

Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

А.Н. Сычев

ЭВМ и периферийные устройства

Учебное пособие

Томск
Издательство ТУСУРа
2017

УДК 681.3
ББК 32.973
С958

Рецензенты:

Зюзьков В.М., доцент, канд. физ.-мат. наук
каф. вычислительной математики и компьютерного
моделирования Национального исследовательского
Томского государственного университета;

Торгонский Л.А., канд. техн. наук, доцент каф. безопасности
информационных систем факультета безопасности
Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники

Сычев, Александр Николаевич

С958 ЭВМ и периферийные устройства : учеб. пособие /
А.Н. Сычев. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и
радиоэлектроники, 2017. – 131 с.

ISBN 978-5-86889-744-3

Рассматривается центральная часть компьютера и его периферийные
устройства, в том числе запоминающие устройства и специальное оборудо-
вание для САПР.

Приведены сведения о принципах работы современных разнообразных
и многочисленных периферийных устройств, методах их сопряжения с цен-
тральной частью компьютера. Излагается назначение, принципы построения и
функционирования устройств памяти. Описываются различные интерфейсы,
служащие для подключения периферийных устройств к компьютеру.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Информатика и вы-
числительная техника».

УДК 681.3
ББК 32.973

ISBN 978-5-86889-744-3

© Сычев А.Н., 2017

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2017

Оглавление

Введение	4
1 Основные понятия, классификация и структура ЭВМ	
1.1 Основные определения. История и поколения ЭВМ	5
1.2 Классификация ЭВМ.....	9
1.3 Структура и принцип действия ЭВМ	15
1.4 Состав и структура системной платы компьютера	19
1.5 Системные шины	28
1.6 Архитектура ЭВМ	34
1.7 Архитектура центрального процессора.....	38
Вопросы для самопроверки	41
2 Запоминающие устройства	
2.1 Требования к памяти компьютера.....	43
2.2 Иерархия памяти компьютера	43
2.3 Накопитель на жестких магнитных дисках.....	48
2.4 Накопитель на оптических дисках.....	54
2.5 Твердотельный накопитель.....	57
2.6 Флеш-накопитель.....	58
Вопросы для самопроверки	62
3 Периферийные устройства	
3.1 Периферийные устройства и их интерфейс	63
3.2 Внутренние соединения. Типы внутренних шин и слотов	69
3.3 Контроллеры периферии (адаптеры, карты)	72
3.4 Внешние соединители (порты).....	74
3.5 Основные виды периферийных устройств	80
3.6 Видеоподсистема	86
3.7 Блок питания	95
Вопросы для самопроверки	106
4 Специальное оборудование для САПР	
4.1 Плоттер	107
4.2 Устройства числового программного управления.....	113
4.3 Трехкоординатный (3D) принтер	119
Вопросы для самопроверки	124
Заключение	126
Глоссарий.....	127
Литература	129

Введение

Основой любого компьютера является центральный процессор, который вместе с основной памятью образует его центральную часть. При этом эффективность работы центральной части компьютера всецело зависит от ее окружения – периферийных устройств, весьма разнообразных по своей структуре и функциям.

Современные периферийные устройства – это сложные устройства с локальным микропроцессорным управлением, обмен информацией которых с центральной частью компьютера происходит через стандартные интерфейсы. Они обладают «встроенным интеллектом», позволяющим выполнять сложные функции управления и преобразования способов представления информации [1].

В данном учебном пособии рассматривается как центральная часть компьютера, так и его периферийные устройства, в том числе запоминающие устройства и специальное оборудование для САПР.

1 Основные понятия, классификация и структура ЭВМ

1.1 Основные определения. История и поколения ЭВМ

Компьютер – это устройство, предназначенное для обработки и преобразования информации. Долгое время его называли электронной вычислительной машиной (ЭВМ), цифровой вычислительной машиной (ЦВМ) или электронной цифровой вычислительной машиной (ЭЦВМ) [2].

Заметим, что вопросы, связанные с терминологией, являются весьма важными при изучении любых дисциплин [3], поэтому определим основные понятия в области компьютерной техники [4], опираясь на действующий стандарт ГОСТ 15971-90 [5]. При этом, учитывая стремительное развитие техники и международные стандарты, некоторые «классические» определения потребуют уточнения и/или расширения.

Вычислительная машина (VM, Computer) – совокупность технических средств, создающая возможность проведения обработки информации и получения результата в необходимой форме. Как правило, в состав VM входит и системное программное обеспечение (ПО) [5].

Электронно-вычислительная машина (ЭВМ, Electronic Computer) – программируемое функциональное устройство, состоящее из одного или нескольких взаимосвязанных центральных процессоров, периферийных устройств, управление которыми осуществляется посредством программ, располагающихся в оперативной памяти. ЭВМ может производить большой объем вычислений, содержащих множество арифметических, логических и других операций, без вмешательства пользователя в течение периода выполнения (ISO 2382/1-93).

В то же время ГОСТ 15971-90 определяет, что основные функциональные устройства ЭВМ выполнены на электронных компонентах.

Отметим, что термины ЭВМ и компьютер являются синонимами, поэтому далее будем использовать и тот и другой в зависимости от контекста.

Система обработки данных – совокупность технических средств (ТС) и программного обеспечения, предназначенная для информационного обслуживания пользователей и технических объектов. В состав технических средств входят сами ЭВМ, устройства сопряжения ЭВМ с объектами, аппаратура передачи данных и линии связи.

Первая электронная цифровая вычислительная машина, или программируемый калькулятор ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), была создана в Пенсильванском университете под руководством Д. Мочли и П. Эккерта в 1945 г. На роль первой машины претендуют также разработанный в начале 1940-х гг. Дж. Атанасовым и К. Берри специализированный калькулятор ABC и предназначенный для расшифровки кодов немецкой шифровальной машины вычислитель Colossus, созданный под руководством М. Ньюмена. В 1951 г. под руководством С.А. Лебедева была создана первая советская вычислительная машина – малая электронная счетная машина (МЭСМ), а в начале 1953 г. – большая (БЭСМ), быстродействие которой оценивалось в 8000 операций/с. Все эти машины были **ламповыми** и впоследствии их отнесли к ЭВМ первого поколения. Этот период ознаменовался поиском инженерных решений для построения различных устройств.

Появление **транзисторов** позволило значительно усложнить структуру машин второго поколения. Изобрели так называемые индексные регистры, упрощающие доступ к массивам данных. В качестве оперативной начали использовать память на ферритовых сердечниках. Управление вводом-выводом возлагалось на отдельные блоки, что позволило выполнять загрузку данных одновременно с арифметическими операциями, но

потребовало специальных средств для синхронизации процессов. В этот же период были созданы первые языки программирования высокого уровня: Фортран, Алгол, Кобол. Ко второму поколению относятся советские машины «Урал», «Минск-22», «Минск-32», БЭСМ-2 и др.

Интегральные схемы позволили еще больше усложнить машину и увеличить ее мощность. Получило распространение конвейерное выполнение команд, начала применяться параллельная обработка, в устройствах управления стали использовать принцип микропрограммирования. Появился стандартный интерфейс для подключения периферийных устройств. Именно в это время начали выпускать машины серии ИВМ/360 (370) и ЕС ЭВМ, с разработкой которых и связан термин «поколение ЭВМ». В дальнейшем к ЭВМ третьего поколения стали относить любые машины, построенные на интегральных схемах малой и средней интеграции.

Машины на базе **больших интегральных схем (БИС)** и сверхбольших интегральных схем (СБИС) называют машинами четвертого поколения. Память машин начали строить на полупроводниковых элементах. В этот же период была разработана концепция машины с сокращенным набором команд (RISC). В 1980-х гг. появилась японская программа по созданию ЭВМ пятого поколения. Однако широкое распространение персональных компьютеров привело к падению интереса к «поколениям ЭВМ» и теперь этот термин выходит из употребления [2].

В качестве наглядного примера обновления поколений ЭВМ и эволюции компьютерной техники в Советском Союзе представим интересную временную диаграмму установки и смены ЭВМ в Вычислительном центре Сибирского отделения Академии наук СССР (ВЦ СО АН СССР) (рисунок 1.1) [6].

Сегодня компьютер стал устройством, способным хранить и обрабатывать огромное количество информации. В течение многих лет передача различных сведений производилась посредством устной речи, графики, рукописных или печатных символов, а обработка информации осуществлялась

исключительно мозгом человека. С появлением компьютера эта монополия нарушилась, что потребовало создания средств для загрузки и выгрузки информации в его обрабатывающую часть. Были созданы периферийные устройства, предназначенные для преобразования информации (например, графического изображения в текст), кодирования (т.е. замены отдельных символов их кодовыми эквивалентами) и изменения формы представления кодированной информации (например, штрихов в комбинацию высоких и низких уровней потенциала).

