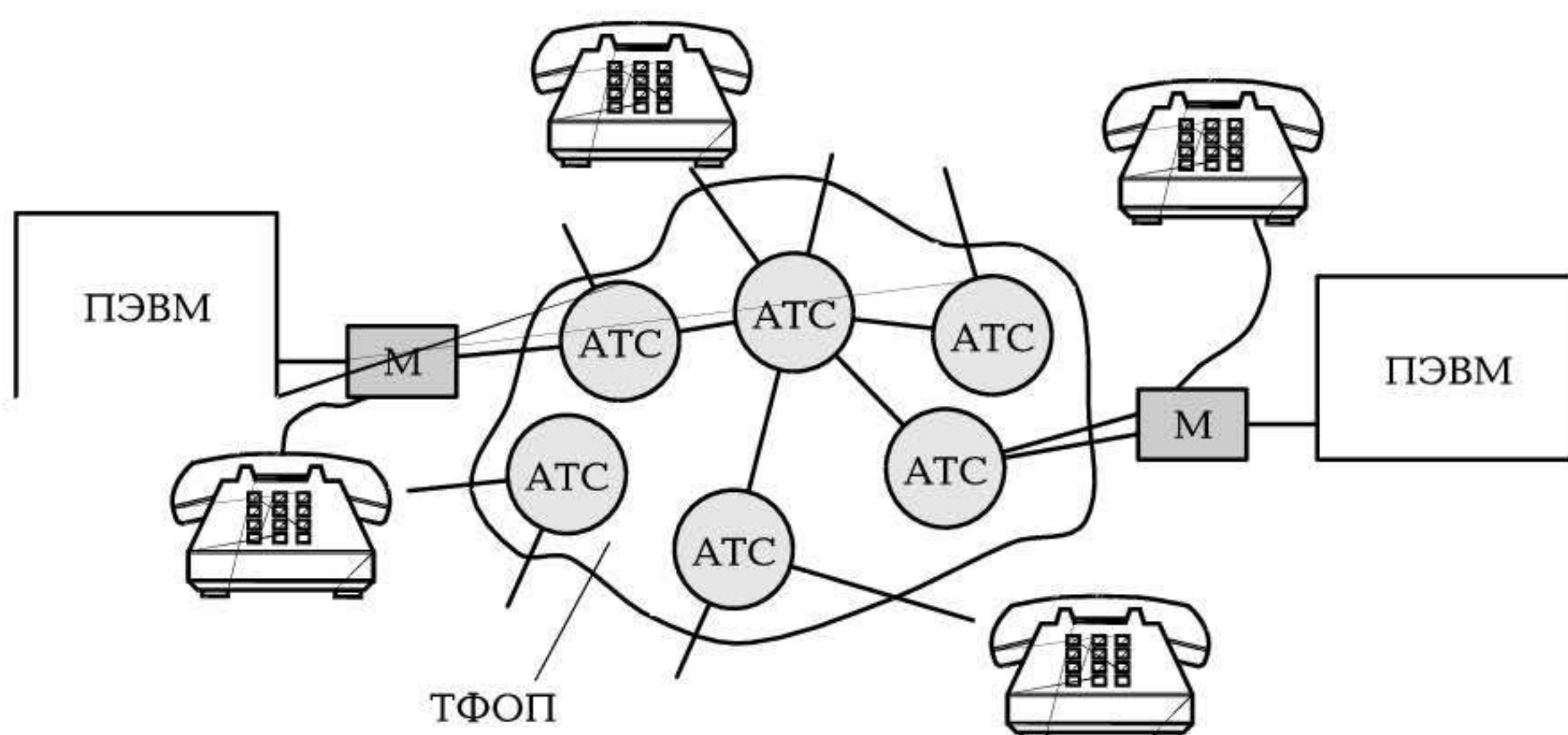


Рис. 8.5. Схема сопряжения ПЭВМ с телефонной сетью общего пользования

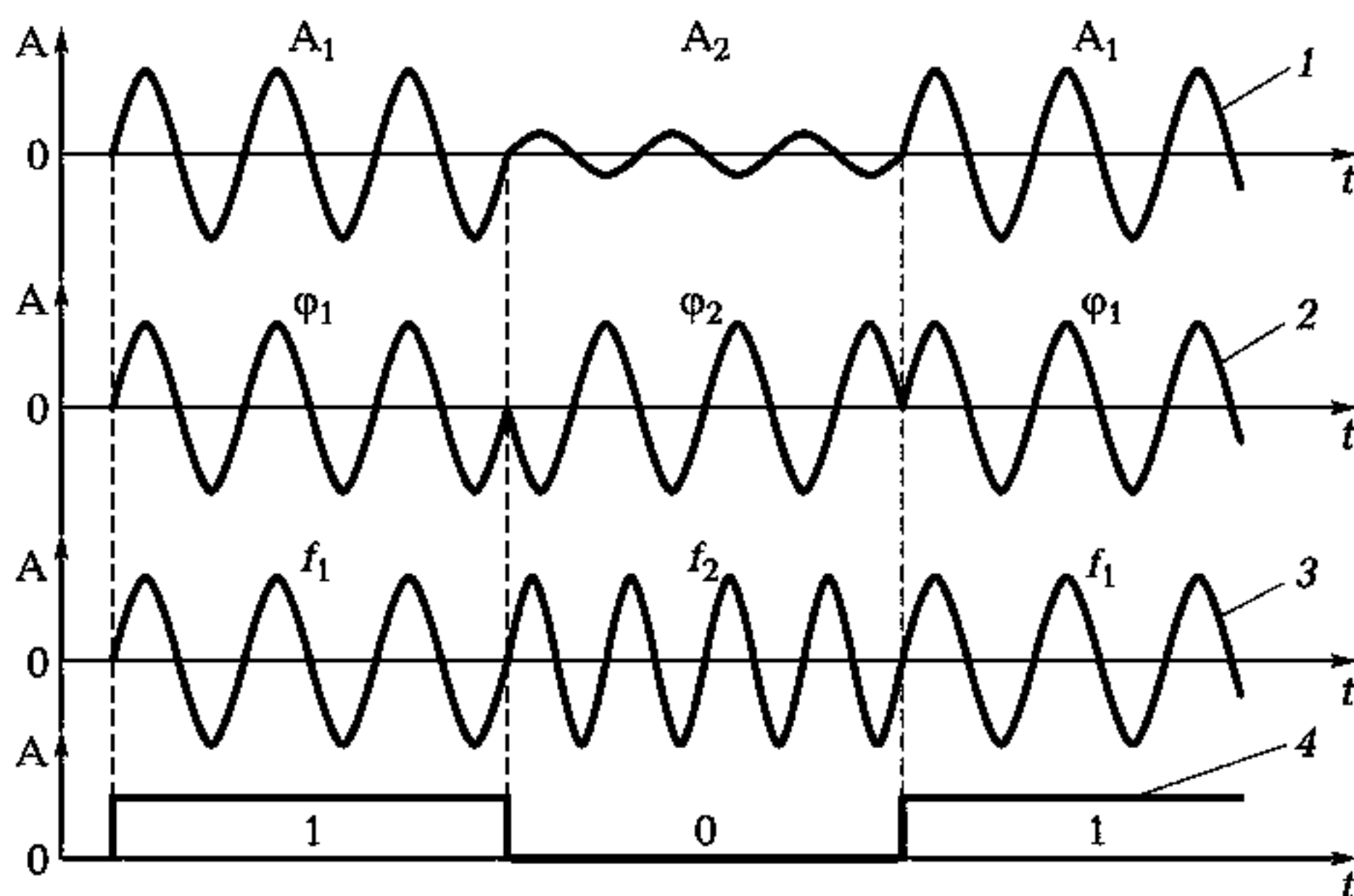


Рис. 8.6. Модуляция цифрового сигнала:

1 — амплитудная; 2 — фазовая; 3 — частотная; 4 — модулирующий цифровой сигнал

они выполняют при передаче и приеме информации. В настоящее время модемы применяются не только для работы по коммутируемым и выделенным аналоговым телефонным каналам, но и по цифровым каналам связи, а также для создания радиосетей. Модуляция необходима для преобразования данных, подлежащих передаче, в сигналы, которые эффективно пропускает используемый канал связи.

Модуляцией называется процесс изменения одного или нескольких параметров выходного сигнала по закону входного сигнала, который называется модулирующим.

Демодуляция осуществляет обратный процесс — выделяет для ПЭВМ из канального модулированного сигнала цифровую последовательность.

Большинство модемов продолжает выпускаться для связи ПЭВМ с наиболее доступными пользователям аналоговыми коммутируемыми телефонными каналами, имеющими узкий частотный диапазон (300...3 400 Гц), рассчитанный на обслуживание речевых сообщений. В таких модемах используется аналоговая модуляция.

При аналоговой модуляции формируется высокочастотное гармоническое колебание, называемое несущей частотой, у которой амплитуда, частота и начальная фаза могут меняться во времени пропорционально исходному низкочастотному сигналу.

В аналоговых модемах применяют амплитудную, частотную, фазовую модуляции и их комбинации (рис. 8.6).

Амплитудная модуляция — это изменение амплитуды колебаний (А) несущей частотой пропорционально уровню модулирующего сигнала.

Частотная модуляция — модуляция исходного сигнала, в котором цифровые сигналы 0 и 1 при передаче заменяются колебаниями разной частоты: f_1 и f_2 .

При *фазовой модуляции* модулируемым параметром является фаза сигнала при постоянной частоте и неизменной амплитуде. Например, фаза φ несущей частоты меняется на 180° при изменении дискретного сигнала от 0 к 1 и от 1 к 0.

В современных аналоговых модемах применяется *квадратурная амплитудная модуляция*, при которой одновременно изменяются амплитуда и фаза сигнала, что позволяет передавать более 8 бит данных в одной значащей позиции несущего сигнала. Такая дискретная модуляция (ее еще называют манипуляцией) осуществляется одновременно двумя несущими частотами, сдвинутыми относительно друг друга на 90° .

Одной из основных характеристик модема является скорость модуляции, определяющая физическую скорость передачи в канале связи, которая измеряется числом бит в секунду.

К АТС аналоговые модемы подключаются по двухпроводной схеме через телефонную розетку абонента с помощью обычной абонентской коммутируемой линии.

Линия называется *коммутируемой*, так как АТС может ее переключать (коммутировать) на любого абонента ТФОП в городе, стране и по всему миру.

АТС связаны между собой высокоскоростными цифровыми трактами, что позволяет в такой сети объединять достоинства высокой пропускной способности выделенных каналов с универсальностью коммутируемых абонентских линий.

В свою очередь, ТФОП может соединяться с помощью групповых модемов, образующих несколько каналов связи, с сетью Интернет.

Подключение и доступ абонентов к ресурсам Интернета обеспечивают различные компании — поставщики этих услуг (провайдеры) — с помощью своих систем передачи данных.

Для более интенсивного обмена информацией пользователи могут использовать выделенную (арендованную) линию. Выделенные линии жестко закреплены за абонентами, образуя между ними прямые каналы связи.

Некоторые модели обычных модемов имеют специальный режим для работы по выделенным линиям. Кроме того, для таких ли-

ний выпускаются особые модемы с повышенной пропускной способностью.

Физическое подключение модема к коммутируемой телефонной линии осуществляется соединителем RJ11 и регламентируется стандартами (в России используется стык С1-ТФ). Телефонный аппарат абонента подключается параллельно входу модема или через его коммутируемый выход.

По конструктивному исполнению модемы подразделяются на внутренние (отдельные модули или схемы, входящие в состав системных плат) и внешние.

Внутренние модемы выполняются в виде отдельных плат или модулей, которые устанавливаются в слоты расширения PCI системной платы ПЭВМ или в ноутбуки, оснащенные интерфейсом PCMCIA.

Внешние модемы выполняются в виде автономных устройств, подключаются к ПЭВМ как периферийное оборудование (обычно по интерфейсу USB) и питаются от собственного сетевого блока питания. Модемы, как правило, имеют больше функциональных возможностей, индикаторы (светодиоды или ЖК-дисплеи) режимов работы и состояния канала связи.

Многие модемы выполняют ряд дополнительных телекоммуникационных услуг: прием и передачу факсимильных сообщений (цифровых изображений копий отсканированных документов), автоматическое определение номера вызывающего абонента, функции автоответчика и др.

Для обеспечения правильного информационного обмена между модемами различных производителей приняты международные стандарты, регламентирующие одинаковые протоколы канального и физического уровней модели OSI.

К модемным стандартам относятся протоколы серии V, которые по функциональным признакам условно подразделяются на следующие группы:

- протоколы, определяющие нормы взаимодействия модема с каналом связи (V.2, V.25);
- протоколы, регламентирующие соединение и алгоритмы взаимодействия модема и ПЭВМ (V.24, V.25, V.25bis, V.28);
- протоколы модуляции, определяющие основные характеристики модемов, предназначенных для коммутируемых и выделенных телефонных каналов (V.32, V.32bis, V.34, V.34bis, V.90, V.92);
- протоколы защиты от ошибок (V.41, V.42, MNP1...MNP4);
- протоколы сжатия передаваемых данных (MNP5, MNP7, V.42bis, V.44);

- протоколы, определяющие процедуры диагностики модемов, измерения параметров каналов связи (V.51 ... V.54, V.56).

Модемы для телефонных каналов связи, реализуемые в соответствии со стандартами, включают в себя следующую номенклатуру скоростей: 300, 600, 1 200, 2 400, 4 800, 9 600, 12 000, 14 400, 16 800, 19 200, 28 800, 33 600 и 56 000 бит/с.

Стандартизация протоколов позволяет взаимодействующим модемам автоматически устанавливать одинаковые режимы работы:

- способы модуляции, сжатия данных;
- оптимальную скорость передачи в зависимости от уровня помех (количества ошибок) в канале связи для обеспечения достоверной передачи.

Модемами управляют АТ-команды, которые доступны пользователю для установки импульсного или тонового набора номера, скорости и уровня выходного сигнала, типа используемой линии (коммутируемая или выделенная телефонная линия), режима работы звуковой сигнализации, тестирования модема и т. д.

Большинство современных аналоговых модемов применяют протоколы V.90 и V.92 с дуплексной асимметричной передачей данных, при которой информация принимается из канала со скоростью до 56 кбит/с и передается со скоростью 33,6 кбит/с в соответствии с первым протоколом или 48 кбит/с в соответствии со вторым протоколом. Асимметричный обмен отражает процесс работы ПЭВМ, например с сетью Интернет, когда по коротким запросам пользователя к нему из сети поступает значительный объем информации (видео, звуковые файлы, массивы данных и программ).

В современных модемах есть встроенная функция сжатия исходящих сообщений по стандарту V.44 с коэффициентом 6 : 1, позволяющая повышать скорость передачи текстовых данных без их предварительного архивирования.

Абонентские линии подвержены помехам, поэтому на канальном уровне используют специальные методы обнаружения ошибок и их исправления. В каждом модеме устанавливают специальный разрядник, нейтрализующий выбросы избыточного напряжения на линии.