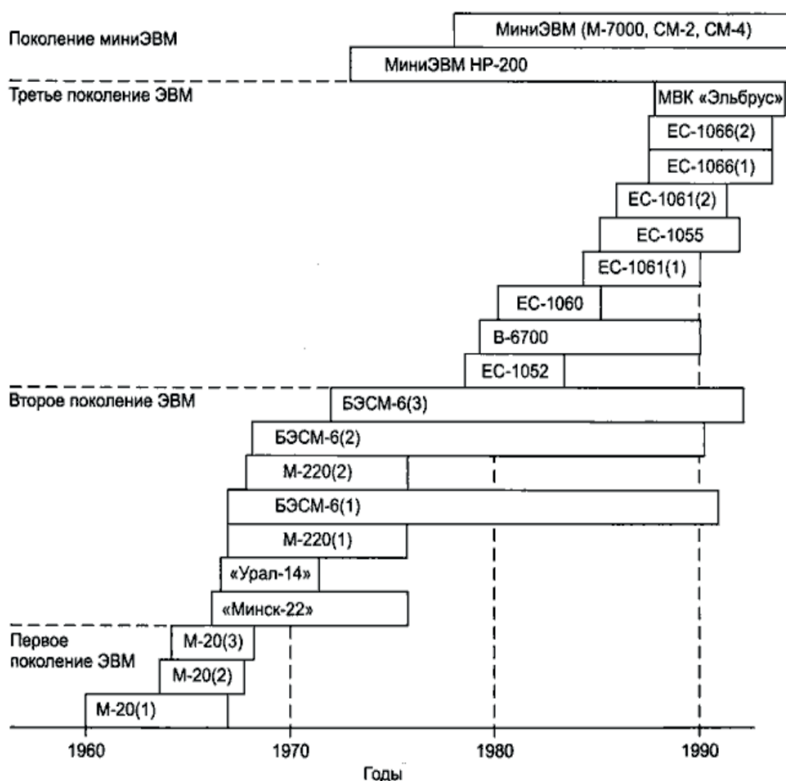


Рисунок 1.1 – Временная диаграмма установки и смены ЭВМ в Вычислительном центре Сибирского отделения Академии наук СССР

Это вызвано тем, что способы представления и обработки информации в компьютере отличаются от тех, что используются мозгом человека и другими объектами внешнего мира.

1.2 Классификация ЭВМ

Представим основные типы ЭВМ (рисунок 1.2), определенные ГОСТ 15971-90. В этой классификации используются различные критерии: функциональные возможности, назначение, габаритные размеры, тип носителя, категория пользователя.

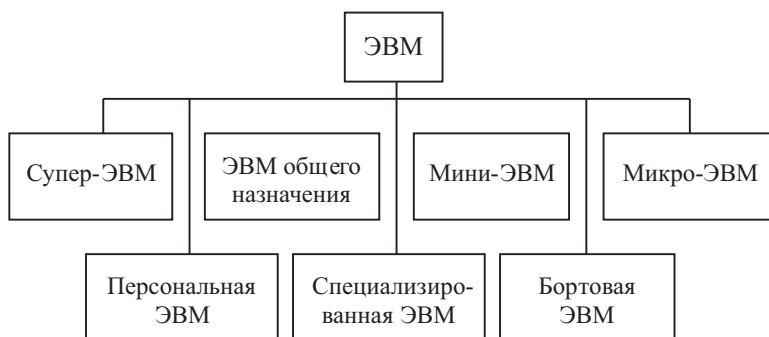


Рисунок 1.2 – Классификация ЭВМ по ГОСТ 15971-90

Если при классификации ЭВМ принять в качестве базового критерия область их применения, то в соответствии с этим признаком можно будет выделить следующие основные классы ЭВМ [3, с.10; 7]:

- 1) супер-ЭВМ;
- 2) мейнфреймы;
- 3) серверы;
- 4) настольные ЭВМ (персональные ЭВМ и рабочие станции);
- 5) портативные (мобильные) ЭВМ;
- 6) встраиваемые системы.

Следует отметить, что, помимо области применения, данное разделение основывается также на существенном различии архитектур указанных классов ЭВМ.

Супер-ЭВМ (суперкомпьютер) – ЭВМ, относящаяся к классу ВМ, имеющих самую высокую производительность, которая может быть достигнута на данном этапе развития технологии, и в основном предназначенных для решения сложных научно-технических задач (ГОСТ 15971-90).

Суперкомпьютер – ЭВМ мелкосерийного или штучного производства, многократно превосходящая по вычислительной мощности массово выпускаемые компьютеры.

Отличительные признаки супер-ЭВМ:

- ♦ не является изделием массового производства и, следовательно, при ее изготовлении и применении используются уникальные технологии, более дорогие и, возможно, менее удобные, чем массовые технологии;

- ♦ ориентирована на вычисления, на заметное, минимум на порядок, снижение времени выполнения сложных расчетов по сравнению с персональными ЭВМ или рабочими станциями.

Мэйнфрейм – компьютер, обычно в компьютерном центре, который обладает широким спектром возможностей и ресурсов и с которым могут быть соединены другие компьютеры, причем так, что они могут использовать разделяемые возможности и ресурсы [8]. Мэйнфрейм – синоним понятия «большая универсальная ЭВМ». Слово «мэйнфрейм» появилось в 70–80-е годы XX в., когда большие универсальные ЭВМ состояли из центрального процессора и множества подсистем: дисковых, ленточных, терминальных контроллеров и т.п. Практически все фирмы, которые производили подобную технику (основная доля рынка приходилась на продукцию IBM, Hitachi, Amdahl), придерживались примерно одинаковой архитектуры. Каждая из подсистем ЭВМ располагалась в отдельной стойке. Отсюда и название «мэйнфрейм» (main frame – главная стойка); оно закрепилось за центральной стойкой, где находился процессор и пульт управления (рисунок 1.3).

Мэйнфреймы и сейчас остаются наиболее мощными (не считая супер-ЭВМ) вычислительными системами общего назначения, обеспечивающими непрерывный круглосуточный режим эксплуатации.

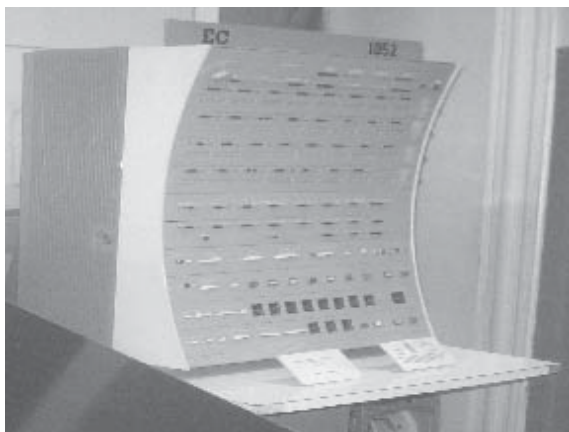


Рисунок 1.3 – Советский «мэйнфрейм» начала 1980-х – ЭВМ ЕС-1052 (Политехнический музей, Москва)

Серверы. Слово «сервер» происходит от английского serve – обслуживать. Сервер – это выделенная ЭВМ, как правило, в составе вычислительной сети, обладающая аппаратно-программными ресурсами и предоставляющая данные ресурсы пользователям по их запросам.

Существует несколько типов серверов, ориентированных на разные применения: файл-сервер, сервер баз данных, принт-сервер, вычислительный сервер, сервер приложений. Таким образом, тип сервера определяется видом ресурса, которым он располагает (файловая система, базы данных, принтеры, процессоры или прикладные пакеты программ).

Настольные ЭВМ (персональные ЭВМ и рабочие станции). Под персональным компьютером, или персональной ЭВМ (ПК, или ПЭВМ), понимают настольную ЭВМ, имеющую эксплуатационные характеристики бытового прибора и универсальные функциональные возможности [5].

Под **рабочими станциями** обычно понимают настольные системы высокой производительности. Прародителями данного направления служат мини-ЭВМ, такие как PDP-11 или VAX фирмы DEC. Основным отличием рабочих станций от ПК является ориентация на профессиональных пользователей.

«**Спецификация 99**». В 1999 г. был введен в действие международный классификационный стандарт («Спецификация 99») [3, 9], разработанный Intel и Microsoft, фактически объединяющий ПК и рабочие станции. Эти руководства-спецификации от Intel и Microsoft для разработчиков компьютерной техники выпускались ежегодно в период с 1998 по 2001 гг.

В соответствии с этим стандартом различают следующие ПК:

- 1) массовый (consumer PC);
- 2) деловой (office PC);
- 3) портативный (mobile PC);
- 4) рабочую станцию (workstation PC);
- 5) развлекательный (entertainment PC).

Портативные ЭВМ (mobile PC). Как следует из названия, портативные ЭВМ отличаются малыми размерами и массой, а следовательно, возможностью переноски и работы в дороге. Поэтому данный класс ЭВМ еще называют переносимыми ЭВМ. В англоязычных источниках также часто используется термин **laptop** – наколенный компьютер. Портативные ЭВМ, хотя и являются персональными компьютерами, тем не менее, выделены в отдельный класс. Связано это с существенными отличиями в архитектуре между ПК и портативными ЭВМ.

Портативные ЭВМ можно разделить на три больших под-класса: 1) ноутбуки; 2) нетбуки; 3) карманные ПК (КПК).

Тип центрального процессора оказывает огромное влияние на габариты и производительность портативного ПК, поэтому нередко используется для классификации **ноутбуков**. Широкое внедрение ноутбуков во все сферы деятельности человека вызвало потребность их дальнейшей миниатюризации. Недавно появился новый класс компактных устройств – **нетбук** (netbook – мобильный компьютер для работы в сети), его основное назначение – обеспечить работу в Интернете (рисунок 1.4).

Миниатюризация также привела к появлению карманных ПК, т.е. планшетных компьютеров (tablets). Особенно востребованными они оказались в сфере развлечений (поездки, полеты, отдых и др.). Планшетные компьютеры классифицируют по разным признакам: а) типу операционной системы; б) типу дисплея; в) функциональным возможностям и т.п.

Архитектура планшетных компьютеров значительно отличается от архитектуры остальных классов ЭВМ. Основу процессоров КПК составляет архитектура ARM (Advanced RISC Machines), разработанная в 1983–1985 гг. в компании Acorn Computers. В 1990 г. Acorn, сотрудничавшая над развитием ARM с Apple, преобразовала подразделение, занимавшееся ARM, в отдельную фирму – Advanced RISC Machines. Фирма позиционирует ARM в качестве «встраиваемого» вычислительного ядра, способного интегрироваться в специализированные процессоры. С этих пор архитектура ARM неуклонно развивается, являясь базой почти всех КПК, включая продукты главного производителя микропроцессоров – компании Intel.

Практически стираются различия между планшетными компьютерами и смартфонами, которые могут использовать одинаковые операционные системы, например Android (рисунок 1.5).

Встраиваемые системы (embedded system). В дополнение к настольным, серверным и мобильным устройствам быстрыми темпами развивается сектор встраиваемых систем. Встраиваемые системы – это специализированные решения, в которых компьютеры обычно встроены в устройства, которыми они управляют. Такие системы широко применяются при



Рисунок 1.4 – Нетбук
Intel Classmate PC

создании автономных контроллеров, бортовых и мобильных компьютеризированных комплексов управления, диагностики, связи, навигации и т.п.



Рисунок 1.5 – Смартфоны и планшеты, использующие ОС Android. По часовой стрелке, начиная сверху слева: ASUS Transformer Prime, Samsung Galaxy SIII, Samsung Nexus S, Google Nexus 7

Обычно они представлены компактными компьютерными решениями, построенными на базе небольших печатных плат. В состав этих плат интегрированы процессоры, а также поддерживающие их элементы окружения, основными из которых являются чипсеты. Кроме того, в состав плат входят микросхемы памяти и многочисленные чипы контроллеров, обеспечивающих связь с разнообразными специализированными устройствами [7].

Производительность ЭВМ. Производительность (быстродействие, performance) является одной из важнейших характеристик системы. На оценку производительности одной ЭВМ влияют следующие факторы [3]:

- ◆ тип задач;
- ◆ число тех или иных операций, выполняемых при решении задачи;
- ◆ стиль программирования и другие особенности программы;

- ◆ логические возможности системы команд;
- ◆ структура процессора;
- ◆ характеристики и организация оперативной и внешней памяти;
- ◆ особенности системы ввода-вывода и др.

Единицы измерения производительности ЭВМ. Одной из единиц измерения производительности процессора (по отношению к времени выполнения) является MIPS (Million Instructions Per Second – миллион команд в секунду). Однако величина MIPS является весьма относительной и не всегда объективной.

Для научно-технических расчетов, активно использующих арифметику с плавающей точкой, для оценки производительности ЭВМ и ВС была введена единица измерения MFLOPS (Million Floating point Operations Per Second – миллион операций с плавающей точкой в секунду); читается «мегафлопс». Кроме того, используют единицы GFLOPS (гигафлопс, 1000 MFLOPS), TFLOPS (терафлопс, 1000 GFLOPS) и PFLOPS (петафлопс, 1000 TFLOPS).

Сбалансированная компьютерная система [10, с. 27]. Для эффективного использования задействованных в системе ресурсов характеристики функциональных устройств должны быть сбалансированы. На основе мониторинга современных компьютеров определено следующее усредненное правило согласования характеристик основных ресурсов: «Сбалансированная компьютерная система требует:

- ◆ 1 Мбайт основной памяти,
- ◆ 1 Мбит/с пропускной способности шины,
- ◆ 1 MIPS производительности процессора».

1.3 Структура и принцип действия ЭВМ

Чтобы понять принцип действия компьютера, остановимся подробнее на наиболее распространенной и простой структуре персонального компьютера, или ПЭВМ. Основное отли-

чие персонального компьютера от больших машин, или так называемых мейнфреймов, состоит в том, что он позволяет одновременно работать с его ресурсами только одному пользователю. Казалось бы, что такой компьютер должен работать исключительно в однопрограммном режиме, т. е. выполнять одну текущую программу, но это не так. Он может выполнять одновременно несколько программ: обработки, вывода результатов, загрузки, поиска информации в сети и т.д. Кроме того, многие персональные машины применяются в качестве серверов в сети и их ресурсами (т.е. аппаратными и программными средствами) могут оперировать несколько пользователей одновременно [1].

Структура самого компьютера за все время существования машин изменилась незначительно. Она по-прежнему строится на основе модели фон Неймана, во всяком случае ее основная память состоит из отдельных ячеек с последовательными номерами (или адресами), в которых могут храниться коды как отдельных команд (программа), так и данных. Однако технологический прогресс привел к объединению нескольких узлов и устройств в одной микросхеме [2].

Упрощенная структура компьютера (рисунок 1.6) содержит следующие основные узлы: арифметико-логическое устройство (АЛУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), управляющее устройство (УУ), устройство ввода данных в машину (УВв) и устройство вывода результатов проведенных расчетов (УВыв). Именно такую пятиблочную структуру имели вычислительные машины первого поколения. Помимо перечисленных узлов любой компьютер имеет пульт ручного управления, предназначенный для включения машины и слежения за правильностью ее работы.

Теперь принято называть АЛУ с соответствующими схемами управления **процессором**, схемы для управления и подключения периферийных устройств – **контроллерами** и **адаптерами**, а передача информации между блоками компьютера осуществляется по **шинам интерфейса**. Арифметико-логическое устройство предназначено для выполнения арифмети-

ческих и логических операций над машинными словами, т.е. кодами, находящимися в памяти и поступающими в АЛУ для обработки. Кроме того, оно выполняет различные операции по управлению вычислениями.

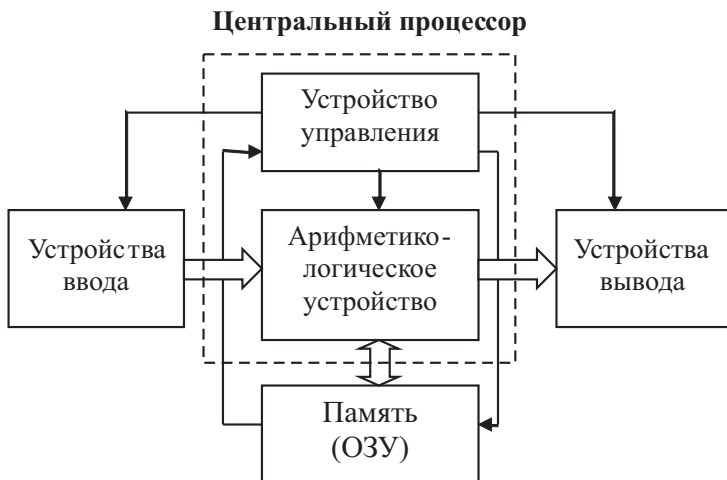


Рисунок 1.6 – Обобщенная (упрощенная) структура ЭВМ фон Неймана

Оперативное запоминающее устройство, или оперативная память, хранит коды машинных слов (команд и данных) в своих ячейках. Эти ячейки нумеруются, а номер ячейки называется **адресом**. В памяти компьютера, как правило, находятся только команды и данные. Машина использует хранимую в ОЗУ информацию для организации вычислительного процесса. Информация попадает в ОЗУ из устройства ввода или из внешнего запоминающего устройства (ВЗУ). Внешняя память позволяет хранить большие объемы информации, но обладает меньшим быстродействием по сравнению с ОЗУ. В течение всего процесса обработки информация поступает в АЛУ только из ОЗУ, а результаты выполнения программы выдаются на устройство вывода после окончания обработки. Точно так же информация из ВЗУ, прежде чем принять участие в обработке, должна быть предварительно переписана в ОЗУ.

Устройство управления служит для автоматического управления вычислительным процессом; оно формирует сигналы управления на все устройства компьютера, преобразуя команды программы в управляющие сигналы. Если узел управления совмещен с АЛУ, то такое объединенное устройство называют **центральным процессором (ЦП)**. Он связан с основной памятью (ОП), состоящей из ОЗУ и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), или постоянной памяти, предназначенной для хранения программ ввода-вывода, и с различными устройствами ввода и вывода (или периферийными устройствами) посредством шины (рисунок 1.7), называемой часто общей шиной (ОШ).