Современный модем состоит из сигнального процессора, реализующего процессы модуляции и демодуляции сигналов; специализированного микропроцессора, управляющего работой модема, обменом с компьютером и осуществляющего обработку принимаемых и передаваемых данных (кодирование, декодирование, сжатие-распаковка); оперативной, постоянной и репрограммируемой памяти; элементов звуковой и световой сигнализации.

Оперативная память модема используется для буферизации принимаемых и передаваемых данных, промежуточных результатов выполнения алгоритмов сжатия и т. д. Постоянная память служит для хранения программы работы процессоров. В РПЗУ хранится микропрограмма модема, которая включает в себя наборы команд и служебных данных для управления модемом, набор поддерживаемых протоколов.

Для увеличения объема информации, передаваемой по абонентским телефонным линиям ТФОП, в последнее время применяют семейство технологий цифровой высокоскоростной передачи данных, имеющих общее обозначение xDSL (Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия).

Для работы с сетью Интернет широко используют одну из их разновидностей xDSL — ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия), расширяющую пропускную способность существующих абонентских телефонных линий без их модернизации и позволяющую осуществлять одновременный обмен речью и данными.

Технология ADSL основана на принципах разделения частот, благодаря чему аналоговый речевой сигнал надежно отделяется от цифровой передачи данных.

Цифровые модемы ADSL, подключенные к абонентской линии со стороны пользователя и размещенные на АТС, образуют три отдельных канала:

- высокоскоростной канал передачи данных из сети в ПЭВМ со скоростью от 32 кбит/с до 8 Мбит/с,
- менее скоростной канал передачи данных из ПЭВМ в сеть со скоростью от 32 кбит/с до 1,5 Мбит/с,
- канал телефонной связи.

Асимметричный характер скорости передачи данных введен специально, исходя из обычной работы удаленного пользователя с сетью Интернет.

В России непрерывно развивают *цифровую сеть ISDN* (Integrated Services Digital Network — цифровая сеть комплексных услуг), использующую цифровую технологию передачи сигналов, в которой аналоговые станции последовательно заменяются цифровыми АТС. Сеть ISDN применяет те же абонентские коммутируемые линии, но использует цифровое кодирование данных.

Основное преимущество ISDN перед аналоговой телефонной сетью заключается в скорости передачи данных. Она позволяет передавать данные по обычной абонентской линии со скоростью 128 кбит/с, обеспечивая высокую надежность и быстрое время уста-

новления соединения, а абоненту — совмещать телефонные переговоры с обменом данными. Использование сети ISDN для обмена между ПЭВМ во всем аналогично рассмотренному коммутируемому доступу только при применении специального цифрового модема.

Для подключения ПЭВМ к линии ISDN необходимо устройство под названием «терминальный адаптер», которое представляет собой плату расширения или внешнее устройство, подключаемое к порту USB. Большинство терминальных адаптеров ISDN имеют разъемы для подключения телефонов, аппаратов факсимильной связи и используют режим сжатия данных.

Модемы для цифровых каналов связи оперируют не с аналоговыми модулированными, а с дискретными импульсными сигналами. При цифровом кодировании данных применяют потенциальные и импульсные коды. В потенциальных кодах для представления логических единиц и нулей используется только значение потенциала сигнала. Импульсные коды представляют двоичные данные импульсами определенной полярности или фронтами — перепадом потенциала определенного направления.

Концентрация ПЭВМ на ограниченной территории позволяет организовать их информационное взаимодействие с использованием локальных сетей.

Для подключения ПЭВМ к локальным сетям применяются сетевые карты, которые располагаются на системных платах или существуют в виде плат, которые вставляются в слоты расширения PCI.

Сетевые карты обеспечивают формирование информационных пакетов, буферизацию данных для согласования скоростей приема и передачи в моноканале, кодирование и декодирование данных, проверку правильности передачи пакета, установление соединения с требуемыми клиентскими рабочими станциями и серверами.

ПЭВМ обычно подключаются к локальной сети кабелями следующих типов: коаксиальный, с витой парой проводов или оптоволоконный.

В сети Ethernet сетевые карты ПЭВМ принимают все передаваемые по сети информационные пакеты и анализируют их адресную часть. Если рабочая станция распознает собственный адрес, то происходят прием пакета и его обработка протоколами верхних уровней.

В качестве адреса применяется уникальный идентификатор — так называемый MAC-адрес (Media Access Control — управление доступом к среде), который присваивается каждой сетевой карте изготовителем.

MAC-адрес имеет длину 6 байт и обычно записывается в шестнадцатеричном коде (например: 00:34:56:78:90:AB или 00-34-56-90-AB). Хранится MAC-адрес в РПЗУ и может меняться пользователем.

Сетевая карта ПЭВМ всегда находится в режиме дежурного приема, непрерывно определяя занятость моноканала. Если сеть не используется, то любой компьютер может начать передачу данных. Если моноканал занят другой ПЭВМ, то передача задерживается до его освобождения. В сети между передачами выдерживается небольшая пауза для установки сетевых карт в исходное состояние перед следующим циклом обмена данными.

Используемые в локальных сетях кабельные линии в последнее время активно дополняются беспроводными каналами радиочастотной связи.

Локальные радиосети являются быстроразвивающейся перспективной сетевой технологией, дополняющей обычные проводные сети и иногда заменяющей их. Значительный рост потребности в беспроводных локальных сетях характерен для государственных силовых министерств и ведомств (например, МВД, МЧС), учреждений здравоохранения, атомной промышленности и других производств, связанных с критическими технологиями, и т.д.

К наиболее востребованным сетям относятся WLAN (Wireless LAN — беспроводная локальная сеть), Radio-Ethernet, использующие для связи диапазон радиочастотного излучения электромагнитных волн (рис. 8.7).

В качестве точки доступа (access point) в радиосети используют приемопередающие устройства — так называемые трансиверы (от *англ.* transmitter — передатчик и receiver — приемник).

Трансиверы — это беспроводные модемы, которые выполняются в виде самостоятельного устройства (хост-трансиверы (host — главный, ведущий)) или устройства, встроенного в мобильные ПЭВМ (локальные трансиверы), и осуществляют прямое и обратное преобразования электрических сигналов в электромагнитное излучение (рис. 8.8).

Автономная радиосеть, не требующая сопряжения со стационарной сетью, может быть построена на основе только локальных трансиверов, непосредственно взаимодействующих друг с другом без промежуточной (центральной или базовой) станции. У них отсутствует антенный усилитель мощности, а приемники обладают недостаточной чувствительностью.

Такие сети обычно имеют ограниченный радиус действия, так как передатчики радиомодулей обеспечивают небольшую выходную мощность в антенну (А).

Наиболее часто используют совмещенные сети, которые в качестве базовой станции применяют хост-трансивер — точку доступа к проводной сети Ethernet 10/100 Мбит/с. При базовом способе все ПЭВМ, оснащенные трансиверами, связываются между собой только через стационарную точку доступа.

Для работы радиосетей общего назначения используются два не лицензируемых в России частотных диапазона: 2,4000... 2,4835 и 5,125... 5,875 ГГц. Устройства радиопередачи данных действуют согласно международному стандарту IEEE 802.11, или Wi-Fi (Wireless Fidelity — радиопередача с безукоризненной точностью), а также его спецификациям: IEEE 802.11a, IEEE 802.11b и IEEE 802.11g.

В стандарте применяется пакетный обмен данными с помощью широкополосных шумоподобных сигналов, за счет которых достигается их высокая помехозащищенность на приеме при малой мощности передачи.

На исходных положениях данной спецификации были разработаны более простые устройства связи в инфракрасном диапазоне и Bluetooth.

В основу стандарта 802.11 положена сотовая (ячеечная) архитектура построения радиосети. Каждая ячейка сети управляется своей

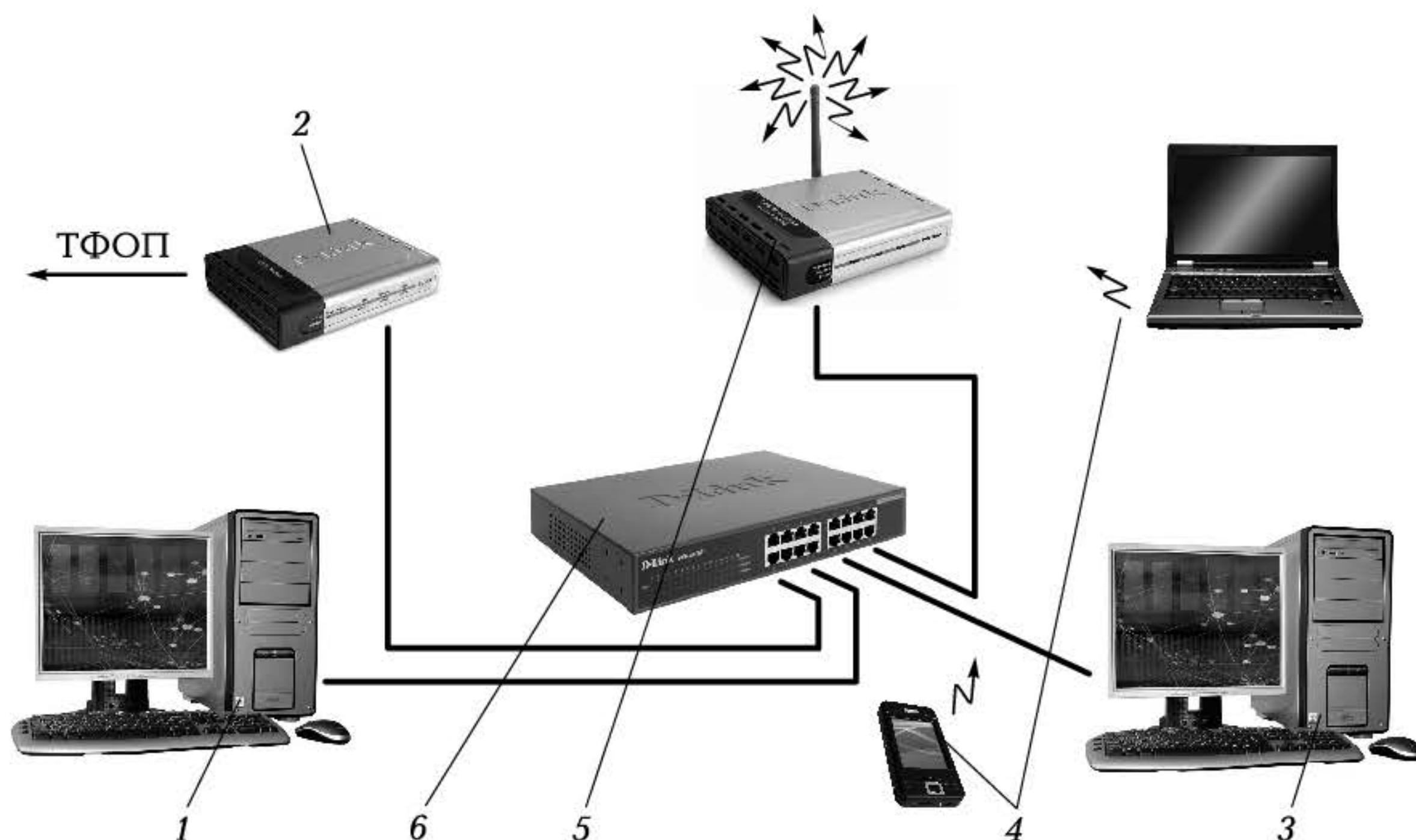


Рис. 8.7. Совмещенные кабельная и радиочастотная локальные сети:

1, 3 — рабочие станции проводной сети; 2 — модем ADSL для связи с Интернетом через ТФОП; 4 — подвижные рабочие станции радиосети; 5 — радиоточка доступа к проводной сети; 6 — коммутатор проводной сети



Рис. 8.8. Блок-схема хост-трансивера

базовой станцией (точкой доступа), которая вместе с находящимися в пределах радиуса ее действия рабочими станциями пользователей образует сотовую зону обслуживания до 128 абонентов.

В сети, состоящей из нескольких сотен станций, точки доступа взаимодействуют между собой, образуя расширенную зону обслуживания. В такой зоне предусмотрен роуминг, обеспечивающий работу мобильных ПЭВМ при перемещении их из зоны действия одной базовой станции к другой. При попадании в область действия нескольких точек доступа клиентская станция автоматически для связи выбирает оптимальную зону по уровню сигнала.

Для защиты WLAN в стандарте IEEE 802.11 предусмотрены механизмы и процедуры аутентификации рабочих станций и шифрование данных для предотвращения перехвата информации в радиоканале.

Благодаря высокой скорости передачи данных (до 11 Мбит/с), сопоставимой с пропускной способностью проводных сетей Ethernet, и простоты реализации наибольшую популярность завоевал стандарт IEEE 802.11b, работающий в диапазоне 2,4 ГГц, — частотный диапазон ISM (Industry, Science, Medicine — промышленное, научное и медицинское применение).

Хост-трансиверы на этой частоте могут использовать передатчики мощностью от 100 мВт (дальность — до 450 м на открытом воздухе и до 100 м в закрытом помещении) до 1 Вт (около 3 км в городе).

Для экономии энергопотребления стандартом 802.11 предусмотрено переключение трансиверов в пассивный режим дежурного приема с минимальным потреблением мощности.

В настоящее время многие гостиницы, залы ожидания в аэропортах, рестораны и кафе оборудованы точками доступа к беспроводным сетям Wi-Fi для обеспечения удобства работы пользователей с ноутбуками и КПК.

Такие коммерческие и бесплатные зоны радиодоступа к сети Интернет называются «хот спот» (hot spot — горячее пятно); их количество непрерывно растет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из чего состоит сеть ТФОП и почему она используется для передачи данных?
2. Какие виды модуляции используются в модемах?
3. Назовите стандарты, регламентирующие работу аналоговых модемов.
4. С какой целью применяются модемы ADSL?
5. По каким причинам аналоговую телефонную сеть заменяют сетью ISDN?
6. Назовите основные технологии создания локальных сетей.
7. Дайте краткую характеристику сети Ethernet.
8. Какие функции выполняют сетевые карты?
9. Назовите состав и назначение трансиверов.
10. Почему радиосети объединяют с проводными сетями?
11. Дайте характеристику беспроводной сети Wi-Fi.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

9.1. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Проблема защиты информационных ресурсов различных форм собственности в настоящее время связана прежде всего со значительным расширением сферы применения средств вычислительной техники, увеличением количества ПЭВМ в информационных отношениях, объемов обрабатываемых данных и значительным ростом их стоимости, развитием территориально распределенных автоматизированных систем и сетей. Непрерывное распространение глобальной сети Интернет по стране уже «приблизило государственную границу» к пользователям, владеющим ценной информацией, упрощая к ней злоумышленный доступ.

Правовое и организационно-техническое обеспечение информационной безопасности в России регламентируется рядом основных законодательных и нормативных документов: Федеральным законом от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информатизации, информационных технологиях и о защите информации», Федеральным законом от 29.07.2004 № 98-ФЗ «О коммерческой тайне», Указом Президента РФ от 06.03.97 № 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера» с изменениями от 23.09.2005, Федеральным законом от 10.01.2002 № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи» и Доктриной информационной безопасности Российской Федерации.

За преступления в сфере компьютерной информации в Уголовном кодексе РФ (гл. 28) предусмотрена ответственность:

- за неправомерный доступ к компьютерной информации (ст. 272);
- создание, использование и распространение вредоносных программ для ЭВМ (ст. 273);
- нарушение правил эксплуатации ЭВМ, системы ЭВМ или их сети (ст. 274).

Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента РФ 09.09.2000, представляет собой совокупность официальных взглядов на цели, задачи, принципы и основные направления обеспечения внутренней и внешней информационной безопасности России.

Наравне с защитой сведений, составляющих государственную тайну, она призвана обеспечить конституционные права и свободы человека и гражданина на личную и семейную тайну, тайну переписки, телефонных переговоров, почтовых, телеграфных и иных сообщений.

Доктрина информационной безопасности Российской Федерации служит основой для формирования государственной политики по противодействию и ликвидации угроз в части неправомерного манипулирования информацией (дезинформация, сокрытие, уничтожение или искажение данных) и развитию отечественного производства аппаратных и программных средств ее защиты.

Понятие «информационная безопасность» отражает состояние защищенности информационных ресурсов, обеспечивающее их формирование, использование и развитие в интересах только тех физических и юридических лиц, которые обладают соответствующими правами.

Исходя из важности (ценности) заложенных сведений информацию подразделяют на открытую (общедоступную) и ограниченного использования.

К информации ограниченного использования относится конфиденциальная информация и информация, содержащая государственную тайну.

По российскому законодательству конфиденциальная информация подлежит защите и включает в себя:

- служебную информацию (врачебная, нотариальная, адвокатская тайна, тайна переписки, телефонных переговоров и т.д.);
- коммерческую информацию (например, сведения о торговых и финансовых операциях);
- персональные данные (сведения о фактах, событиях и обстоятельствах частной жизни гражданина, позволяющие идентифицировать его личность, за исключением сведений, подлежащих распространению в средствах массовой информации в установленных федеральными законами случаях).

За правильное разграничение информации на открытую и конфиденциальную (защищаемую) отвечает ее собственник или владелец.

Целью организации защиты информации является создание комплекса мер для предотвращения материального, морального или иного ущерба собственнику, владельцу или пользователю в результате случайных и преднамеренных воздействий на их информацию, аппаратно-программные средства ПЭВМ и системы передачи данных.

Случайные (непреднамеренные) воздействия возникают из-за ошибок при обслуживании ПЭВМ, отказов технических средств и сбоев программ, техногенных катастроф, стихийных явлений и т. д.

Преднамеренные (несанкционированные) воздействия связаны с целенаправленными умышленными действиями (атакой) нарушителей по внедрению в защищаемые информационные ресурсы для завладения, искажения или уничтожения данных.

Все эти воздействия представляют собой реальные угрозы информационной безопасности любой вычислительной системе, которые подразделяются на следующие группы:

- угрозы нарушения конфиденциальности информации;
- угрозы нарушения целостности информации;
- угрозы нарушения доступа к информации.

Угрозы нарушения конфиденциальности информации связаны с утечкой сведений ограниченного доступа, хранящихся в ЭВМ или транслируемых в системе передачи данных.

Угрозы нарушения целостности информации приводят к искажению или изменению хранящейся в вычислительной системе или передаваемой информации.

Угрозы нарушения доступа к информации (отказ в обслуживании) направлены на создание ситуаций, блокирующих или ограничивающих правомерного пользователя в использовании информации.

С внедрением электронного документооборота действуют угрозы, связанные с нарушением достоверности (авторства) источника информации.

В результате воздействия перечисленных угроз возникает возможность несанкционированного (случайного или умышленного) получения, использования, уничтожения или модификации информации.

Несанкционированный доступ (НСД) предполагает злоумышленное использование различных каналов ее утечки, т. е. способов, позволяющих нарушителю получать доступ к обрабатываемой или хранящейся в вычислительной системе информации.

К возможным каналам пассивной утечки информации, не связанным с непосредственным взаимодействием нарушителя с

ПЭВМ, относятся перехват им побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) и съем данных за счет подключения к телекоммуникационным сетям специальных технических средств.

Источниками электромагнитного излучения являются в основном мониторы, кабельные линии, накопители на магнитных дисках и некоторые принтеры. Например, в обычном ЭЛТ-мониторе и в дисплее ноутбука всегда имеет место процесс развертки изображения, который с определенным циклом непрерывно обновляет экран, а его электронные схемы излучают электромагнитные волны на расстояние более 500 м. Если обеспечить синхронизацию широкополосного радиоприемника злоумышленника с этим повторяющимся процессом генерации кадра изображения, то можно легко считать всю информацию, отображаемую на экране.

Побочные электромагнитные наводки возникают в цепях заземления, электропитания вычислительных средств, а также в различных технических средствах, непосредственно не связанных с обработкой информации (например, телефонные аппараты, абонентские линии), но находящихся в зоне действия ПЭМИН, от ПЭВМ.

Удаленное несанкционированное активное проникновение в вычислительные системы через компьютерные сети (в основном через сеть Интернет) стало в последнее время распространенным явлением.

Воздействия (атаки) через сеть на удаленные компьютеры совершают так называемые хакеры для завладения чужой информацией в корыстных целях или чаще всего для создания условий, нарушающих штатную работу аппаратных и программных средств. Большинство атак связано с рассылкой по сети различных вирусов, «троянских коней», почтовых «червей», сетевых и почтовых сообщений (спама), вызывающих отказ в обслуживании, и т. д.

К каналам возможной утечки информации, которые образуются при непосредственном взаимодействии злоумышленника и ПЭВМ, относятся:

- хищение носителей информации (дисков, магнитных лент, дискет и т. д.);
- чтение посторонними лицами информации с экрана или с оставленных без присмотра распечаток данных;
- намеренное копирование файлов и носителей информации;
- кража и подбор аутентифицирующей информации (паролей) пользователей;
- негласная (скрытая) модификация данных, программ и конфигурации технических средств ПЭВМ;

- блокирование и уничтожение информации, аппаратных, программных и программно-технических компонентов ПЭВМ;
- несанкционированный доступ к защищаемой информации в процессе ремонтных и регламентных работ и т. д.

Надежная информационная безопасность может быть обеспечена только принятием взаимоувязанного комплекса мер по многоуровневой (эшелонированной) защите информации и достигается:

- организационными способами (административными, инженерными, режимными);
- техническими средствами;
- средствами криптографической защиты информации (СКЗИ).

К *организационным способам* защиты информации относятся мероприятия, осуществляемые администрацией в процессе строительства помещений, монтажа и наладки оборудования, испытания и эксплуатация вычислительных систем для обеспечения их информационной безопасности.

Административные и режимные мероприятия включают в себя:

- обеспечение физической охраны территории, зданий, помещений, хранилищ информационных носителей защищаемого объекта, предотвращающей или существенно затрудняющей хищение средств вычислительной техники, а также несанкционированного доступа к ПЭВМ и линиям связи;
- подбор, обучение персонала, обеспечение режимных мероприятий по его допуску в контролируемую зону — пространство, в пределах которого осуществляется наблюдение за пребыванием и действиями сотрудников или посторонних лиц;
- организацию службы безопасности, осуществляющей учет, хранение и выдачу информационных носителей, паролей, ключей, ведение служебной информации (генерацию паролей, ключей, сопровождение правил разграничения доступа), а также контроль технологического процесса обработки конфиденциальной информации;
- разработку перечня сведений, подлежащих защите, регламентирующих права доступа к организационно-распорядительной и эксплуатационной документации;
- ознакомление пользователя под расписку с перечнем защищаемых сведений и его уровнем полномочий, а также с организационно-распорядительной документацией, определяющей требования и порядок обработки конфиденциальной информации;
- проведение проверки соответствия программных и аппаратных средств вычислительной техники и систем защиты требованиям нормативных документов и т. д.

К *техническим средствам* защиты информации относится оборудование для охранной и пожарной сигнализации, видеонаблюдений, предотвращения утечки информации по каналам ПЭМИН (например, применение генераторов шумовых помех, различного рода экранов, волоконно-оптических развязок).

Защита информации от НСД техническими средствами является составной частью общей задачи обеспечения безопасности информации и осуществляется программными и аппаратно-программными способами идентификации и аутентификации пользователей при их допуске к ПЭВМ и информации.

В целях безопасности применяется разрешительная система доступа к информационным ресурсам ПЭВМ, при которой разрешено только то, что описано в установленных правах доступа для выполнения установленных должностных обязанностей.

Доступ к защищаемой информации в ПЭВМ должен быть персонифицирован. Каждый пользователь должен иметь и предъявлять для допуска к ресурсам ПЭВМ выданные ему уникальные идентификаторы, включающие в себя пароль (пароли) и (или) другую аутентифицирующую информацию, хранящуюся на специальных носителях (магнитных и пластиковых картах, флэш-памяти и т.д.). Например, для предотвращения несанкционированной загрузки операционной системы в ПЭВМ широко применяют защиту, использующую пароль, устанавливаемый программой BIOS в CMOS-память.

В последние годы, с развитием и совершенствованием средств физического измерения физиологических и поведенческих признаков человека и представления их в цифровом виде, наметился устойчивый рост применения биометрических систем защиты от НСД.

Биометрическая защита информации потенциально превосходит все известные способы подтверждения подлинности пользователя, так как она использует личные параметры человека, а не присвоенные ему условные имена (например, пароли).

К основным преимуществам биометрических технологий относятся упрощение процедур идентификации, освобождающих от необходимости помнить и вводить пароли, и повышение уровня информационной безопасности из-за невозможности потерять, подделать или украсть личные признаки пользователя как его материальные идентификаторы.

Под *физиологическими признаками* обычно подразумеваются относительно стабильные физические характеристики личности: отпечатки пальцев, геометрический рисунок руки, рисунок радужной

оболочки глаза, рисунок лица, термографическая картина кровеносных сосудов лица, голос и т. д.

Поведенческие характеристики связаны с физическими и психологическими особенностями человека: динамика подчерка и динамика набора текста на клавиатуре.

Биометрические образы человека подразделяются на статические и динамические.

Статические биометрические образы присущи человеку от рождения и не могут быть изменены в процессе его жизни (например, отпечатки пальцев). Сохранение в тайне статического биометрического образа пользователя может быть обеспечено только его анонимностью, т. е. образ не должен быть открыто привязан к конкретной личности.

Динамические биометрические образы человека (особенности голоса, рукописного и клавиатурного почерка) имеют неограниченную информативность и могут быть легко изменены по воле пользователя (например, увеличение размеров голосовых фрагментов речи и рукописного текста, используемых в качестве идентификатора).

Тайна динамических биометрических образов обеспечивается секретом голосовых фраз, рукописных слов и клавиатурных наборов текстов.

Распознавание пользователей может осуществляться одновременно по комбинации нескольких способов, например по отпечаткам пальцев и радужной оболочки глаза.

Защита от НСД должна сопровождаться регистрацией и учетом работы пользователей с ПЭВМ, запуска и завершения процессов обработки информации или программ и событий, квалифицируемых как попытка несанкционированного доступа.

В вычислительных системах должны использоваться только средства защиты от НСД к информации, сертифицированные в установленном порядке в экспертной организации.

Эксплуатация ПЭВМ, в которой обрабатывается конфиденциальная информация, возможна только после получения положительного заключения экспертной организации о соответствии системы защиты требуемому уровню защиты от НСД.

Для защиты сетей и ПЭВМ от удаленного несанкционированного доступа используют аппаратно-программные межсетевые экраны (брандмауэры, firewall), реализующие функции пакетных фильтров, шлюзов сетевого уровня соединений, и программные средства обнаружения и регистрации атак для последующего принятия мер по нейтрализации обнаруженных угроз.

Межсетевые экраны обычно отделяют локальную сеть от сети Интернет на сетевом уровне эталонной модели OSI, устанавливая определенные правила прохождения пакетов в ту или другую сторону согласно их заголовку.

Применение *средств криптографической защиты* информации от НСД является обязательным для информационных систем и ресурсов, содержащих конфиденциальные сведения.

Криптография (тайнопись) — это одна из старейших наук о математических методах обеспечения секретности информации (невозможности прочтения данных посторонним лицом) и аутентичности (подлинности авторства, а также невозможности отказа от авторства).

В криптографической терминологии исходная защищаемая информация называется *открытым текстом*.

Изменение открытого текста для скрытия его содержания называется *шифрованием*, или *засекречиванием*. Процесс, при котором из зашифрованного текста извлекается открытый текст, называется *расшифрованием*, или *рассекречиванием*.

Криптографическая защита основана на использовании специальных алгоритмов преобразования информации и так называемого секретного ключа. Алгоритм шифрования строится таким образом, что открытый текст можно получить, только зная этот ключ.

Надежность защиты зашифрованной информации от прочтения (вскрытия) посторонними лицами определяется криптостойкостью шифрования, которая задается количеством времени, необходимого для получения открытого текста без знания ключа на компьютере заданной производительности.

С помощью средств криптографической защиты обеспечиваются:

- шифрование информации;
- реализация электронной подписи;
- распределение ключей шифрования.

Если процессы шифрования и расшифрования информации осуществляются с использованием одного и того же секретного ключа, то такой алгоритм криптографического преобразования называется *симметричным*. Если используются разные ключи для шифрования и дешифрования, то алгоритм называется *асимметричным*, или *криптографией с открытым ключом*.

Асимметричные алгоритмы с открытым ключом допускают, чтобы открытый ключ был доступен всем, а закрытый или секретный (личный) ключ — только его владельцу.

Это позволяет любому пользователю зашифровать сообщение на открытом ключе абонента. Однако расшифровать это сообщение сможет только тот, кто владеет секретным ключом.

На практике оба алгоритма часто дополняют друг друга: алгоритм с открытым ключом используется для того, чтобы передать случайным образом сгенерированный секретный ключ, который затем используется для расшифровки сообщений.

В соответствии с российскими законами в большинстве СКЗИ алгоритм шифрования выполнен согласно требованиями ГОСТ 28147—89 «Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования данных».

Стандарт устанавливает единый алгоритм криптографического преобразования для систем обработки информации в сетях электронных вычислительных машин, отдельных вычислительных комплексах и ПЭВМ.

Алгоритм криптографического преобразования предназначен для аппаратной или программной реализации, удовлетворяет современным криптографическим требованиям и по своим возможностям не накладывает ограничений на защищаемую информацию.

В зависимости от места обработки данных криптографическими средствами различают абонентское, сетевое и канальное засекречивание.

Абонентское засекречивание осуществляется на прикладном уровне модели OSI шифрованием отдельных файлов, дисков и сообщений.

Сетевое засекречивание применяется на сетевом уровне шифрованием пакетов данных, оставляя открытыми их заголовки (адреса получателей сообщений) для определения маршрутов назначения.

При *канальном засекречивании* шифруется вся информация, передаваемая по каналу связи, включая служебные сигналы взаимодействия модемов.

Шифрование обеспечивает не только конфиденциальность, но и целостность информации. ГОСТ 28147—89 определяет процесс выработки так называемой *имитовставки* — кодовой последовательности фиксированной длины, которая формируется по определенному правилу из открытых данных и ключа и поэтому не может быть подделана сторонними лицами.

Имитовставка передается вместе с зашифрованным сообщением и проверяет целостность данных при случайных или преднаме-

ренных искажениях в канале связи и защищает от навязывания ложных сообщений.