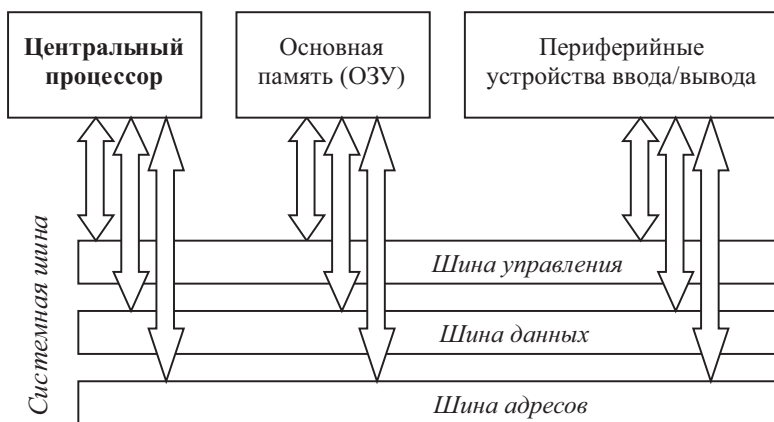


Рисунок 1.7 – Открытая архитектура компьютера с общей системной шиной

Такая общая шина состоит из нескольких «подшин»: адреса, данных, управления. Мы будем их называть просто шинами. В персональных машинах для экономии места на системной плате (т.е. плате, на которой расположены процессор, память и разъемы для подключения периферийных устройств) шины адреса и данных иногда выполняют в виде одной разделяемой во времени шины; тогда адрес и данные по ней передаются только поочередно.

Помимо ЦП и ОП компьютер содержит множество периферийных (внешних) устройств, предназначенных для связи с внешним миром (человеком, объектами управления и т.п.). Эти устройства подключаются к ОШ с помощью контроллеров, адаптеров, шинных мостов и т. п. (см. разд. 3).

1.4 Состав и структура системной платы компьютера

Системная, или материнская, плата (motherboard, MB; также mainboard) настольного персонального компьютера – это сложная сборочная единица на базе многослойной печатной платы, являющейся основой построения вычислительной системы.

На системной плате расположены следующие основные компоненты настольного персонального компьютера (рисунок 1.8):

- ◆ центральный процессор (central processing unit – CPU);
- ◆ микросхемы чипсета (chipset – набор микросхем);
- ◆ микросхема загрузочного постоянного запоминающего устройства, содержащая BIOS (basic input/output system – базовая система ввода-вывода);
- ◆ контроллеры шин и интерфейсов ввода-вывода и периферийных устройств;
- ◆ оперативное запоминающее устройство (random access memory – RAM) в виде модулей памяти, установленных в специальные разъемы;
- ◆ слоты для подключения плат расширения;
- ◆ разъемы для подключения периферийных устройств – клавиатуры, мыши, монитора, принтера и т.п.

Дополнительная система охлаждения и периферийные устройства монтируются внутри шасси, в совокупности образуя системный блок компьютера. Некоторые из конструкций системных плат показаны на рисунках 1.8, 1.9.

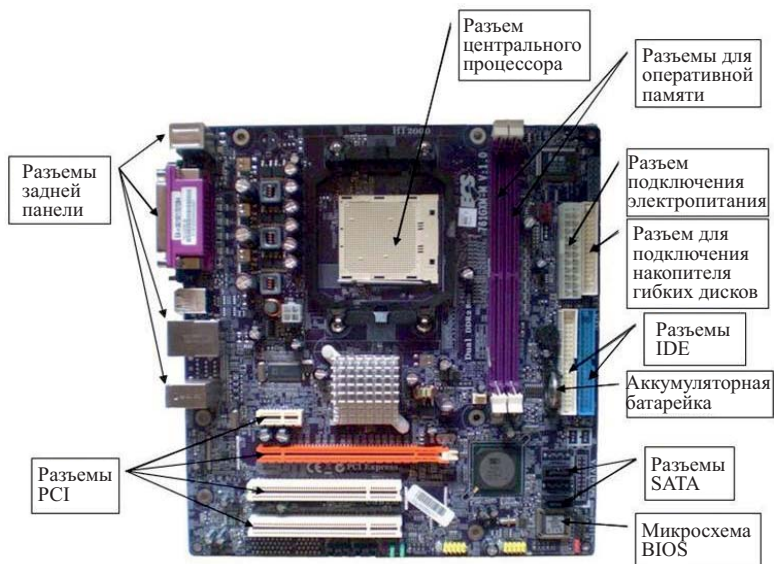


Рисунок 1.8 – Системная плата настольного ПК с обозначением основных компонентов



Рисунок 1.9 – Общий вид системной платы настольного компьютера

Форм-фактор системной платы. Форм-фактор (form factor) – это стандарт, задающий габаритные размеры техни-

ческого изделия, а также описывающий дополнительные совокупности его технических параметров, например форму, типы дополнительных элементов, размещаемых в/на устройстве, их положение и ориентацию (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Основные форм-факторы системных плат настольных ПК

Форм-фактор системной платы	Физические размеры (ширина × длина)		Спецификация, год	Примечание
	дюймы	мм		
XT	8,5×11	216 × 279	IBM, 1983	Оригинальная архитектура IBM PC/XT
AT	12×11–13	305 × 279 – 330	IBM, 1984	Архитектура IBM PC/AT –Desktop/ Tower
ATX	12 × 9,6	305 × 244	Intel, 1995	Основная архитектура полноразмерных плат для системных блоков типов MiniTower, FullTower
MicroATX	9,6 × 9,6	244 × 244	Intel, 1997	Сокращенный формат ATX. Имеет меньше слотов. Возможно использование блока питания меньшего размера
Mini-ATX	11,2 × 8,2	284 × 208	AOpen, 2005	Разработаны по технологии MoDT (Mobile on Desktop Technology), оптимизированной для мобильных процессоров

Данный стандарт носит рекомендательный характер. Спецификация форм-фактора определяет обязательные и дополнительные компоненты. Однако подавляющее большинство производителей предпочитает соблюдать спецификацию, поскольку ценой соответствия существующим стандартам является совместимость материнской платы и стандартизированного оборудования (периферии, карт расширения) других производителей в будущем. Форм-фактор для компьютеров может определяться как для корпуса, так и для устанавливаемой в него системной (материнской) платы.

Основным компонентом персонального компьютера и соответственно системной платы является центральный процессор. Приведем определения процессора и центрального процессора согласно стандарту [5].

Процессор – функциональная часть вычислительной машины или системы обработки информации, предназначенная для интерпретации программ.

Центральный процессор (ЦП, central processing unit – CPU) – это процессор, выполняющий в данной вычислительной машине или системе основные функции по обработке информации и управлению работой других частей вычислительной машины. Другими словами, это главная часть аппаратного обеспечения компьютера, т.е. основной электронный блок или устройство, исполняющее машинные инструкции (код программ). Если центральный процессор реализован в виде одной интегральной микросхемы, то он называется микропроцессором (рис. 1.10).

Эволюция технологических процессов производства микропроцессоров фирмы Intel представлена в таблице 1.2 [7]. Из нее видно, что начиная с 2004 г. минимальный топологический размер в микропроцессоре стал меньше 100 нм, таким образом, с этого момента можно начинать отсчет эпохи наноэлектроники.

Таблица 1.2 – Эволюция технологических процессов фирмы Intel

Наименование процесса	P854	P856	P858	Px60	P1262	P1264	P1256	P1268	P1270
Внедрение, год	1995	1997	1999	2001	2004	2005	2007	2009	2011
Минимальный топологический размер, нм	350	250	180	130	90	65	45	32	22
Диаметр пластины Si, мм	200	200	200	200/300	300	300	300	300	300
Межсоединения	Al	Al	Al	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Диэлектрик затвора	SiO2	SiO2	SiO2	SiO2	SiO2	SiO2	High-k	High-k	High-k
Канал	Si	Si	Si	Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si

Быстродействие различных компонентов компьютера (процессора, ОЗУ и контроллеров периферийных устройств) может существенно различаться.

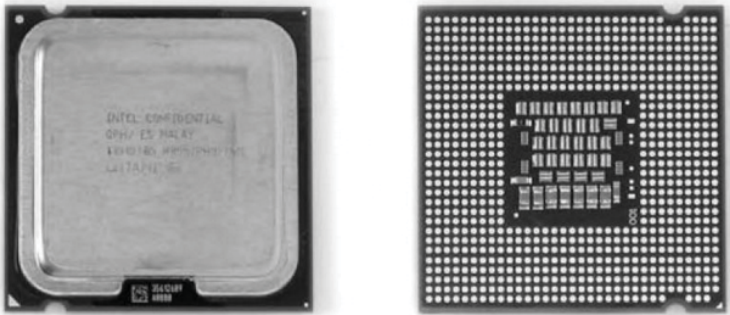


Рисунок 1.10 – Процессор Intel Core 2Extreme X6800

Для согласования быстродействия на системной плате устанавливаются специальные микросхемы (чипсеты), включающие:

- а) контроллер оперативной памяти (ОЗУ, т.е. RAM), так называемый северный мост;
- б) контроллер периферийных устройств (ПУ), так называемый южный мост.