Асимметричные алгоритмы используются для формирования *электронной цифровой подписи* (ЭЦП) — обязательного реквизита электронного документа, предназначенного для его защиты от подделки, идентификации автора подписи, а также для установления целостности информации.

Электронная цифровая подпись является в настоящее время основным средством, позволяющим на основе криптографических методов надежно установить авторство и подлинность электронного документа.

ЭЦП заменяет при электронном (безбумажном) документообороте традиционную рукописную подпись. При формировании цифровой подписи вместо обычной рукописной подписи на бумаге выступает математическая зависимость между содержимым электронного документа, секретным ключом автора и его общедоступным ключом. Практическая невозможность подделки электронной цифровой подписи достигается очень большим объемом сложных математических вычислений на компьютере и использованием секретного ключа подписи. Только сохранение пользователем в тайне своего секретного ключа гарантирует невозможность подделки злоумышленником документа и цифровой подписи.

Открытый ключ подписи вычисляется как значение некоторой функции от секретного ключа, но знание открытого ключа не дает возможности определить секретный ключ. Открытый ключ может быть опубликован и используется для проверки подлинности подписанного документа, а также для предупреждения мошенничества со стороны автора в виде его отказа от подписи. Открытые ключи подписи всех пользователей объединяются в справочники открытых ключей абонентов сети конфиденциальной связи.

В России реализована система электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма согласно требованиями ГОСТ Р 34.10—2001 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи» с применением функции хэширования по ГОСТ Р 34.11—94 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования».

Согласно ГОСТ Р 34.11—94 для формирования ЭЦП электронный документ произвольной длины с помощью специальной функции хэширования преобразуется в блок (хэш-значение) фиксированной длины — 256 бит. Полученный кодовый блок однозначно

зависит от содержания документа, но не позволяет его восстанавливать при обратном преобразовании. Затем хэш-значение шифруется на секретном ключе автора документа в соответствии с ГОСТ Р 34.10—2001, в результате чего и получается цифровая подпись электронного документа, которая становится его неотъемлемой частью, как и рукописная подпись.

Для проверки ЭЦП проверяющий пользователь должен располагать открытым ключом автора, поставившего подпись.

Процедура проверки подписи заключается в повторном вычислении хэш-функции полученного документа и проверке ее соответствия поступившему и рассекреченному на открытом ключе хэш-значению, сформированному СКЗИ автора. Документ считается подлинным, а подпись правильной, если вновь вычисленные по открытому тексту и расшифрованные хэш-значения полностью совпали. В противном случае подпись под документом считается недействительной.

Чтобы проверяющий подпись был полностью уверен в том, что имеющийся у него открытый ключ соответствует открытому ключу создателя электронного документа, а ЭЦП имела юридическое значение, нужна третья сторона (арбитр), которая должна разрешать возможные конфликты между отправителем и получателем.

Согласно Федеральному закону от 10.01.2000 № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи» таким арбитром выступает система удостоверяющих центров (УЦ), создаваемая на основе инфраструктуры открытых ключей.

Инфраструктура открытых ключей — это набор специальных служб администрирования и безопасности, позволяющий централизованно управлять средствами криптографии, обеспечивать генерацию и распределение ключей между зарегистрированными пользователями.

УЦ предназначены для формирования, долгосрочного хранения и распределения юридически значимых цифровых сертификатов открытых ключей шифрования и электронной цифровой подписи, установления подлинности авторства и обеспечения доверительных отношений между пользователями, вовлеченными в электронный информационный обмен.

Сертификат открытого ключа — это цифровой или бумажный документ, заверенный удостоверяющим центром и подтверждающий, что выданному открытому ключу соответствует определенный владелец. Сертификат содержит информацию, необходимую для идентификации владельца ключа; значение ключа; его назначе-

ние; область применения и время действия; название удостоверяющего центра, выдавшего сертификат, и т. д.

Удостоверяющим центром должно быть юридическое лицо, так как он несет ответственность (в том числе и финансовую) перед пользователями сертификатов ключей за убытки, которые могут быть понесены ими вследствие недостоверности сведений, содержащихся в сертификатах и утечки секретных ключей.

Обеспечение информационной безопасности — это сложный комплексный процесс, берущий свое начало с разработки вычислительной системы и продолжающийся на этапе ее эксплуатации, создания эшелонированной обороны, включающей в себя все доступные средства на разных рубежах защиты от НСД: пароли, идентификаторы, СКЗИ, антивирусную защиту, резервное копирование данных, межсетевое экранирование и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под защитой информации?
2. Какие сведения относятся к информации ограниченного доступа?
3. Каковы основные виды угроз?
4. Какие существуют каналы утечки конфиденциальной информации?
5. Что такое ПЭМИН?
6. В чем заключается организационная защита информации?
7. Назовите способы несанкционированного доступа к информации.
8. Какие способы аутентификации пользователя могут применяться в ПЭВМ?
9. Какие биометрические характеристики человека могут применяться для аутентификации пользователей?
10. С какой целью применяется криптография?
11. Что такое ЭЦП, для чего она используется, как формируется и проверяется?
12. Для чего нужны удостоверяющие центры?

9.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ НСД

Одной из самых опасных угроз является локальный несанкционированный доступ к информации, так как по статистике основной ущерб (до 80 %) наносится вследствие нарушения правил безопас-

ности и злоупотребления со стороны собственных недобросовестных сотрудников офисов, фирм, организаций и предприятий. Также известно, что нередко происходят кражи не только ноутбуков и КПК, но и физических носителей (например, жестких дисков или флэш-памяти), стационарных ПЭВМ.

Большинство пользователей ПЭВМ и сетей используют для защиты лишь простейшую парольную схему, предоставляемую операционной системой. Однако такой подход не способен обеспечить достаточный уровень безопасности информации — пароли могут быть перехвачены или подобраны.

Поэтому для защиты конфиденциальной информации от НСД используют шифрование данных и, как минимум, так называемую двухфакторную аутентификацию, при которой пользователь обязан ввести пароль и предъявить аппаратный электронный идентификатор, содержащий его атрибуты доступа. Таким образом, задача нарушителя, пытающегося получить доступ к конфиденциальным данным, сильно усложняется: ему требуется не просто знать пароль, но и иметь физический носитель с ключами, которым обладают лишь легальные пользователи.

Доступ к информационным ресурсам пользователь получает после успешного выполнения процедур идентификации и аутентификации. *Идентификация* заключается в распознавании пользователя по присущему ему или присвоенному идентификационному признаку. Проверка принадлежности предъявленного идентификатора законному пользователю проводится в процессе *аутентификации*.

В качестве технических аппаратно-программных средств санкционированного доступа к ресурсам компьютеров используют различные устройства электронной идентификации: iButton (информационная таблетка), смарт-карты, USB-ключи, биометрические сканеры и электронные замки.

iButton (или Touch Memory — контактная память) — это семейство электронных идентификаторов, изготовленных в виде стального герметичного цилиндрического корпуса с микросхемой постоянной памяти, в которую лазером заносится уникальный регистрационный 48-битный номер. Количество комбинаций номера достигает 256 трлн, что позволяет исключить случайный подбор этого кода. Корпус представляет собой небольшой цилиндр диаметром 16,25 мм и высотой 3,10 мм или 5,89 мм. Верхняя крышка электрически изолирована от остальной части цилиндра и является контактом для обмена данными. Нижняя часть цилиндра имеет фланец для крепления iButton в пластмассовом брелоке или в пластиковой карте и является общим контактом.

Корпус защищает внутренние схемы от воздействия электромагнитных полей, выдерживает механический удар до 500G и падение с высоты 1,5 м на бетонный пол. iButton надежно работает в диапазоне температур от -40 до $+85$ °C в течение 10 лет, обеспечивая свыше 1 млн контактов со считывателем.

Обмен данными считывателя (контактного адаптера) с iButton производится через последовательный интерфейс 1-Wire (один провод) по двум контактам, образованным корпусом и крышкой.

Скорость обмена информацией по интерфейсу в стандартном режиме составляет 16 кбит/с; в ускоренном режиме — 142 кбит/с, чего достаточно для передачи данных в течение 5 мс после касания корпуса iButton контактов считывающего устройства.

Питание для ПЗУ идентификаторы iButton получают по интерфейсу в моменты, когда нет обмена данными, заряжая до рабочего напряжения внутренний конденсатор небольшой емкости.

Современные модификации iButton, кроме ПЗУ с идентификационным номером, имеют РПЗУ (до 64 кбит), оперативное запоминающее устройство, часы-календарь реального времени, работающие от встроенных литиевых гальванических элементов не менее 10 лет. Объем энергонезависимой памяти позволяет хранить не только коды доступа, но и несколько секретных ключей для СКЗИ.

Для подключения iButton к ПЭВМ выпускаются различные считыватели, преобразующие сигналы стандартных портов (COM, LPT и USB) в интерфейс 1-Wire.

iButton широко используются в различных системах, требующих идентификации пользователя: разграничения доступа к информации, в режимных проходных, электронных замках и т. д.

Смарт-карта (интеллектуальная карта) в отличие от обычной пластиковой кредитной карты с магнитной полосой содержит электронную схему. В зависимости от встроенной схемы смарт-карты подразделяются на пассивные карты с памятью и активные карты с микропроцессором.

Пассивные смарт-карты с памятью предназначены для хранения информации. Доступ к информации, как правило, защищен от несанкционированного считывания или записи данных.

Активные смарт-карты кроме памяти имеют встроенный процессор, работающий по специальной программе, осуществляющей защиту хранящейся информации при передаче, считывании или записи с помощью различных алгоритмов шифрования и использования электронной цифровой подписи. В ПЗУ хранится исполняемый код процессора, а РПЗУ, доступное для считывания/

записи, позволяет осуществлять настройку или персонализировать каждое устройство для решения конкретных задач.

Для считывания данных применяются специальные устройства — так называемые картридеры. По способу считывания информации карты подразделяются на контактные и бесконтактные.

Контактные смарт-карты взаимодействуют со считывателем во время соприкосновения металлической контактной площадки карты и контактов картридеров, допуская более 100 тыс. подключений.

Для установки картридеров в стационарную ПЭВМ используется стандартный внешний 3,5-дюймовый отсек системного блока, а для ноутбуков PCMCIA — слот. Устройства считывания смарт-карт могут встраиваться в клавиатуру. Внешние считыватели смарт-карт подключаются к компьютеру через последовательный, параллельный интерфейсы и USB-порт. Вставка карты в считыватель автоматически запускает процесс обмена информацией с ПЭВМ со скоростью до 300 кбит/с.

Картридеры могут работать от различных источников питания: от собственного сетевого блока, блока питания ПЭВМ или стандартных гальванических элементов с автоматическим переходом в режим экономии.

Бесконтактные (пассивные) смарт-карты имеют встроенную индуктивность, которая в электромагнитном поле считывателя обеспечивает питание микросхем и является приемопередающей антенной радиосигналов обмена данными. Устройство считывания может скрытно размещаться внутри корпуса ПЭВМ, обеспечивая надежный прием данных на расстоянии до 10 см от смарт-карт через сумки, портфели, одежду и бумажники.

Комбинированные карты имеют одновременно и контактную площадку, и встроенную радиосхему с катушкой индуктивности.

Каждая смарт-карта имеет собственный уникальный серийный номер — персональный идентификационный код (ПИН-код, PIN-code), который нельзя сменить, так как он задается изготовителем. При введении неправильного кода карта может быть заблокирована. На лицевой стороне карты можно расположить фотографию владельца для его дополнительной визуальной аутентификации.

Идентификация по серийному номеру, шифрование данных и аутентификация областей памяти с помощью секретных ключей обеспечивают надежную защиту смарт-карт от НСД. Обмен информацией со смарт-картой проходит в зашифрованном виде, поэтому данные невозможно перехватить или изменить.

Срок службы смарт-карт различных производителей в зависимости от условий использования составляет 3...10 лет. Несомненным достоинством смарт-карт можно считать удобство ее хранения (она легко размещается в портмоне).

Смарт-карты применяются для доступа пользователей к защищенным информационным ресурсам ПЭВМ, хранения зашифрованных данных (пароли, электронные сертификаты ключей), генерации и проверки электронной подписи и т.д.

Для *биометрического доступа* к информации в ПЭВМ наиболее широко применяют самый простой по аппаратным затратам способ аутентификации по узорам папиллярных линий пальцев рук — дактилоскопический доступ. На рис. 9.1 представлены биометрические устройства.

При таком способе возможно использование отпечатков всех 10 пальцев рук (с последующей идентификацией по отпечатку любого из пальцев или по их комбинации).

Сначала с помощью сканера и программного обеспечения осуществляется вычисление биометрических параметров пользователя в виде характерных точек папиллярных линий пальцев рук. Эта информация является конфиденциальной и должна быть защищена от несанкционированного доступа при хранении.

Так как хранятся не сами отпечатки, а их цифровые аналоги (модели), восстановление реального отпечатка из них практически невозможно.



Рис. 9.1. Биометрические устройства:

а — папиллярные узоры ногтевой фаланги пальца; б — оптический сканер отпечатка пальца; в — флэш-диск с доступом по отпечатку пальца

Регистрация биометрических идентификаторов может осуществляться у администратора сети или на рабочем месте пользователя. Аутентификация происходит сравнением ранее зарегистрированных цифровых моделей и предъявляемых пользователем отпечатков пальцев в момент допуска к ресурсам. Параметры модели преобразовываются в код пароля или ключа шифрования при каждой аутентификации пользователя.

Личную биометрическую информацию каждого разрешенного пользователя, преобразованную для аутентификации, хранят на сервере, в стационарном и мобильном компьютере (карманном или ноутбуке), в смарт-карте и носимой флэш-памяти.

Дактилоскопические сканеры отпечатков пальцев встраиваются в клавиатуры, мыши или представляют собой выносные компактные устройства, получающие питание от интерфейса USB и имеющие оптическую систему с окном для считывания папиллярных линий с одного пальца.

Современные средства и методология оптического сканирования отпечатков пальцев обеспечивают высокое качество получаемых их цифровых аналогов. Точность сканирования составляет 480×320 пикселей; время сравнения отпечатка не превышает 1 с; вероятность ошибочного предоставления доступа — 10^{-9} ; вероятность ошибочного отказа в доступе — более 0,03, т.е. не более трех неудачных попыток на 100 вводов отпечатка.

Для повышения уровня безопасности, как правило, дактилоскопический доступ применяется в комплексе с другими электронными идентификаторами.

Устройства ввода идентификационных признаков на базе USB-ключей имеют небольшие размеры, изготавливаются в цветных корпусах в виде брелоков и снабжаются световыми индикаторами работы.

USB-ключи выпускаются с разными обозначениями (например: iKey — информационный ключ; eToken — электронный жетон или маркер) и напрямую подключается к ПЭВМ через USB-порт. Каждый идентификатор имеет собственный уникальный серийный номер (32 или 64 разряда).