Периферийными устройствами можно считать внешние по отношению к системному блоку компьютера устройства.

Логическое устройство системной платы показано на рисунке 1.11. Опишем наиболее важные после центрального процессора компоненты материнской платы – северный и южный мосты.

Северный мост. Северный мост (Northbridge) – это системный контроллер, один из элементов чипсета материнской платы, отвечающий за работу с оперативной памятью (RAM), видеоадаптером и процессором (CPU). Северный мост определяет частоту системной шины, тип оперативной памяти и ее максимально возможный объем. Одной из основных функций северного моста является обеспечение взаимодействия систем-

ной платы и процессора, а также определение скорости работы. Частью северного моста во многих современных материнских платах является встроенный видеоадаптер. Таким образом, функциональная особенность северного моста состоит еще и в управлении шиной видеоадаптера и ее быстродействием. Также северный мост обеспечивает связь всех вышеперечисленных устройств с южным мостом.

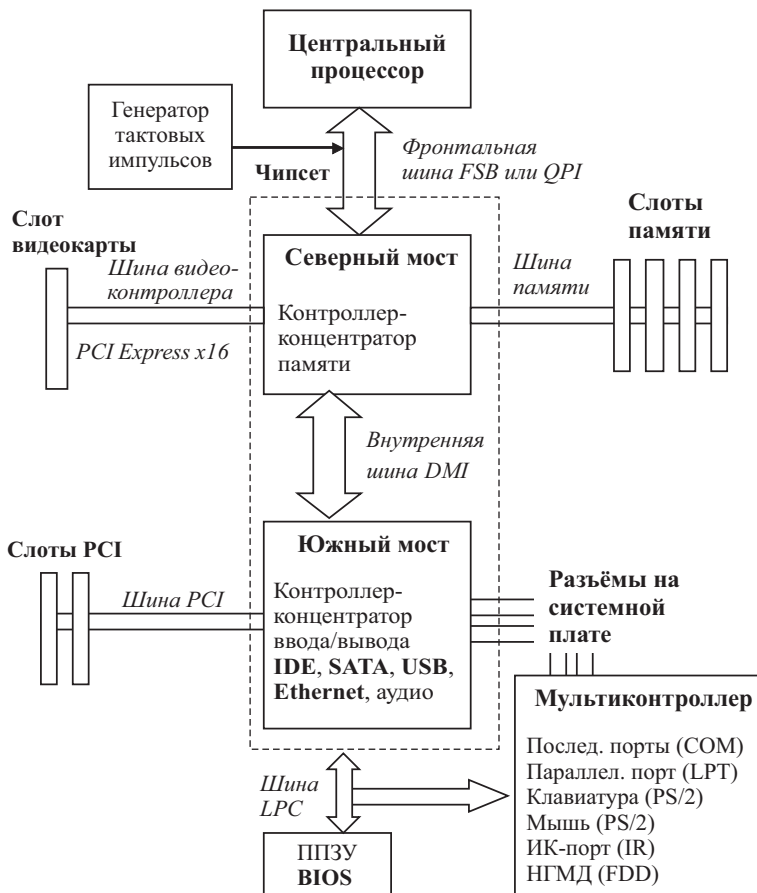


Рисунок 1.11 – Логическая структура системной платы настольного персонального компьютера

Северный мост получил свое название благодаря «географическому» расположению на материнской плате. Внешне это квадратной формы микрочип, установленный под процессором, но в верхней части системной платы. Как правило, северный мост использует дополнительное охлаждение. Обычно это пассивный радиатор, реже – радиатор с активным охлаждением. Связано это с тем, что температура северного моста примерно на 30 °С выше температуры южного.

Завышенная температура вполне обоснована. Во-первых, северный мост находится в непосредственной близости от центрального процессора, во-вторых, он расположен выше видеокарты, жестких дисков и южного моста. Это означает, что часть тепла от перечисленных устройств доходит до северного моста. В-третьих, самое главное, северный мост отвечает за обработку команд наиболее сильных компонентов системы, среди которых процессор, память и графика. Поэтому повышенная температура является нормой для северного моста любой материнской платы.

Южный мост. Южный мост (Southbridge) – это функциональный контроллер, известный как контроллер ввода-вывода или ICH (In/Out Controller Hub). Он отвечает за так называемые «медленные» операции – обработку взаимодействия между интерфейсами IDE, SATA, USB, LAN, Embedded Audio и северным мостом системы, который в свою очередь напрямую связан с процессором и другими важными компонентами, такими как оперативная память или видеоподсистема. Также южный мост отвечает за обработку данных на шинах PCI, PCIe и ISA (в старых моделях).

Список обслуживаемых систем материнской платы южным мостом довольно велик. Помимо вышеприведенных IDE, SATA, USB, LAN и прочего, южный мост отвечает еще и за SM-шину (используется для управления вентиляторами на плате), DMA-контроллер, IRQ-контроллер, системные часы, BIOS, системы энергообеспечения APM и ACPI, шину LPC Bridge.

Выход из строя южного моста, как правило, приводит к отказу всей системной платы, так как он работает напрямую с внешними устройствами. Возможной причиной отказа может быть перегрев от короткого замыкания, например, USB-соединителя. Возможны неисправности питания жесткого диска, так как в большинстве случаев южный мост не оборудован системой дополнительного охлаждения, поэтому он перегревается и сгорает. Реже причиной поломки южного моста является заводской брак. Деформация (излишние изгибы) системной платы также приводит к повышению нагрева южного моста с последующим выходом его из строя.

В персональном компьютере (а в последнее время и в компьютерах других типов) основная память состоит из двух частей – постоянной и оперативной. В очень небольшой по современным понятиям (несколько мегабайт) постоянной памяти хранится **программа начальной загрузки**, называемая **BIOS** (Basic Input-Output System). Эта информация «зашита» в памяти, т.е. хранится постоянно. Оперативная память в момент включения компьютера не содержит никакой информации. При его включении на все блоки подается сигнал установки в исходное «нулевое» состояние, начинают формироваться тактовые импульсы и компьютер готов к работе.

Один из вариантов структуры системной платы мобильного персонального компьютера показан на рисунке 1.12 [7].

Еще одним из важнейших компонентов любого цифрового компьютера и соответственно системной платы (см. рисунок 1.11) является генератор тактовой частоты (clock generator), по сути это «сердце» компьютера.

Генератор тактовой частоты (или генератор тактовых импульсов – ГТИ) предназначен для генерации электрических импульсов с заданным периодом повторения (обычно прямоугольной формы) с целью синхронизации различных процессов в компьютере. Базовая частота формируется кварцевым резонатором. **Тактовые импульсы** используются как эталонная частота – считая их количество, можно измерять временные интервалы. В микропроцессорной технике один тактовый

импульс, как правило, соответствует одной операции. Однако обработка одной инструкции может производиться за один или несколько тактов работы микропроцессора в зависимости от архитектуры и типа инструкции. Частота тактовых импульсов определяет скорость вычислений.

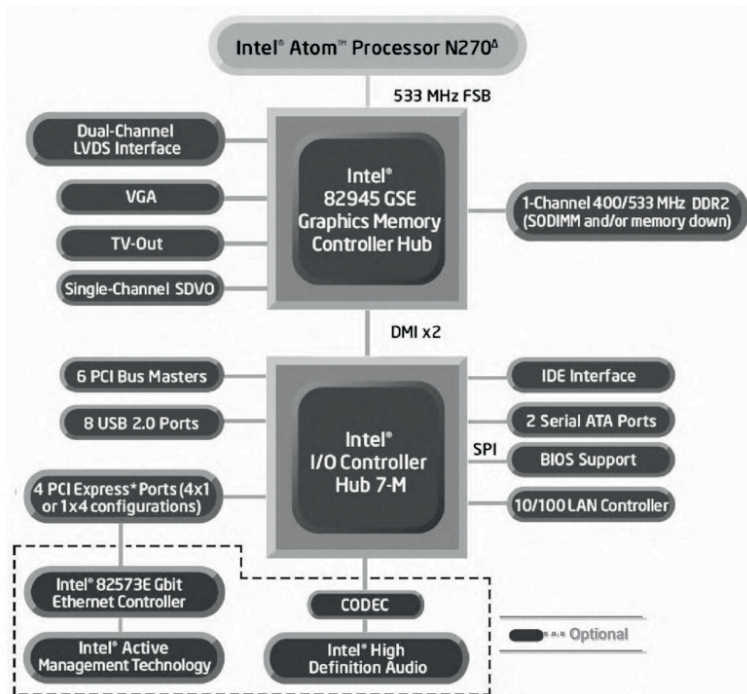


Рисунок 1.12 – Структура мобильного компьютера с чипсетом i945GSE

1.5 Системные шины

Схема системной платы настольного ПК с обозначением системных шин приведена ранее на рисунке 1.11. Теперь охарактеризуем подробнее основные системные шины и связанные с ними компоненты [11].