Основными компонентами USB-ключей являются процессор и флэш-память большой емкости (до нескольких гигабайт). Процессор выполняет функции внутреннего (для защиты данных в памяти идентификатора) и внешнего (для защиты электронной почты и файлов в ПЭВМ) криптографических преобразований информации, генерации открытых и секретных ключей, паролей и USB-контроллера. Память предназначена для безопасного хранения па-

ролей, ключей шифрования, цифровых сертификатов и является безопасным контейнером для любой другой важной пользовательской информации. Доступ к памяти защищен PIN-кодом, что обеспечивает безопасность данных при потере или хищении USB-ключа.

Электронные замки применяются совместно с электронными идентификаторами для аутентификации пользователей, блокировки несанкционированной загрузки операционной системы и запрещенных для использования прикладных программ с внешних носителей, контроля целостности аппаратно-программных средств ПЭВМ и регистрации действий пользователей.

Электронные замки выполняются в виде плат расширения для слотов PCI или ISA и начинают функционировать перед штатной загрузкой операционной системы сразу после включения ПЭВМ.

Операционная система загружается только с внутреннего жесткого диска после аутентификации пользователя и проверки целостности аппаратно-программных средств ПЭВМ с помощью специального РПЗУ, фактически заменяющего на этом этапе базовую систему ввода-вывода BIOS компьютера. После успешной загрузки ОС доступ пользователей восстанавливается.

Контроль целостности ОС и другого программного обеспечения, размещенного на жестком диске, производится согласно списку файлов, записанному в РПЗУ электронного замка. Список формируется и хранится вместе с эталонными контрольными суммами или хэш-значениями, рассчитанными для каждого файла. Проверка целостности программного обеспечения заключается в установлении соответствия содержимого каждого файла из списка его контрольной сумме или хэш-значению. Если хотя бы для одного из файлов они не совпали с эталонными, то это фиксируется как нарушение их целостности и работа ПЭВМ блокируется.

Все события, связанные с доступом пользователей и использованием технических средств защиты от НСД, как правило, непрерывно отражаются в журналах регистрации для оценки уровня защищенности и принятия мер по нейтрализации выявленных нарушений.

Применяя перечисленные ранее средства, нельзя забывать и о самом простом способе защиты информации и программ от потери — их резервном копировании и архивном хранении.

Под *резервным копированием* обычно понимают создание копий файлов в целях быстрого восстановления работоспособности системы в случае возникновения нештатной ситуации. Копии для надежности, как правило, хранятся на нескольких сменных носителях

(дисках, магнитных лентах) и периодически перезаписываются. Резервное копирование защищает данные от случайного удаления; сбоя программного обеспечения; отказов ПЭВМ; атаки злоумышленников, уничтожающих информацию; вирусов и других неконтролируемых процессов.

Для *архивного хранения* обычно копируется информация, предназначенная для бессрочного или долговременного сохранения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему применяют двухфакторную аутентификацию?
2. В чем заключается различие между идентификацией и аутентификацией?
3. Назовите устройства электронной идентификации и их параметры.
4. С какой целью используют электронные замки?
5. Назовите основные функции электронных идентификаторов.
6. Для чего нужно резервное копирование информации?

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЭВМ

10.1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

В Российской Федерации основные положения охраны труда и техники безопасности при работе на ПЭВМ законодательно регламентируют следующие стандарты:

- по электрической, механической и пожарной безопасности — ГОСТ Р МЭК 60950—2002 «Безопасность оборудования информационных технологий»;
- по уровню промышленных радиопомех — ГОСТ Р 51318.22—99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний»;
- по устойчивости к воздействию электромагнитных помех — ГОСТ Р 51318.24—99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний»;
- по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам — «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03».

Требования стандартов распространяются: на условия и организацию работы с ПЭВМ; на отечественные и иностранные ПЭВМ, мониторы, принтеры, сканеры, клавиатуру, модемы, сетевые устройства, устройства хранения информации, бесперебойного питания и др.

Поэтому ПЭВМ и периферийное оборудование допускается к эксплуатации только при наличии сертификатов, подтверждающих выполнение этих нормативных документов соответствующими испытаниями.

Главные требования по безопасной работе пользователей на персональных вычислительных средствах согласно указанным

стандартам определяет «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01», утвержденная Приказом Министерства Российской Федерации по связи и информатизации от 02.07.2001 № 162.

Данные требования направлены на предотвращение неблагоприятного воздействия на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ.

К работе на персональном компьютере согласно инструкции допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте. Студенты высших учебных заведений, учащиеся средних специальных учебных заведений, дети дошкольного и школьного возраста должны также пройти медицинское освидетельствование для установления возможных противопоказаний к работе с ПЭВМ.

Устройства ПЭВМ, работающие от сети переменного тока с напряжением 220 В, и ЭЛТ-мониторы, в которых питание электронно-лучевых трубок превышает 20 000 В, создают при неправильной эксплуатации реальную опасность для жизни человека. Это связано с возгоранием аппаратных средств, взрывом трубки кинескопа монитора и особенно с поражением пользователя электрическим током, который может протекать через его тело в случае прикосновения к открытым токоведущим частям или электрооборудованию и электропроводам с нарушенной изоляцией.

При эксплуатации ПЭВМ необходимо соблюдать следующие основные требования электробезопасности:

- сетевое электропитание устройств ПЭВМ должно производиться только от розеток с заземляющими контактами;
- все сетевые розетки должны иметь маркировку «220 В», нанесенную яркой краской и крупными знаками (высотой не менее 50 мм) на стене рядом с розеткой;
- заземляющие контакты розеток должны иметь надежные соединения с заземляющим контуром помещения или должны быть занулены, т. е. замкнуты с нулевой шиной сети электропитания;
- запрещается использовать в качестве заземления радиаторы отопления, водопроводные трубы, молниеотводы.

При эксплуатации ПЭВМ должны быть соблюдены следующие требования пожарной безопасности:

- каждое помещение, где размещено оборудование ПЭВМ, должно иметь средства пожаротушения и должно быть обеспечено инструкциями по их применению;

- устройства ПЭВМ необходимо устанавливать вдали от отопительных и нагревательных приборов на расстоянии не менее 1 м и в местах, где не затруднена их вентиляция и нет прямых солнечных лучей.

В качестве средств пожаротушения разрешается использование углекислотного огнетушителя. Применение пенных огнетушителей не допускается, так как в них применяется жидкость, пропускающая ток.

При эксплуатации персонального компьютера на пользователя могут оказывать воздействие следующие опасные и вредные производственные факторы: повышенные уровни электромагнитных излучений, статического электричества, шума; пониженная ионизация воздуха; статические физические перегрузки и перенапряжение зрения.

Для нейтрализации перечисленных ранее факторов должны неукоснительно соблюдаться санитарные нормы.

Рабочие места с ПЭВМ должны размещаться таким образом, чтобы расстояние от экрана одного монитора до тыльной стороны другого монитора было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями мониторов — не менее 1,2 м. Площадь на одно рабочее место с ЭЛТ-монитором должна составлять не менее 6 м² (объем — не менее 20 м³), а с ЖК-монитором — 4,5 м². Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров отображаемых алфавитно-цифровых символов.

Монитор располагают таким образом, чтобы считывание с его экрана было возможно без вращения головы или торса. Эта область составляет примерно 70°. Верхний край экрана монитора должен находиться на уровне глаз пользователя, а его плоскость должна ре-

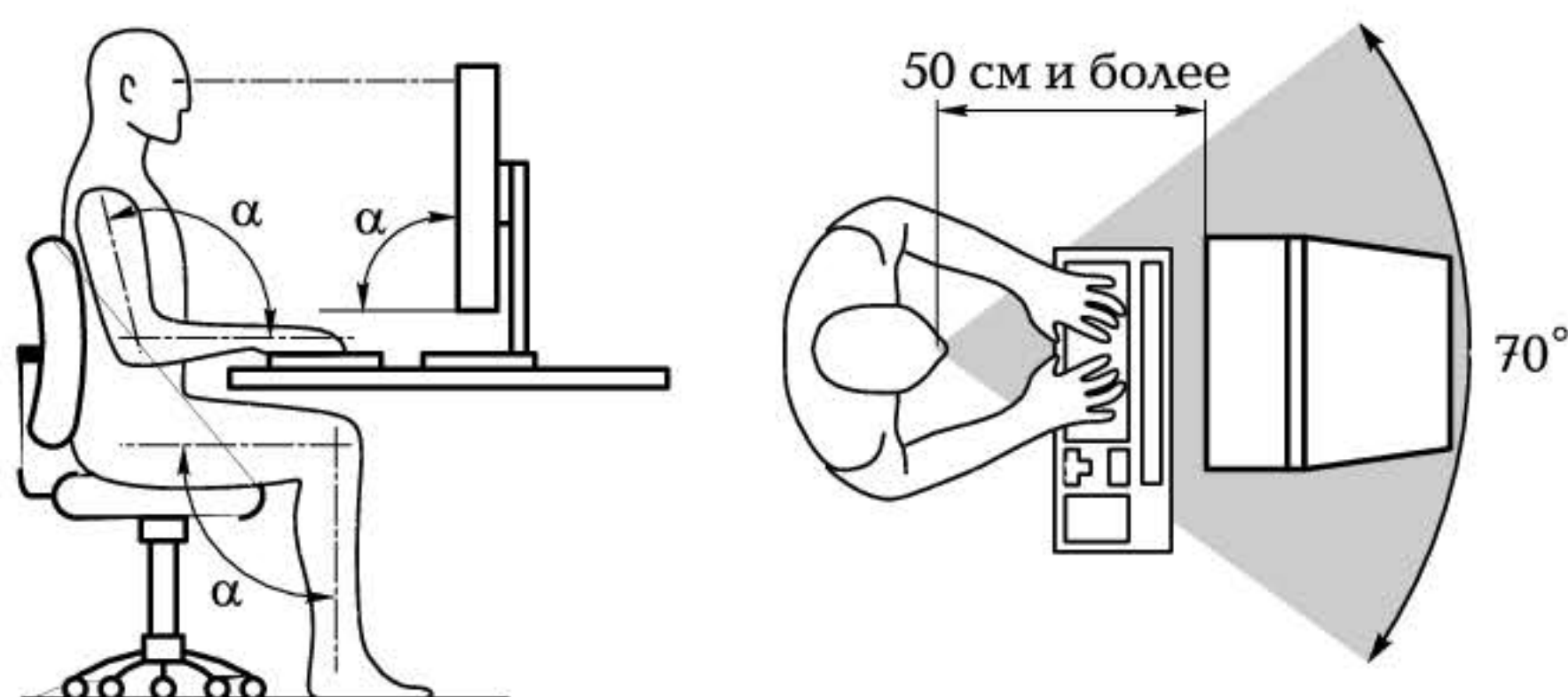


Рис. 10.1. Рекомендуемое расположение пользователя и монитора:
 $\alpha \geq 90^\circ$

гулироваться в пределах угла $\lambda \geq 90^\circ$ и более относительно поверхности стола (рис. 10.1).

Высота стула и письменного стола должна выбираться соответственно росту оператора. Ноги должны плотно стоять на полу, колени должны быть согнуты под углом $\alpha \geq 90^\circ$. Икры должны быть расслаблены, суставы не нагружены.

Для поддержания рациональной рабочей позы пользователя при работе на ПЭВМ высота поверхности стола должна регулироваться в пределах 680...800 мм, а при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм; пространство для ног должно быть высотой не менее 600 мм с глубиной на уровне колен не менее 450 мм; на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм.

Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5...0,7.

Рабочий стул должен быть поворотным-подъемным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также по расстоянию спинки от переднего края сиденья. Спинка стула должна позволять сидеть прямо, а область поясничных позвонков пользователя должна иметь опору.

Предплечья должны быть расположены параллельно полу, верхняя плечевая область и плечи до уровня локтей должны оставаться расслабленными.

Устройства ввода-вывода (монитор, клавиатура и мышь) рассчитаны на эргономичную работу пользователя, щадящую его здоровье. Однако неудачное расположение этих устройств, неправильное положение рук или неправильное положение тела при работе, а также непрерывная работа с клавиатурой или мышью могут привести к судороге, проявлениям усталости и утомлению глаз, нервов, мускулатуры, сухожилий и суставов.

Для правильного освещения рекомендуется:

- оборудовать рабочее место перед монитором таким образом, чтобы свет по возможности падал на него сверху под углом;
- устанавливать монитор боком к окну и размещать рабочее место между источниками освещения;
- избегать прямого ослепляющего действия (ярких источников света в направлении взгляда) и отраженного ослепляющего действия (зеркальные отражения и световые эффекты на экране);
- приводить освещенность, яркость и контрастность монитора в соответствие с осуществляемой деятельностью и заданными условиями освещения;

- оборудовать оконные проемы в помещениях, где используются персональные компьютеры, регулируемые устройства (жалюзи, занавеси, внешние козырьки и др.).

Клавиатуру следует размещать параллельно торсу, а мышь — на той же высоте, что и клавиатура. Расстояние от клавиатуры до края стола должно составлять 10...30 см (рис. 10.2).

В целях обеспечения нормальных условий труда необходимо выполнять следующие требования по организации рабочего места пользователя ПЭВМ:

- помещения с ПЭВМ должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или приточно-вытяжной вентиляцией;
- в помещениях уровень шума не должен превышать 65 дБА, температура воздуха должна составлять 21...25 °С, относительная влажность — 40...60 %;
- запрещается применять для отделки интерьера помещений с ПЭВМ полимерные материалы (древесно-стружечные плиты, слоистый бумажный пластик, синтетические ковровые покрытия и др.);
- поверхность пола в помещениях с ПЭВМ должна быть ровной, без выбоин, не скользкой, удобной для очистки и влажной уборки, а также должна обладать антистатическими свойствами.

Продолжительность непрерывной работы пользователя с компьютером не должна превышать 2 ч.