FSB (Front Side Bus) – это магистральный канал, обеспечивающий соединение процессора и внутренних устройств: памяти, видеокарты, устройств хранения информации и т. п. Наиболее часто можно встретить систему организации внешнего интерфейса процессора, которая предполагает, что параллельная мультиплексированная процессорная шина, носящая название FSB, соединяет процессор (иногда два процессора, четыре или даже больше) и системный контроллер, обеспечивающий доступ к оперативной памяти и внешним устройствам. Этот системный контроллер обычно называется северным мостом. Он, наряду с южным мостом, входит в состав набора системной логики, который, однако, чаще фигурирует под названием «чипсет».

Системный контроллер служит для передачи команд центрального процессора к оперативной памяти и видеоконтроллеру (в случае встроенного видеоконтроллера северный мост, производимый компанией Intel, именуется GMCH – Chipset Graphics and Memory Controller Hub), а также конвертации этих команд в форму, необходимую для обращения к оперативной памяти. Для увеличения потенциальной производительности системы к северному мосту подключаются наиболее производительные периферийные устройства, например видеокарты с шиной PCI Express, а менее производительные устройства (BIOS, устройства PCI, интерфейсы устройств хранения информации, ввода и т. п.) могут подключаться к южному мосту. Северный мост соединен с материнской платой посредством согласующего интерфейса, также контроллер соединяется шиной и с южным мостом.

В настоящее время в процессорах серии Core i-x с разъемом LGA 1156 северный мост встроен в процессор и связывается с ядрами по внутренней шине QPI со скоростью соединения $2,5 \cdot 10^9$ операций в секунду. Из факта поглощения процессором северного моста вытекает неактуальность использования шины FSB и внешней шины QPI в подобных системах.

BSB. Шина BSB (Back Side Bus) служит для соединения центрального процессора с кеш-памятью второго уровня для

процессоров, в которых используется двойная независимая шина DIB (Dual Independent Bus), являющаяся вторичным (внешним) кешем (L2-cache).

QPB. Компанией Intel разработана системная шина QPB (Quad Pumped Bus), передающая четыре 64-разрядных блока данных или два адреса за такт.

Данная шина оказалась значительно сложнее в производстве, чем предыдущие исполнения, что серьезно увеличило количество транзисторов, используемых для реализации вышеуказанного принципа передачи данных как для процессора, так и для самого чипсета.

DMI (Direct Media Interface) – шина, которая разработана компанией Intel для соединения южного и северного мостов материнской платы. Для разъема LGA 1156 со встроенным контроллером памяти (продукты Core i3, Core i5 и некоторые серии Core i7) DMI соединяет процессор и чипсет PCH (Platform Controller Hub) по технологии CtC (Chip-to-Chip).

PCH является, по сути, аналогом южного моста, однако представляет собой совершенно новый P55 Ixex Peak. Фактически, в новом решении сочетается расширенный функционал предыдущих версий южных мостов компании Intel, а также дополнительный контроллер PCI Express для периферии.

Первыми чипсетами, построенными с помощью технологии DMI, были устройства серии Intel i915 на основе сокета LGA 1156, получившие распространение с 2004 года.

Пропускная способность DMI составляет 2 Гбайт/с. Из-за столь невысоких значений инженеры Intel пошли на революционное решение, встроив контроллер памяти, PCI Express и непосредственно интерфейс DMI в сам процессор.

HyperTransport (ранее известная как Lightning Data Transport) – технология последовательной/параллельной связи, разработанная с использованием технологии P2P (point-to-point), которая обеспечивает достаточно высокую скорость передачи с малыми задержками (Low-latency responses) и поддерживает межпроцессорную связь, связь процессоров с сопроцессорами и процессоров с контроллером-концентратором

ввода-вывода (I/O Controller Hub). Имеет оригинальную схему на основе соединений, тоннелей, последовательного объединения нескольких тоннелей в цепь и мостов (для организации маршрутизации пакетов между цепями) для более простого масштабирования всей системы.

HyperTransport оптимизирует внутрисистемные связи заменой шин и мостов на их физическом уровне. Также здесь используется DDR (Double Data Rate), что позволяет производить до $5,2 \cdot 10^9$ посылок в секунду с частотой синхронизации сигнала на уровне 2,6 ГГц.

QPI (Quick Path Interconnect, ранее известная как Common System Interface, или CSI) – шина компании Intel, построенная на интегрированном контроллере памяти и быстрой последовательной шине P2P для доступа к распределенной и разделяемой памяти. QPI предназначена для соединения процессоров с чипсетом, способна заменить шины FSB и HyperTransport.

Необходимость повышения скорости обработки и обмена данными диктует более жесткие требования к пропускной способности шины. С развитием технологии и характеристик процессоров нового поколения использование FSB уже неактуально. Результатом модернизации технологии FSB было создание шины нового поколения – QPI. Общая пропускная способность этой системной шины достигает невероятных (относительно предшественников) значений – 25,6 Гбайт/с.

Первые процессоры, построенные на технологии использования системной шины QPI, поступили на рынок в начале 2008 г. Данная технология является прямым конкурентом продукции консорциума во главе с компанией AMD, выпустившей системную шину HyperTransport.

Новая микроструктура процессорного ряда компании Intel – Nehalem – это продолжение процесса модернизации модельного ряда архитектур Intel x86. В 2010 году QPI стала применяться в процессоре серии Itanium 9300, получив кодовое имя Tukwila, что является большим шагом вперед для систем, построенных на базе Itanium. Вместе с QuickPath в процессор встроен контроллер памяти, интерфейс которой прямо

использует интерфейс QPI для взаимодействия с другими процессорами и I/OCH. Именно в этих продуктах наиболее типичным решением стала системная шина QPI, что делает вероятной возможность использования одного чипсета процессорами Tukwila и Nehalem.

Каждое ядро процессора содержит интегрированный контроллер памяти и скоростное соединение для подключения иных компонентов. Данная структура служит для обеспечения:

- ◆ огромной производительности и удобства работы с памятью;
- ◆ динамически изменяемой полосы эффективного пропускания при связи процессора с иными компонентами системы;
- ◆ значительного увеличения характеристик RAS (Reliability, Availability, Serviceability, что дословно означает «надежность, доступность и обслуживаемость») для достижения наилучшего баланса между ценой, производительностью и энергоэффективностью.

Чипсеты с разъемом LGA 1366 используют шину DMI для связи между северным мостом и южным мостом. Процессоры для сокета LGA 1156 не имеют внешнего интерфейса QuickPath, так как чипсеты для данного сокета взаимодействуют с однопроцессорными конфигурациями, а функционал северного моста напрямую встроен в сам процессор, что вынуждает использовать шину DMI для связи процессора с аналогом южного моста. Однако встроенная шина QPI используется в процессорах сокета LGA 1156 для связи ядер и встроенного контроллера PCI-e внутри самого процессора.

Данные в виде датаграмм (пакетов) в системной шине QPI передаются по паре односторонних каналов, каждый из которых состоит из 20 пар проводов. Общая ширина канала составляет 20 бит, при этом 16 бит служат для передачи исключительно данных (полезной нагрузки). Максимальная пропускная способность одного канала варьируется от $4,8 \cdot 10^9$ до $6,4 \cdot 10^9$ транзакций в секунду, следовательно, общая максимальная пропускная способность одного соединения приближается к значениям от 19,2 до 25,6 Гбайт/с в двух направлениях, что

составляет соответственно от 9,6 до 12,8 Гбайт/с в каждую сторону.

В настоящее время системную шину QPI используют в основном для серверных решений. Связано это с тем, что QPI приобретает максимальную эффективность (и КПД) именно вследствие загруженности пересылкой данных в оба направления, как в случае с многосокетными рабочими станциями или собственно серверами.

Для пользовательских машин применять решения на основе QPI нецелесообразно, так как даже намеренное снижение пропускной способности QPI в 2 раза никоим образом не влияет на получаемые результаты в тестах, даже при условии использования связки из 3 наиболее производительных графических адаптеров.

PCI – шина для соединения материнской платы с периферийными устройствами различного рода. Постепенно заменяется шиной PCI Express.

PCI Express использует последовательную передачу данных, обеспечиваемую высокопроизводительным физическим протоколом на основе программной модели шины PCI. Это связано с тем, что в случае параллельной передачи данных попытка увеличить производительность означает физическое ее расширение, а последовательная передача данных обладает возможностью масштабирования (1x, 2x, 4x, 8x, 16x и 32x), следовательно, более приоритетна в разработке.

Топология PCI Express в общем случае представляет собой «звезду» со взаимодействием между собой устройств через среду, образованную коммутаторами, с прямой связью каждого устройства соединением P2P.