При 8-часовой работе на ПЭВМ следует устанавливать регламентированные перерывы: отдых — через 1,5...2,0 ч с начала работы и через 1,5...2,0 ч после обеденного перерыва продолжительно-

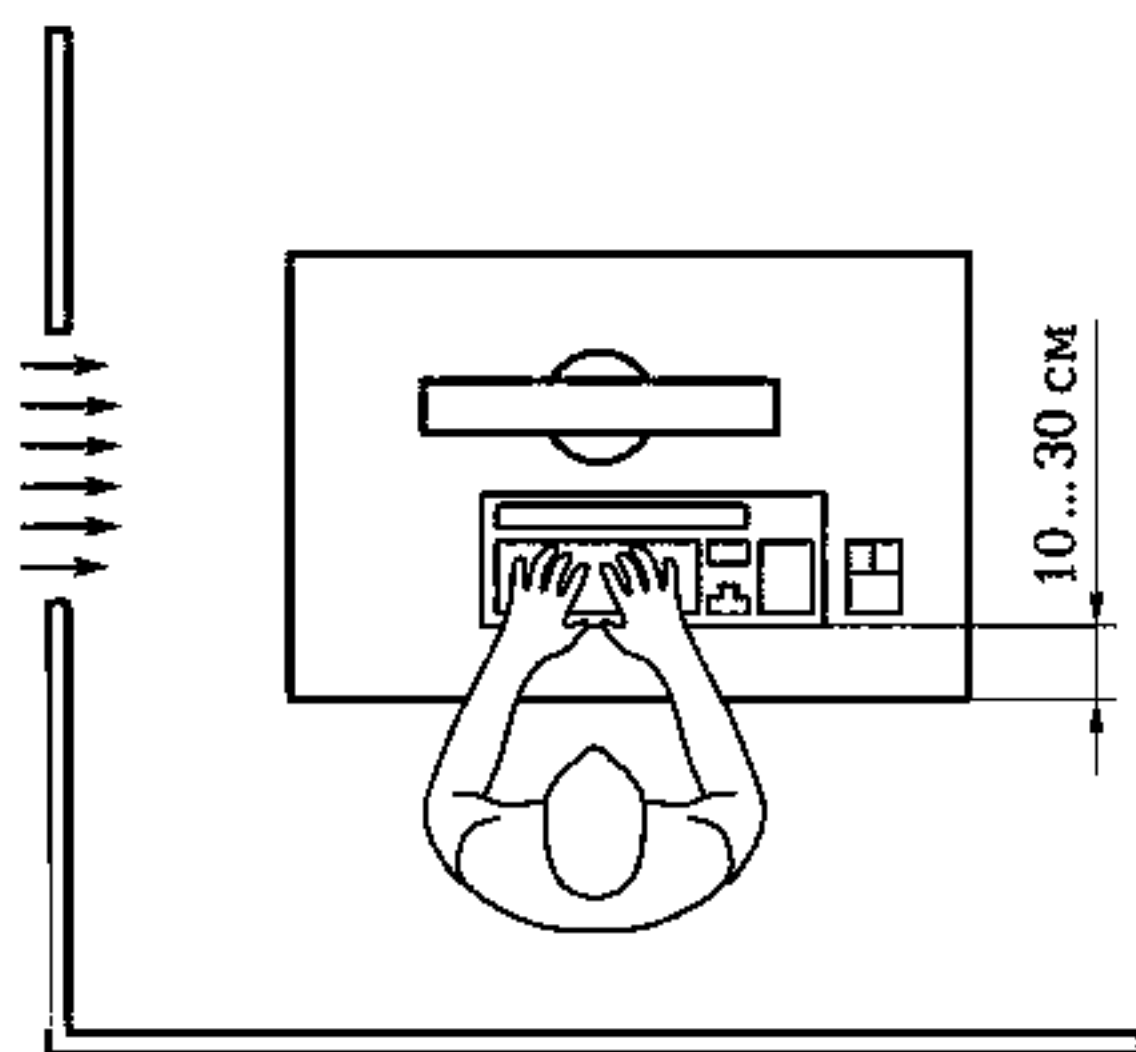


Рис. 10.2. Естественное освещение рабочего места и размещение клавиатуры на рабочем столе

стью 20 мин каждый или продолжительностью 15 мин через каждый час работы. Перерывы необходимы для расслабляющих упражнений глаз, мускулатуры и суставов.

Лица, профессионально работающие с ПЭВМ более 50 % рабочего времени, должны проходить обязательные медицинские обследования.

Во всех случаях обрыва проводов питания, неисправности заземления и других повреждений, а также при появлении гари следует немедленно отключить питание и сообщать об аварийной ситуации, а при получении травм или внезапном заболевании пользователь должен немедленно известить своего руководителя, организовать первую доврачебную помощь или вызвать скорую медицинскую помощь.

Следует всегда помнить, что за невыполнение требований охраны труда и техники безопасности виновные привлекаются к ответственности согласно правилам внутреннего трудового распорядка организации или на них накладываются взыскания, определенные Кодексом законов о труде Российской Федерации.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные нормативные документы техники безопасности при работе на ПЭВМ.
2. Какие неблагоприятные воздействия возможны при эксплуатации компьютеров пользователем?
3. Назовите требования электробезопасности.
4. Назовите условия размещения устройств ввода-вывода на рабочих местах.
5. Какие требования предъявляются к мебели на рабочих местах?
6. Назовите рекомендации по освещению рабочих мест.

10.2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЭВМ

В основе эксплуатации ПЭВМ лежит техническое обслуживание оборудования: поддержание его в исправном состоянии, а также его модернизация (повышение технических возможностей компьютера) — своевременная замена устаревших устройств или их усовершенствование.

Модернизация компьютера (апгрейд) обычно связана с заменой аппаратных средств, расположенных в системном блоке или корпусе ПЭВМ, более современными и производительными.

Каждый пользователь перед эксплуатацией ПЭВМ должен, в первую очередь, изучить необходимую техническую документацию и получить минимальные навыки по правилам работы на используемых вычислительных средствах.

Перед началом работы на ПЭВМ необходимо:

- отрегулировать освещение на рабочем месте и убедиться в отсутствии бликов на экране монитора;
- проконтролировать правильность подключения оборудования к электросети;
- проверить исправность сетевых кабелей питания и отсутствие оголенных участков проводов;
- убедиться в наличии заземления (зануления) системного блока;
- протереть антистатической салфеткой поверхность экрана монитора;
- проверить правильность установки стола, стула, угол наклона экрана, положение клавиатуры, положение мыши и при необходимости произвести регулировку мебели в соответствии с требованиями техники безопасности в целях исключения неудобных поз и продолжительного напряжения тела.

Все подключения соединительных кабелей с внешними устройствами и системным блоком ПЭВМ выполняются в обесточенном состоянии (кроме устройств, допускающих «горячее» подключение) с использованием фиксаторов (винтов или зажимов) на разъемах и без прикладывания больших механических усилий.

Для предупреждения повреждения ПЭВМ от кратковременных высоковольтных помех в сети рекомендуется применять сетевой фильтр.

При перемещении оборудования ПЭВМ (особенно ноутбуков и КПК) с холода в теплое помещение необходимо перед включением выждать некоторое время — время акклиматизации (адаптации к условиям эксплуатации), чтобы исключить появление конденсации влаги, из-за которой может быть повреждена аппаратная часть. Время акклиматизации время зависит от разницы температур и массогабаритных параметров оборудования (чем они больше, тем больше время адаптации) и может оговариваться изготовителем в технической документации.

Включение устройств ПЭВМ должно производиться в следующем порядке:

- вставить в розетки электросети вилки силовых кабелей питания устройств ПЭВМ;
- включить блок бесперебойного питания ПЭВМ (если он имеется);
- включить питание системного блока ПЭВМ;

- включить питание монитора и других устройств.
- При включенном оборудовании ПЭВМ запрещается:
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств;
 - допускать попадание влаги на поверхность системного блока (процессора), монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
 - производить вскрытие и ремонт оборудования;
 - работать на компьютере при снятых кожухах;
 - перемещать устройства;
 - отключать оборудование от электросети, держась за шнур.

Наиболее вредными для компьютера являются переходные процессы, происходящие в электронных узлах при его включении, и циклические изменения температуры интегральных микросхем. Поэтому при длительных перерывах в работе на ПЭВМ целесообразно ее не выключать, а переключать в энергосберегающие режимы («ждущий» или «спящий»).

Кроме того, нежелательно выключать компьютер, если он не закончил выполнение программы, и не рекомендуется после отключения повторно включать компьютер ранее чем через 30 с из-за переходных процессов в блоке питания и других устройствах.

Во избежание перегрева нельзя закрывать вентиляционные отверстия в корпусе монитора и центрального блока компьютера. Ко всем блокам должен быть обеспечен хороший доступ для циркуляции воздуха.

Принтер не рекомендуется ставить рядом с системным блоком, так как при его работе возникает сильная вибрация, вредная для дисководов.

Динамики и монитор не следует размещать рядом, так как на экране монитора от внешних магнитных полей может искажаться изображение.

Целесообразно периодически протирать экран монитора и корпуса устройств от пыли мягкой тканью, смоченной в растворах, разрешенных или рекомендованных изготовителями оборудования. Нельзя применять спирт или ацетон, а также другие бытовые растворители.

Опасность для дискет представляют магнитные поля, эффект размагничивания от которых может постепенно накапливаться, приводя к потере данных.

Например, цветные ЭЛТ-мониторы имеют вокруг экрана трубки катушку, которая служит для размагничивания кинескопа при включении монитора, но на расстоянии до 30 см от нее дискеты

подвергаются воздействию сильного магнитного поля при каждом включении монитора.

Как правило, оборудование ПЭВМ морально устаревает раньше, чем выходит из строя (становится неисправным). Это связано с непрерывным выпуском программных продуктов, требующих для работы больших объемов памяти и производительности процессора, а также с накоплением у пользователя значительных информационных ресурсов, приводящих к переполнению жестких дисков.

Основные способы модернизации компьютера связаны с заменой или дополнительной установкой оперативной памяти, жестких дисков, процессоров, видеокарт, оптических дисководов, звуковых и сетевых карт, тюнеров и т.д. Реже меняют материнские платы, блоки питания и системные корпуса.

Настольная ПЭВМ из-за своей изначальной модульной конструкции фактически и создавалась для обеспечения таких изменений аппаратных средств, что в полной мере недоступно ноутбукам, особенно если их модернизацию проводить в домашних условиях.

Прежде чем приступить к модернизации ПЭВМ, необходимо выполнить несколько подготовительных операций. Сначала следует четко наметить цель модернизации и подобрать необходимые электронные компоненты, предназначенные для замены устаревших устройств, и удостовериться в их совместимости с остальным оборудованием. Например, при приобретении новых модулей ОЗУ и процессора следует проверить соответствие их установочных размеров и параметров характеристикам системной платы, а видеоадаптер и монитор должны быть совместимы по частоте регенерации и разъемам.

Перед разборкой системного блока необходимо сделать резервную копию всех данных, принять меры по защите электроники от электростатических разрядов и в некоторых случаях (например, при замене процессора) записать положение перемычек и переключателей на материнской плате.

Не следует работать с открытым корпусом при вставленном в розетку сетевом шнуре, так как блоки питания АТХ, используемые во многих современных ПЭВМ, постоянно подают напряжение 5 В на системную плату, даже если компьютер выключен.

Человеческое тело всегда несет на себе некоторый статический заряд, поэтому, прежде чем касаться любых электронных устройств, необходимо надевать антистатический браслет, соединенный с металлическим корпусом системного блока или касающийся его проводящего участка. Эти меры направлены на снятие разности потен-

циалов электростатических зарядов между телом и узлами ПЭВМ и исключение пробоя микросхем.

Самая простая и наиболее частая модернизация, доступная любому пользователю, связана с наращиванием емкости ОЗУ, установкой дополнительных плат в слоты расширения конфигурации и заменой видеоадаптера. Как правило, для прибавления памяти в ПЭВМ предусматривается, как минимум, второй слот, позволяющий ввести дополнительный модуль оперативной памяти, а видеокарта легко устанавливается в разъем AGP настольного компьютера (в ноутбуках из-за их оригинальной конструкции увеличить производительность видеоподсистемы практически невозможно).

Расположение слотов ОЗУ в ноутбуках не стандартизовано, но они, как правило, расположены под нижней крышкой корпуса.

Замена или добавление дисководов в настольных ПЭВМ также не представляет особых сложностей для квалифицированных пользователей. Однако в ноутбуках такую модернизацию желательно проводить в сервисных центрах. Там же из-за сложности работ и необходимости получения гарантийного обслуживания ПЭВМ целесообразно осуществлять замену процессоров и системных плат.

После завершения работ по модернизации и включения компьютера программа BIOS автоматически заново сконфигурирует аппаратные средства, проверит их исправность и, если основной жесткий диск не менялся, запустит сохраненную на нем операционную систему. В свою очередь, ОС при выявлении нового оборудования может запросить ввод недостающих драйверов.

При замене основного жесткого диска с операционной системой ее необходимо загрузить снова. В современных ПЭВМ для инсталляции операционных систем, поставляемых на установочных CD- или DVD-дисках, достаточно ее ввести с компакт-диска. Перед этим в настройках Setup BIOS следует назначить оптический дисковод как загрузочное устройство, а затем во время инсталляции ОС точно выполнять появляющиеся указания. Подробно процесс установки операционной системы описывается в руководстве пользователя ПЭВМ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего необходимо проводить техническое обслуживание и модернизацию ПЭВМ?
2. Какие действия нужно совершить пользователю при эксплуатации ПЭВМ?
3. Назовите способы и условия модернизации компьютеров.

В данном глоссарии приведены определения терминов и аббревиатур, используемых в сфере электроники, компьютерных, информационных и телекоммуникационных технологий.

Аббревиатура — условное сокращение, образованное из первых (или нескольких первых) букв словосочетания (например, ПЭВМ — персональная электронная вычислительная машина).

Абонентское засекречивание — криптографическая защита информации, передаваемой между двумя пользователями (абонентами).

Авторизованный (санкционированный) доступ — доступ пользователя к ресурсам ПЭВМ согласно предоставленным правам.

Адаптер — устройство сопряжения между электронными узлами.

Администратор безопасности — привилегированный пользователь, ответственный за обеспечение безопасности вычислительной системы, за реализацию и непрерывность соблюдения установленных мер безопасности и осуществляющий поддержку функционирования применяемых физических и технических средств защиты.

Адрес — местоположение ячейки памяти ПЭВМ, в которую записаны конкретные данные или команды.

Адресная шина — группа линии связи для передачи адреса.

Аккумулятор:

1) химический источник тока для автономного питания переносных устройств (например, для ноутбуков), который характеризуется емкостью накопленной энергии, измеряемой в ампер-часах (А·ч);

2) регистр временного хранения результата выполнения операции в АЛУ.

Активная матрица — тип жидкокристаллического экрана мониторов, в котором для отображения пиксела используются транзисторы.

Аналоговые сигналы — непрерывно изменяющиеся электрические сигналы, допускающие бесконечное множество значений.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) — устройство для преобразования аналогового сигнала в цифровую форму.

Антивирусная программа — программа обнаружения и удаления вирусов.

Аппаратное обеспечение (hardware — элементы электронных устройств) — комплекс электронных узлов и устройств ПЭВМ.

Аппаратура передачи данных — телекоммуникационное оборудование, которое используется для передачи данных по каналам связи: проводным, радио, оптическим.

Арбитраж — способ разрешения конфликтов между устройствами, присоединенными к общей шине.

Архитектура DIB (Dual Independent Bus — двойная независимая шина) — архитектура ядра процессора с двумя независимыми шинами: одна к кэш-памяти второго уровня, другая к оперативной памяти.

Асинхронная передача — передача данных, при которой скорость передачи блока информации меняется во времени (в отличие от синхронной передачи, когда передача информации происходит в соответствии с тактовой частотой).

Атака — целенаправленные действия нарушителя в целях создания условий или для осуществления несанкционированного доступа к информации.

Audit — мониторинг состояния безопасности системы, ее соответствия требованиям действующего законодательства и организационно-распорядительным документам.

Аутентификация — проверка идентификации пользователя, процесса, устройства или другого компонента системы перед выдачей разрешения на доступ к ресурсу.

Безопасность информации — защищенность информации от несанкционированного разглашения (сохранение конфиденциальности), искажения (обеспечение целостности программ и данных), утраты или снижения степени ее доступности, а также от незаконного ее копирования.

Биометрическая аутентификация — аутентификация пользователя по его биометрическому образу.

Биометрические данные — данные, совокупность которых образует биометрический образ конкретного человека.

Биометрические параметры — параметры, полученные после обработки биометрических данных.