Отличительными особенностями PCI Express являются:

- ◆ возможность горячей замены карт;
- ◆ последовательность;
- ◆ спецификация;
- ◆ возможность создания виртуальных каналов, гарантирование полосы пропускания и времени отклика, а также сбор статистики QoS (Quality of Service);

- ◆ возможность влиять на энергопотребление оборудования ASMP (Active State Power Management) – перевод устройства в режим уменьшенного энергопотребления в случае его простоя в течение конкретного (задаваемого программно) интервала времени;

- ◆ контроль целостности информации и структуры данных, предназначенных для передачи, – алгоритм Data Link прикрепляет к пакету данных (в передаче) контрольную сумму последовательности и ее номер, что позволяет обнаруживать все одиночные и двойные ошибки, а также ошибки в нечетном числе битов – CRC (Cyclic Redundancy Check).

В отличие от шины PCI, где осуществляются подключения к общей 32-разрядной параллельной двунаправленной шине, PCI Express использует двунаправленное последовательное соединение P2P, а соединение между двумя устройствами состоит из 2, 4, 8, 16, 32 двунаправленных линий.

1.6 Архитектура ЭВМ

Термин «архитектура ЭВМ» имеет несколько определений и часто употребляется как в узком, так и в широком смысле этого слова. В узком смысле под архитектурой понимается лишь **набор машинных команд для данного процессора**.

Применительно к вычислительным системам термин «архитектура» можно трактовать как распределение функций, реализуемых системой, между ее уровнями, точнее – как определение границ между этими уровнями.

Согласно ГОСТ 15971-90 **архитектура вычислительной машины** – это концептуальная структура вычислительной машины, определяющая проведение обработки информации и включающая методы преобразования информации в данные и принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения.

Итак, **архитектура ЭВМ** – это абстрактное представление ЭВМ, которое отражает ее структурную, схемотехническую и

логическую организацию. Понятие архитектуры ЭВМ является комплексным, в него входят следующие составляющие [10]:

- 1) структурная схема ЭВМ;
- 2) средства и способы доступа к элементам структурной схемы ЭВМ;
- 3) организация и разрядность интерфейсов в ЭВМ;
- 4) набор и доступность регистров;
- 5) организация и способы адресации памяти;
- 6) способы представления и форматы данных ЭВМ;
- 7) набор машинных команд;
- 8) форматы машинных команд;
- 9) правила обработки нештатных ситуаций (прерываний).

Таким образом, описание архитектуры включает в себя практически всю необходимую для специалиста информацию о компьютере. Понятие архитектуры является иерархическим. Поэтому допустимо вести речь как об архитектуре компьютера в целом, так и об архитектуре отдельных его компонентов, например архитектуре процессора или архитектуре подсистемы ввода-вывода.

К настоящему времени среди ЭВМ последовательного типа наибольшее распространение получили два типа архитектур, различающихся организацией памяти.

1. Гарвардская архитектура разработана соответственно в Гарвардском университете и характеризуется отдельной памятью для команд и отдельной – для данных.

2. Принстонская архитектура разработана в Принстонском университете и предполагает единую память для хранения команд и данных. Другое название – архитектура фон Неймана.

Гарвардская архитектура – это архитектура ЭВМ, в которой:

- 1) хранилище инструкций и хранилище данных представляют собой разные физические устройства;
- 2) канал инструкций и канал данных также физически разделены.

Она была разработана Говардом Эйкеном в конце 1930-х годов в Гарвардском университете. Достоинство этой архитек-

туры – высокое быстродействие, а главный недостаток – схемно-конструктивная сложность, т.е. необходимость реализации множества связей. Первым компьютером, в котором использовалась идея гарвардской архитектуры, был Марк I.

Гарвардская архитектура применяется в программируемых логиче-ских контроллерах и микроконтроллерах, таких как Microchip PIC, Atmel AVR, Intel 4004, Intel 8051, а также в кеш-памяти первого уровня x86-микропроцессоров, делящейся на два равных либо различных по объему блока для данных и команд.

Принстонская архитектура (фон Неймана). Под ЭВМ последовательного типа будем понимать вычислительную машину, построенную в соответствии с принципами, выдвинутыми в 1945 г. американским ученым Джоном фон Нейманом. Его принципы до сих пор определяют так называемую традиционную, или фон-неймановскую, архитектуру ЭВМ.

Фон-неймановская последовательная ЭВМ содержит (см. рисунок 1.6):

1) центральный процессор (ЦП – CPU), включающий арифметико-логическое устройство (АЛУ) и устройство управления (УУ);

2) оперативную память (ОП – RAM);

3) каналы (порты) ввода-вывода, к которым подключаются разнообразные устройства ввода-вывода (УВВ), в том числе внешние запоминающие устройства или внешняя память (ВЗУ или ВП);

4) ЦП, кроме АЛУ и УУ, который может иметь собственную внутреннюю память (блок управляющих регистров, блок регистровой памяти и др.).

Рассмотрим принципы фон Неймана, в соответствии с которыми происходит функционирование классической последовательной ЭВМ.

Принцип двоичного кодирования. Согласно этому принципу компьютеры должны работать в двоичной системе счисления. Это означает, что любая информация внутри ЭВМ записывается и хранится в двоичной форме. Минимальной

единицей информации в двоичной системе счисления является двоичный разряд или бит, принимающий значения 0 или 1. Биты обычно объединяются в группы по 8 разрядов, называемые байтами. Любая информация, поступающая в ЭВМ, кодируется с помощью двоичных сигналов и переводится в битовое или байтовое представление.

Принцип адресности. Структурно оперативная память состоит из пронумерованных ячеек, номер ячейки называется адресом памяти. Центральному процессору в произвольный момент времени по адресу доступна любая ячейка. Отсюда следует возможность давать имена областям памяти так, чтобы к запомненным в них значениям можно было впоследствии обращаться или менять их в процессе выполнения программы с использованием присвоенных имен.

Принцип однородности памяти. В оперативной памяти ЭВМ хранятся и программы, и данные. При этом принципиального различия между программой и данными нет. Центральный процессор может считывать и записывать любую ячейку памяти независимо от того, хранится в ней часть программы или данные. Более того, наличие программы в ОП является необходимым условием ее выполнения. Помещение программы в ОП осуществляется центральным процессором путем считывания ее кода из ВЗУ и записи в ОП. Из принципа однородности памяти следует возможность модификации кода программы во время ее выполнения.

Принцип программного управления. Из него следует, что программа состоит из упорядоченного набора команд, которые выполняются ЦП автоматически друг за другом в определенной последовательности. Сама исполняемая программа хранится в ОП, причем выборка из ОП очередной команды для исполнения осуществляется ЦП согласно значению программного счетчика. После выборки из очередной команды значение программного счетчика автоматически увеличивается на длину выбранной команды.

1.7 Архитектура центрального процессора

Как уже отмечалось выше, понятие «архитектура» применимо не только к компьютеру в целом, но и к отдельным его компонентам, прежде всего к процессору. Рассмотрим основные архитектуры процессоров, различающихся набором команд.

CISC (Complex Instruction Set Computing, или Complex Instruction Set Computer – компьютер с полным набором команд) – концепция проектирования процессоров, которая характеризуется следующим набором свойств:

- ◆ нефиксированное значение длины команды;
- ◆ арифметические действия кодируются в одной команде;
- ◆ небольшое число регистров, каждый из которых выполняет строго определенную функцию.

Типичными представителями CISC-процессоров являются процессоры на основе команд Intel x86 (исключая современные Intel Pentium 4, Pentium D, Core, AMD Athlon, Phenom, которые относятся к гибридным) и процессоры Motorola MC680x0.

Наиболее распространенная архитектура современных настольных, серверных и мобильных процессоров построена по архитектуре Intel x86 (или x86-64 в случае 64-разрядных процессоров). Формально все x86-процессоры были CISC-процессорами.

Однако новые процессоры, начиная с Intel Pentium Pro, являются CISC-процессорами с RISC-ядром. Они непосредственно перед исполнением преобразуют CISC-инструкции процессоров x86 в более простой набор внутренних инструкций RISC. В микропроцессор встраивается аппаратный транслятор, превращающий команды x86 в команды внутреннего RISC-процессора. При этом одна команда x86 может порождать несколько RISC-команд (в случае процессоров типа P6 – до четырех RISC-команд в большинстве случаев). Исполнение команд происходит на суперскалярном конвейере одновременно по несколько штук.

Это потребовалось для увеличения скорости обработки CISC-команд, так как известно, что любой CISC-процессор

уступает RISC-процессорам по количеству выполняемых операций в секунду. В итоге такой подход позволил поднять производительность CPU.

RISC (Restricted (Reduced) Instruction Set Computer – компьютер с сокращенным набором команд) – архитектура процессора, в котором быстродействие увеличивается за счет упрощения инструкций, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения – меньшим. Первые RISC-процессоры не имели даже инструкций умножения и деления.

Это также облегчает повышение тактовой частоты и делает более эффективной суперскалярность (распараллеливание инструкций между несколькими исполнительными блоками).