Биометрический образ — образ человека, полученный с помощью измерений характерных для него биометрических параметров.

Бит — единица количества информации в двоичной системе счисления. Логические значения — 0 или 1. В электрической форме представления им соответствуют низкие или высокие уровни напряжения.

Буфер — блок памяти для временного хранения информации при согласовании скоростей обмена между устройствами разного быстродействия.

Ввод данных — процесс передачи данных в ПЭВМ с клавиатуры, видеокамеры, другого компьютера, планшета, джойстика и т. д.

Видеоадаптер (графическая плата, графическая карта, видеокарта) — устройство, с помощью которого формируется и передается изображение на подключенный к нему монитор.

Владелец информации — пользователь, осуществляющий владение и пользование информацией или реализующий свои полномочия в пределах прав, установленных законом и собственником информации.

Время выбора дорожки — время, затрачиваемое головками считывания/записи для перемещения с одной дорожки на другую.

Время доступа — время, прошедшее с момента запроса информации до момента ее получения.

Время позиционирования — среднее время, необходимое для перемещения головки от одной случайно выбираемой дорожки к другой.

Вывод данных — процесс передачи данных на устройство ПЭВМ, например на монитор, принтер или модем.

Высокоуровневое форматирование — проверка диска на наличие дефектов и подготовка его поверхности к хранению информации с созданием корневого каталога и таблицы размещения файлов с помощью операционной системы.

Глубина цвета — количество цветовых оттенков пиксела, которое зависит от числа бит, используемых для его описания. Чем больше бит отводится для кодирования пиксела, тем больше глубина цвета в изображении.

ГОСТ 28147—89 — стандарт, устанавливающий алгоритм криптографической защиты конфиденциальной информации.

ГОСТ Р 34.10—94 — стандарт, устанавливающий процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма.

ГОСТ Р 34.11—94 — стандарт, определяющий алгоритм и процедуру вычисления функции хеширования для любой последовательности двоичных символов в целях проверки их целостности.

Данные — информация, представленная в формализованном виде, пригодном для автоматизированной обработки на ЭВМ.

Двоичная (бинарная) система счисления — система счисления, в которой все значения выражаются комбинациями цифр 0 и 1.

Двухнаправленная шина — группа линий связи, по которым информация может передаваться в обоих направлениях.

Дефрагментация — процесс размещения информации на магнитном диске, в результате которого файлы размещаются на дорожках в последовательных секторах (кластерах).

Дешифрование — преобразование данных в исходную форму, которую они имели до шифрования (операция, обратная шифрованию).

Диагностическая программа — программа проверки аппаратной части ПЭВМ и обнаружения причины неисправности.

Динамический биометрический образ — биометрический образ, изменяемый человеком по его желанию, например рукописный образ разных слов — паролей.

Динамическое ОЗУ — тип памяти, требующей при хранении информации циклической регенерации (подтверждения) ее значения и питания.

Дискета — гибкий диск, покрытый магнитным веществом, который располагается внутри защитного футляра.

Дифференциальная передача — способ приема/передачи электрических сигналов с использованием одной пары проводов, когда по каждому проводу в противоположных направлениях протекает ток.

Дорожка — одна из концентрических окружностей на поверхности диска и один из линейных отрезков ленты, на которых хранятся данные.

Достоверность информации — вероятностная оценка отсутствия ошибок в информации.

Доступ к информации — ознакомление с информацией и ее обработка: копирование, модификация или уничтожение.

Доступ к ресурсу — получение пользователем возможности управлять разрешенным ресурсом в ПЭВМ (например, изменять конфигурацию аппаратных средств).

Драйвер — интерфейсная программа между устройством и операционной системой.

Дуплекс — способ работы канала связи, при котором обмен информацией происходит одновременно в обоих направлениях.

Засекречивание (шифрование) — процесс криптографического преобразования данных в закрытую (не читаемую) последовательность.

Затенение BIOS — копирование BIOS в ОЗУ для обеспечения быстрого запуска ПЭВМ.

Защита информации — организационно-технические мероприятия, направленные на предотвращение утечки информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию.

Защищаемая информация — информация, являющаяся предметом собственности и подлежащая защите в соответствии с требованиями правовых документов или требованиями, установленными собственником информации.

Защищенность — способность аппаратных и программных средств ПЭВМ противостоять несанкционированному доступу к защищаемой информации, ее искажению или разрушению.

Звуковой диапазон — частоты 20 ... 20 000 Гц, которые доступны человеческому слуху.

Злоумышленник — нарушитель, умышленно действующий из корыстных побуждений.

Зона парковки — определенные и неиспользуемые дорожки диска, на которые опускаются головки считывания/записи при отключении питания ПЭВМ.

Идентификатор доступа — уникальный признак персонального обозначения, позволяющий однозначно выделить пользователя среди всех других лиц.

Идентификация — присвоение пользователям уникальных признаков (имен) для обеспечения (распознавания) санкционированного доступа.

Идентификация пользователя — опознавание пользователей для определения его полномочий — права на доступ к данным и выбор режима их использования.

Имитозащита — последовательность данных фиксированной длины, полученная по определенному правилу из ключа и информации для обеспечения ее подлинности и целостности.

Индикатор доступа — светодиод на передней панели устройства или ПЭВМ, отображающий процесс считывания или записи данных.

Инструкция — команда программы, выполняемая процессором.

Интерфейс — комплекс средств, обеспечивающих взаимодействие программ или устройств ПЭВМ по стандартному протоколу.

Информационная безопасность — состояние информационной системы, обеспечивающее необходимый уровень защиты при формировании, использовании и развитии ее ресурсов.

Информационная сеть — совокупность информационных систем, использующих средства вычислительной техники и взаимодействующих друг с другом посредством телекоммуникаций.

Источник бесперебойного питания (UPS) — устройство, поддерживающее подачу питания на ПЭВМ при отключении или неисправности сети.

Канал — совокупность технических средств, обеспечивающих передачу данных с помощью электрических сигналов.

Канальное засекречивание — шифрование информации, передаваемой по каналам связи между двумя промежуточными узлами на пути от отправителя к получателю.

Каталог — поименованное место на диске, где хранятся имена и параметры группы файлов.

Кластер — группа секторов, формирующих один блок информации на диске.

Ключ — секретный параметр алгоритма криптографического преобразования данных, обеспечивающий шифрование и однозначное дешифрование.

Ключевая система — совокупность правил, определяющих порядок генерации, распределения, использования, хранения, смены, уничтожения и восстановления криптографических ключей.

Кодирование — процесс преобразования данных к виду, удобному для передачи или хранения.

Кодирование MFM (modified frequency modulation — модифицированная частотная модуляция) — метод преобразования данных для записи на гибкий магнитный диск, когда при кодировании очередного бита информации используются данные о коде предыдущего бита.

Кодирование RLL (run-length limited — ограничение длины поля записи) — способ записи на жесткий диск, заключающийся в ограничении расстояния (длины поля записи) между изменениями направления магнитного поля на магнитной поверхности.

Команда — инструкция, выполняемая процессором согласно программе.

Компрессия (сжатие) данных — способ обработки данных для сокращения их размера. Существуют два типа компрессии: с потерями и без потерь. Компрессия с потерями удаляет некоторые исходные (несжатые) данные, необходимые для реконструкции файла, и нормально используется только для звуковых файлов и файлов изображений, когда допускаются незначительные потери. Компрессия без потерь полностью восстанавливает исходный файл.

Коммутация пакетов — передача сообщений в виде отдельных пакетов меньшей длины, которые могут пересылаться из исходного пункта в пункт назначения разными маршрутами.

Компрометация информации — утечка или разглашение конфиденциальной информации, либо получение ее неавторизованными пользователями.

Компьютер — вычислительное устройство, выполняющее заданную программой последовательность команд.

Контроллер — электронное устройство управления и обеспечения обмена процессора с устройствами ввода-вывода и хранения данных.

Контроль ошибок — проверка достоверности принимаемой информации.

Конфиденциальная информация — служебная, персональная, профессиональная, промышленная, коммерческая и другая информация, правовой режим которой устанавливает ограничения на право доступа к ней и требования защиты.

Конфиденциальность — субъективная характеристика информации, определяемая владельцем и указывающая на ограничения по ее использованию.

Криптография — способ изменения данных с целью сделать их непонятными (бессмысленными, не читаемыми) для непосвященных лиц и последующего их восстановления в первоначальной форме владельцу или разрешенному пользователю.

Криптосистема с открытым ключом — криптографическая система, в которой используются два ключа: секретный (личный) и открытый (публичный). Секретный ключ содержится в тайне, в то время как открытый ключ доступен любым заинтересованным в связи лицам. Такие криптосистемы называются асимметричными.

Криптосистема с секретным ключом — криптографическая система, в которой один и тот же криптографический ключ используется для зашифрования/расшифрования информации. Такие криптосистемы называются симметричными.

Кэш — специализированный буфер, в который помещаются часто используемые данные и команды, которые перемещаются между быстродействующим процессором и другими устройствами ПЭВМ.

Лазерный принтер — тип принтера, в котором растровое изображение с помощью лазера отображается на барабане с электростатическим зарядом.

Личный ключ — ключ (в асимметричной криптосистеме), предназначенный для шифрования сообщений и известный только одному лицу (владельцу).

Локальная сеть — соединение двух и более ПЭВМ в сеть, охватывающую ограниченную зону.

Магнитооптическая запись — способ записи данных с использованием лазера для нагревания поверхности диска и магнитного поля для фиксации информации.

Магнитооптические устройства — устройства, которые объединяют магнитные и оптические методы хранения информации.

Маршрутизатор — устройство формирования оптимального маршрута передачи сообщений в зависимости от топологии сети, загрузки каналов и их скорости работы.

Матричный принтер — тип ударного принтера, печатающий символы группой точек.

Машинный язык — микропрограммный внутренний код, который непосредственно выполняет процессор на аппаратном уровне.

Межсетевой экран (Firewall, или брандмауэр) — аппаратный или программный защитный барьер, предназначенный для предотвращения несанкционированного доступа в сеть или из нее.

Микропроцессор — сверхбольшая интегральная схема с ограниченным набором вычислительных инструкций, реализующая обработку данных.

Модем (модулятор-демодулятор) — устройство, преобразующее электрические сигналы в форму, удобную для обмена данными по каналам связи.

Модуль — конструктивная сменная единица, содержащая завершенную схему электронного блока.

Мультимедиа — набор аппаратных и программных средств обработки визуальной и звуковой информации.

Набор символов — все буквы, цифры и знаки, которые компьютер может использовать для представления данных.

Накопитель — электромеханическое устройство, которое управляет хранением данных на различных носителях данных.

Нарушитель — лицо, предпринявшее попытку несанкционированного доступа к ресурсам ПЭВМ по ошибке, незнанию или со злым умыслом и использовавшее для этого различные возможности, методы и средства перехвата, штатные средства и недостатки систем защиты, подключение к каналам передачи данных, внедрение программных закладок и использование специальных инструментальных и технологических программ и т. д.

Несанкционированный доступ (НСД) — доступ к ПЭВМ или информационному ресурсу в нарушение установленных правил с использованием штатных средств рабочего места пользователя или средств перехвата информации в каналах связи.

Низкий уровень — значение напряжения цифрового сигнала, соответствующее логическому нулю.

Низкоуровневое форматирование — физическое форматирование, при котором дорожки магнитного диска разбиваются на сектора.

Операционная система — комплекс системных (диспетчерских) программ, обеспечивающий в ПЭВМ выполнение других пользовательских программ, распределение ресурсов и ввод-вывод данных.

Оптический диск — диск, при работе с которым используется оптическая технология считывания и записи данных.

Организационные меры защиты информации — набор правил и мер, регламентирующих процессы защиты функционирования ПЭВМ, использования ее ресурсов, деятельности персонала, а также порядок работы пользователей, чтобы затруднить или исключить возможность реализации угроз безопасности циркулирующей в ней информации.

Открытая архитектура — система, которая описывается спецификациями, позволяющими создавать ее многим производителям и использовать для сборки и модернизации унифицированное и стандартизированное оборудование.

Открытое распределение ключей — механизм распределения криптографических ключей по незащищенным каналам связи.

Открытый ключ — ключ, используемый в асимметричной криптосистеме и доступный всем пользователям системы.

Открытый ключ ЭЦП — криптографический ключ, который связан с секретным (личным) ключом с помощью особого математического одностороннего преобразования. Открытый ключ известен всем пользователям системы и предназначен для проверки ЭЦП, определения автора подписи и достоверности электронного документа, но не позволяет вычислить секретный ключ.

Оцифровывание — преобразование аналогового сигнала в цифровой вид.

Папиллярные линии — строение кожных узоров (рельефные линии) внутренних (ладонных) поверхностей ногтевых фаланг пальцев рук идентифицирующее личность человека.

Параллельная передача — способ пересылки данных, при котором несколько бит информации одновременно перемещается по параллельным проводникам.

Парковка головок — процедура, при которой головки считывания/записи перемещаются на неиспользуемые дорожки, где их падение или любой другой сбой не приводит к потере данных.

Пароль — секретный (тайный) идентификатор, предъявляемый пользователем для получения санкционированного доступа к данным и программам ПЭВМ.

Периферийные устройства — дополнительное оборудование, подключаемое к ПЭВМ для расширения ее возможностей по вводу-выводу и хранению информации.

Пиксел — минимальный элемент изображения на экране дисплея (также называется точкой).

Позиционирование головок — перемещение головок считывания/записи дискового накопителя к конкретной дорожке.

Пользователь — лицо, обладающее полномочиями доступа к информации в рамках установленных прав.

Порт — разъем подсоединения внешнего устройства к ПЭВМ, а также логический адрес, используемый процессором для обращения к различным устройствам.

Последовательная передача — способ последовательной побитовой передачи данных.

Постиндустриальное (информационное) общество — общество, в котором сфера услуг имеет приоритетное развитие и превалирует над объемом материального производства.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) — тип памяти с неизменяемыми данными.

Предсказание ветвлений — свойство процессоров предсказывать переходы или ветвления в выполняемой программе для опережающего считывания следующих команд из памяти.

Прерывание — приостановка выполнения текущей программы, вызванная событием, требующим приоритетной обработки.

Привод головок — устройство для перемещения головок считывания/записи по дорожкам.

Пропускная способность — объем полезной информации, передаваемой за 1 с.

Протокол — система однозначных процедур (правил), управляющая связями между устройствами или программами при обмене информацией.

Радиатор — металлическая пластина с ребристой поверхностью, подсоединяемая к корпусу микросхемы для рассеивания теплоты.

Разграничение доступа — порядок использования ресурсов ПЭВМ, при котором пользователи получают разные права доступа к информации в строгом соответствии с установленными правилами.

Разрешение — размер рабочей области экрана монитора, точность печати и сканирования (измеряется в пикселах).

Разъем — устройство для механического и электрического соединения электронных устройств, модулей и кабелей.

Рассекречивание (расшифрование) — процесс преобразования закрытой информации в открытый текст.

Растровая графика — представление изображения матрицей из отдельных точек (пикселей).

Регистр — быстродействующая статическая память на триггерах для временного хранения несколько разрядов информации.

РПЗУ — репрограммируемое (перепрограммируемое) ПЗУ.

Санкционированный доступ — доступ к программам и данным пользователей, имеющих право (полномочия) на ознакомление или работу с ними.

Секретный ключ — закрытый (тайный) ключ. В асимметричной криптосистеме секретным ключом владеет только один пользователь (абонент), в симметричной криптосистеме он выдается двум абонентам, между которыми требуется установить защищенную связь.

Сектор — выделенная область на дорожке магнитного диска, содержащая 512 байт данных.

Сертификат ключа — цифровое свидетельство удостоверяющего центра, подтверждающее соответствие открытого ключа конкретному лицу. Сертификат содержат открытый ключ, имя его пользователя, дату окончания срока действия сертификата, название организации, выдавшей сертификат, и т. д.

Сертификация — подтверждение в государственных органах соответствия системы безопасности ПЭВМ требованиям государственных стандартов и нормативных документов по защите информации.

Сеть — структура, в которой несколько независимых ПЭВМ соединены для обмена данными и использования общего ресурса.

Сжатие без потерь — методы компрессии, при которых сохраняется после сжатия вся информация.

Сжатие с потерями — методы компрессии, при которой часть данных из информации удаляется, обеспечивая необходимое качество изображения или звука.

Система защиты информации — совокупность специальных мер правового и административного характера, организационных мероприятий,

физических и технических (программных и аппаратных) средств защиты, а также наличие специального персонала, предназначенных для обеспечения безопасности.

Системная плата — основная (главная, материнская) плата ПЭВМ.

СКЗИ — средства криптографической защиты информации.

Слот — щелевой разъем.

Смарт-карта — пластиковая карта с встроенной микросхемой, которая осуществляет защиту содержащейся в ней информации.

Сообщение — упорядоченная последовательность символов завершеного содержания, предназначенная для передачи информации.

Среднее время доступа — время, необходимое дисковому накопителю, чтобы начать чтение данных, расположенных в любом месте диска.

Среднее время поиска — среднее время, необходимое для перемещения головки от одной случайно выбираемой дорожки к другой.

Стабилизатор напряжения — устройство, поддерживающее выходное напряжение в допустимых пределах при изменениях его входного значения.

Статический биометрический образ — образ, не изменяемый по воле человека данный ему от рождения, например рисунок отпечатка пальца.

Статический разряд — внезапный электрический разряд между двумя объектами, имеющими различный электрический потенциал. Статические разряды часто приводят к порче или сбоям интегральных схем.

Стойкость шифрования — способность противостоять попыткам дешифровать шифртекст, раскрыть ключи шифра или нарушить целостность и (или) подлинность информации.

Струйный принтер — тип принтера, который при печати распыляет на бумагу чернила одного или нескольких цветов.

Стыковочная станция (док-станция) — оборудование, используемое для подключения к ноутбукам периферийных устройств и карманных компьютеров к ПЭВМ.

Суперскалярное выполнение команд — возможность процессора выполнять одновременно несколько инструкций за такт работы.

Тайный биометрический образ — биометрический образ, обеспечивающий анонимность пользователя и сохраняемый пользователем в тайне.

Тактовый генератор — источник импульсных сигналов в ПЭВМ, который формирует сетку тактовых частот для синхронизации работы аппаратных частей компьютера.

Технические средства защиты информации — аппаратные и программные сертифицированные средства, обеспечивающие безопасное функционирование ПЭВМ.

Том — логический диск.

Тонер — порошок, используемый для печати в лазерных принтерах.

Точка Кюри (температура Кюри) — температура фазового перехода ферромагнитного вещества, связанного со скачкообразным изменением его магнитных свойств.

Угроза безопасности информации — потенциально возможное событие, действие, процесс или явление, которое может привести к нарушению

конфиденциальности, целостности, доступности информации, а также неправомерному ее тиражированию.

Умножение частоты — увеличение тактовых частот отдельных устройств ПЭВМ в соответствии с коэффициентами умножения, допускаемых системной платой.

Уязвимость — потенциальная подверженность ресурсов пользователя атакам нарушителей.

Уязвимость информации — подверженность информации воздействию различных дестабилизирующих факторов, которые могут привести к нарушению ее конфиденциальности, целостности, доступности или неправомерному ее тиражированию.

Физические меры защиты информации — различные устройства, препятствующие проникновению и доступу нарушителей к ПЭВМ и защищаемой информации, а также технические средства визуального наблюдения, связи и охранной сигнализации.

Форматирование — физическая и логическая подготовка магнитного диска к хранению информации.

Форматирование высокого уровня — логическое форматирование диска (создание тома).

Форматирование низкого уровня — физическое форматирование диска.

Формат экрана — горизонтальное и вертикальное соотношение сторон экрана монитора.

Формфактор — типовые габаритные размеры устройств ПЭВМ.

Хакер (взломщик) — нарушитель, вторгающийся в ПЭВМ в целях кражи, искажения или порчи данных.

Хэш-функция — функция, преобразующая информацию произвольной длины в контрольную последовательность в 256 байт для формирования электронной цифровой подписи.

Целостность информации — свойство информации сохранять неизменность при хранении, приеме и передаче.

Цель защиты информации — предотвращение или минимизация наносимого косвенного, материального, морального или иного ущерба пользователям информационных отношений.

Цилиндр — общее число дорожек, с которых можно одновременно считать информацию без перемещения головок.

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) — устройство для преобразования цифровых сигналов в аналоговую форму.

Цифровой сигнал — дискретный потенциальный или импульсный сигнал, принимающий значения, соответствующие 0 или 1.

Частотная модуляция — метод кодирования данных значениями частот.

Чип — интегральная микросхема в пластиковом или керамическом корпусе.

Шина, шина адреса, шина данных — набор проводников, по которым обеспечивается обмен информацией между компонентами компьютера.

Шифровальные средства — аппаратные, программные и аппаратно-программные средства, реализующие криптографические алгоритмы преобразования информации.

Шифрование — способ преобразования данных в нечитаемую (скрытую) кодовую форму.

Электронная цифровая подпись — аналог собственноручной подписи физического лица в виде последовательности байт, сформированный на основе закрытого ключа пользователя и позволяющий надежно установить его авторство и подлинность информации или электронного документа. Для проверки подписи используется открытый ключ пользователя, который выдает себя за автора сообщения.

Электронное правительство — организация государственного управления на основе вычислительных средств обработки, передачи и распространения информации с предоставлением электронных информационных услуг всем категориям граждан и организациям.

АС (Alternating Current — переменный ток) — обозначение переменного напряжения или тока.

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface — расширенная конфигурация и интерфейс питания) — стандарт управления электропитанием ПЭВМ.

AGP (Accelerated Graphics Port — улучшенный графический порт) — интерфейс между видеоадаптером и микросхемами системной логики с выходом на системную память.

BIOS (Basic Input/Output System — базовая система ввода-вывода) — программа, записанная в микросхему РПЗУ и обеспечивающая настройку, контроль аппаратной конфигурации при включении ПЭВМ, а также загрузку операционной системы.

Bluetooth (синий зуб) — стандарт IEEE 802.15 беспроводной передачи данных между ПЭВМ, мобильными телефонами, периферийным оборудованием и КПК.

CD (Compact Disk — компакт-диск) — оптический диск для хранения цифровой информации. Максимальный объем — 700 Мбайт.

CMOS-память — комплементарная интегральная схема статической памяти для хранения данных о конфигурации ПЭВМ.

COM — последовательный порт.

CPU (Central Processing Unit — центральное процессорное устройство) — центральный процессор — микропроцессорная интегральная схема.

DIMM (Dual Inline Memory Module — двусторонний модуль памяти) — используется в слотах ОЗУ системных плат ПЭВМ.

DMA (Direct Memory Access) — прямой доступ к памяти.

DRAM (динамическое оперативное запоминающее устройство) — основной тип оперативной памяти ПЭВМ.

DVD (Digital Versatile Disk — цифровой универсальный диск) — тип оптического диска.

EEPROM (энергонезависимое электрически перепрограммируемое ПЗУ) — информация, записанная в EEPROM, может стираться и перепрограммироваться напряжением (см. РПЗУ).

Ethernet — стандарт построения локальных сетей.

ExpressCard — современный стандарт шины и разъема для подключения внешних устройств к ноутбуку; вытесняет PCMCIA.

FSB (Front Side Bus — главная системная шина) — внешняя процессорная шина.

Hot Spot (хот-спот) — точка беспроводного публичного доступа.

LPT — порт, обычно используемый для подключения принтера.

MIPS (Million Instruction Per Second — миллион инструкций в секунду) — количество инструкций машинного языка, которые может выполнить компьютер за одну 1 с; используется для оценки быстродействия различных типов систем.

MPEG — стандарт сжатия видео- и аудиоинформации с потерей качества. При сжатии удаляются лишние данные, в результате чего достигается среднее качество.

PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association — Международная ассоциация по картам памяти) — обозначение стандарта шины и разъема для подключения внешних устройств к ноутбуку; также употребляется название PC-Card.

Plug and Play («подключай и работай») — технология автоматической конфигурации и настройки аппаратных средств, подключаемых к внутренним и внешним интерфейсам ПЭВМ.

POST (Power-On Self Test — самотестирование при включении питания) — серия тестов, выполняемых компьютером при включении.

SMART (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology — технология самотестирования, анализа и отчетности) — система мониторинга состояния накопителей на жестких дисках для оценки его характеристик и прогнозирования ошибок или отказов.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol — протокол управления передачей/межсетевой протокол) — стек протоколов обмена данными, используемый в сети Интернет.

USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина) — последовательный интерфейс для подключения к ПЭВМ периферийных устройств.

Wi-Fi (Wireless Fidelity — радиопередача с безукоризненной точностью) — беспроводная технология передачи данных на основе стандарта IEEE 802.11.

x86 (i86) — условное обозначение представителей семейства процессоров Intel.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ватанюк А.* Апгрейд компьютера. Популярный самоучитель / А. Ватанюк. — СПб. : Питер, 2005.
2. *Гук М. Ю.* Аппаратные средства IBM PC : Энциклопедия / М. Ю. Гук. — 3-е изд. — СПб. : Питер, 2006.
3. Информатика : учеб. пособие / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер ; под ред. Е. К. Хеннера. — 3-е изд. — М. : Изд. центр «Академия», 2004.
4. *Куличков А. В.* Импульсные блоки питания для IBM PC / А. В. Куличков. — 2-е изд. — М. : ДМК Пресс, 2002.
5. *Мюллер Скотт.* Модернизация и ремонт ноутбуков : пер. с англ. / Скотт Мюллер. — М. : Изд. дом «Вильямс», 2006.
6. *Мюллер Скотт.* Модернизация и ремонт ПК : пер. с англ. / Скотт Мюллер. — 18-е изд. — М. : Изд. дом «Вильямс», 2009.
7. *Сапков В. В.* Информационные технологии и компьютеризация делопроизводства : учеб. пособие / В. В. Сапков. — М. : Изд. центр «Академия», 2006.
8. Словарь по кибернетике / под ред. акад. В. М. Глушкова. — Киев. : Главная редакция УСЭ, 1979.
9. *Хореев П. Б.* Методы и средства защиты информации в компьютерных системах : учеб. пособие / П. Б. Хореев. — М. : Изд. центр «Академия», 2005.

Введение.....	3
Глава 1. Эволюция вычислительной техники	7
1.1. Области применения.....	7
1.2. Поколения средств вычислительной техники	13
1.3. Базовые логические элементы	25
1.4. Элементная база ЭВМ.....	34
Глава 2. Архитектура ЭВМ.....	41
2.1. Классическая архитектура ЭВМ	41
2.2. Архитектура современных ЭВМ.....	46
2.3. Основные этапы и принципы конструирования ЭВМ	56
Глава 3. Персональные компьютеры	60
3.1. Магистрально-модульный принцип построения	60
3.1.1. Шинная организация ПЭВМ.....	60
3.1.2. Интерфейсы накопителей	68
3.1.3. Номенклатура портов ввода-вывода	72
3.2. Основные функциональные элементы ПЭВМ.....	79
3.2.1. Процессоры	79
3.2.2. Микросхемы системной логики.....	92
3.2.3. Устройства памяти	95
3.2.4. Базовая система ввода-вывода	115
3.3. Основные технические характеристики компьютеров.....	120
Глава 4. Стационарные (настольные) ПЭВМ	122
4.1. Состав и назначение функциональных базовых узлов	122
4.2. Системные блоки	123
4.2.1. Конструктивное исполнение системных блоков.....	123
4.2.2. Системные (материнские) платы	126
4.2.3. Модули ОЗУ	133
4.2.4. Видеокарты	136
4.2.5. Дисководы гибких магнитных дисков	147
4.2.6. Дисководы жестких магнитных дисков	150
4.2.7. Дисководы оптических дисков.....	157
4.2.8. Блоки питания	162
4.2.9. Обеспечение температурного режима.....	170
4.3. Мониторы.....	176
4.3.1. Основные технические характеристики.....	176

4.3.2. Мониторы с электронно-лучевой трубкой	180
4.3.3. Жидкокристаллические мониторы.....	186
4.4. Устройства ввода информации и управления ПЭВМ	192
4.4.1. Клавиатура	192
4.4.2. Манипуляторы	196
4.5. Мультимедийные устройства	200
4.5.1. Звуковые платы.....	200
4.5.2. Акустические системы.....	207
4.5.3. Наушники.....	210
4.5.4. Микрофоны	211
4.5.5. Тюнеры	215
Глава 5. Портативные ПЭВМ	219
5.1. Ноутбуки.....	219
5.2. Карманные компьютеры	228
Глава 6. Периферийное оборудование.....	233
6.1. Устройства ввода информации.....	233
6.1.1. Сканеры.....	233
6.1.2. Графические планшеты	238
6.2. Устройства вывода информации	241
6.2.1. Принтеры	241
6.2.2. Плоттеры	248
6.2.3. Проекторы	250
Глава 7. Устройство электропитания.....	256
7.1. Химические источники тока.....	256
7.1.1. Гальванические элементы	256
7.1.2. Аккумуляторы	258
7.2. Ионисторы.....	260
7.3. Защита цепей питания ПЭВМ.....	262
Глава 8. Системы передачи данных.....	269
8.1. Компьютерные сети	269
8.2. Устройства передачи данных	280
Глава 9. Защита информации	291
9.1. Основные способы защиты информации	291
9.2. Технические средства защиты от НСД.....	302
Глава 10. Эксплуатация ПЭВМ	310
10.1. Техника безопасности	310
10.2. Эксплуатация ПЭВМ.....	315
Глоссарий	320
Список литературы.....	333

Учебное издание

**Сидоров Владимир Дмитриевич,
Струмпэ Наталья Васильевна**

Аппаратное обеспечение ЭВМ

Учебник

3-е издание, стереотипное

Редактор *О. А. Туваева*
Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка *Л. М. Беляева*
Корректор *А. Ю. Гончарова*

Изд. № 103113376. Подписано в печать 05.09.2013. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Балтика». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0.
Тираж 1 200 экз. Заказ №

ООО «Издательский центр «Академия». 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 16474 от 05.04.2013.

Отпечатано с электронных носителей, предоставленных издательством,
в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат». www.sarpk.ru
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.