Наборы инструкций в более ранних архитектурах для облегчения ручного написания программ на языках ассемблеров или прямо в машинных кодах, а также для упрощения реализации компиляторов выполняли как можно больше работы. Нередко в наборы включались инструкции для прямой поддержки конструкций языков высокого уровня.

Другая особенность этих наборов – большинство инструкций, как правило, допускали все возможные методы адресации (ортогональность системы команд). Например, и операнды, и результат в арифметических операциях доступны не только в регистрах, но и через непосредственную адресацию и прямо в памяти. Позднее такие архитектуры были названы CISC.

Первое время RISC-архитектуры с трудом принимались рынком из-за отсутствия программного обеспечения для них. Эта проблема была решена переносом UNIX-подобных операционных систем (SunOS) на RISC-архитектуры. В настоящее время многие архитектуры процессоров являются RISC-подобными, например ARM, DEC Alpha, SPARC, AVR, MIPS, POWER и Power PC.

После того как процессоры архитектуры x86 были переведены на суперскалярную RISC-архитектуру, можно сказать, что большинство существующих ныне процессоров основано на архитектуре RISC.

Сравнение различных процессоров с архитектурами CISC и RISC дается в таблице 1.3 [12].

Таблица 1.3 – Сравнение процессоров с различными архитектурами

Характеристика	CISC		RISC
	VAX11/780	Intel 486	MIPS R4000
Количество инструкций	303	235	94
Методы адресации	22	11	1
Размер инструкций (байт)	2–57	1–12	4
Число регистров общего назначения (РОН)	16	8	32

Кроме упомянутых, еще находит применение SPARC-архитектура. **SPARC** (Scalable Processor ARChitecture – масштабируемая архитектура процессора) – это вариант архитектуры RISC-микропроцессоров, первоначально разработанный в 1985 г. компанией Sun Microsystems.

Архитектуры процессоров для планшетных компьютеров. В мобильных устройствах и планшетах в основном применяются две архитектуры процессоров – Intel x86 и ARM.

Архитектура x86 (Intel 80×86) – архитектура процессора с одноименным набором команд, впервые реализованная в процессорах компании Intel. Процессоры этой архитектуры широко применяются в настольных компьютерах и ноутбуках. Чтобы можно было использовать на планшетах программное обеспечение, предназначенное для настольных компьютеров, применяются процессоры с этой архитектурой. Процессоры, применяемые в планшетах: Intel® Atom™; NVIDIA Tegra 3; Intel Core i5-3427U.

Главное преимущество процессоров на архитектуре Intel x86 – совместимость с привычными компьютерными программами, а недостаток – довольно большое энергопотребление, по оценкам различных источников как минимум в 5 раз больше, чем в процессорах на архитектуре ARM.

Вследствие высокого энергопотребления процессоры архитектуры x86 устанавливаются, как правило, в планшеты с док-станцией, что позволяет сделать из планшета полноценный компьютер. Увеличение продолжительности работы планшета достигается путем установки в док-станцию дополнительного аккумулятора, что обеспечивает практически одинаковое время автономной работы планшета с x86 в сравнении с планшетом архитектуры ARM.

Архитектура ARM (Advanced RISC Machine) – усовершенствованная RISC-машина. В архитектуре ARM выпускаются процессоры с поддержкой 32-битных и 64-битных микропроцессорных ядер компании ARM Limited. Компания занимается только разработкой ядер и инструментов для них (компиляторов, средств отладки и т.п.).

Непосредственным производством процессоров компания не занимается, производство процессоров осуществляют другие компании по лицензии. Процессоры архитектуры ARM имеют низкое энергопотребление, широко применяются в мобильных устройствах, так как не требуют дополнительного охлаждения. Следует отметить, что процессоры архитектуры ARM используются не только в смартфонах и планшетах, но и в медиаплеерах, телевизорах, а также в автомобильных компьютерах.

Компания Apple разрабатывает свои процессоры тоже по архитектуре ARM, но они носят собственное название – «А». Процессоры производят также Samsung и другие компании. Процессоры «А» устанавливаются в различные продукты, но только если они изготовлены фирмой Apple.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое вычислительная машина?
2. Что такое электронно-вычислительная машина?
3. Что такое система обработки данных?
4. В каком году и где была создана первая ЭВМ?

5. Что такое рабочая станция?
6. Какие типы портативных ЭВМ существуют?
7. Что такое встраиваемая система?
8. Из каких двух основных компонентов состоит центральный процессор?
9. Какие основные компоненты расположены на системной плате персонального компьютера?
10. Каково назначение системной шины FSB?
11. Можно ли применять понятие архитектуры к процессорам? Если да, то назовите основные типы архитектур центрального процессора.
12. Охарактеризуйте архитектуру процессора SPARC. Каковы ее основные особенности?
13. Какие основные типы архитектур применяются для построения процессоров планшетных компьютеров?

2 Запоминающие устройства

2.1 Требования к памяти компьютера

Память наряду с процессором в значительной мере определяет основные возможности компьютера – его производительность и сложность решаемых задач, характеризуемую объемом программ и данных.

Основными **системными требованиями**, предъявляемыми к памяти, являются большая информационная емкость, малое время доступа к данным, низкая стоимость, энергонезависимость.

Эти требования противоречивы, вследствие чего в настоящее время не существует единого физического устройства памяти, полностью удовлетворяющего перечисленным системным требованиям, поэтому память компьютера реализуется не в виде отдельного устройства, а в виде **иерархической многоуровневой** системы, представляющей собой совокупность взаимодействующих устройств памяти.

2.2 Иерархия памяти компьютера

Иерархия памяти – термин, используемый в вычислительной технике при проектировании и программировании ЭВМ. Он означает, что различные виды памяти образуют иерархию, на разных уровнях которой расположены устройства памяти с отличающимся временем доступа, сложностью, емкостью, стоимостью (рисунок 2.1).

Необходимость построения иерархии памяти вызвана тем, что большинство алгоритмов обращаются в каждый промежуток времени к небольшому набору данных, который может быть помещен в более быструю, но дорогую и поэтому небольшую память. Использование более быстрой памяти увеличивает производительность вычислительной системы. Под

памятью в данном случае понимается устройство хранения данных (запоминающее устройство). Итак, в пирамиде иерархии чем выше уровень памяти, тем выше ее быстродействие, но меньше емкость.



Рисунок 2.1. Пирамида иерархии компьютерной памяти (Рег. – регистры процессора)

Далее представим определения и рассмотрим различные виды памяти.

Регистры процессора – это небольшой блок высокоскоростной памяти в составе центрального процессора. Перед обработкой любые данные обязательно помещаются в регистры. Например, если два числа умножаются, то они должны находиться в регистрах и результат отправляется тоже в регистр. Кроме того, регистр может содержать не само число, а адрес ячейки памяти, где оно хранится. Количество регистров, доступных центральному процессору, и размер каждого из них (количество разрядов) позволяют определить скорость и производительность процессора. Например, в 32-разрядном процессоре каждая команда обрабатывает двоичные данные длиной в 32 разряда. Как правило, работа с регистрами недоступна для пользователей, и даже для программистов. Только програм-

мы на языке ассемблера могут манипулировать регистрами. В языках высокого уровня компилятор отвечает за перевод операций с высокого уровня в низкоуровневые операции, имеющие доступ к регистрам. Регистры, как правило, имеют иной механизм адресации, чем в основной памяти, но в некоторых случаях могут быть отображены в память.

Основная память (ОП, англ. main storage) – оперативная память центрального процессора или ее часть, представляющая единое пространство памяти [5].

Оперативная память (ОЗУ – оперативное запоминающее устройство) – это память (рисунок 2.2), в которой размещаются данные, подлежащие непосредственной обработке процессором. Она может иметь несколько иерархических уровней. Этот вид памяти называют также памятью с произвольным доступом (Random Access Memory, RAM). В настоящее время наибольшее распространение получили два вида ОЗУ: SRAM (Static RAM) и DRAM (Dynamic RAM).



Рисунок 2.2 – Внешний вид модуля оперативной памяти

SRAM – это ОЗУ, собранное на триггерах, которое называется **статической** памятью с произвольным доступом или просто статической памятью. Достоинство этого вида – высокая скорость. Недостатки – обходится относительно дорого, занимает много места.

DRAM – более экономичный **динамический** вид памяти. Для хранения разряда (бита) используется схема, состоящая из одного конденсатора и одного транзистора. Таким образом, DRAM дешевле и компактнее, но ее быстродействие ниже. В связи с этим обычную память строят на модулях DRAM, а SRAM используется для построения кеш-памяти в микропроцессорах.

Проблемы взаимодействия процессора с основной памятью. Одной из проблем взаимодействия является согласование скоростных характеристик процессора и ОП. При современном уровне развития микроэлектроники процессор имеет значительно более высокое быстродействие по сравнению с быстродействием ОП. При этом с ростом тактовой частоты процессоров все большую долю в задержке обмена данными процессора с ОП составляет задержка в связях по системной шине (вне кристалла процессора).

Основным архитектурным способом согласования скоростных характеристик процессора и ОП является **кеширование ОП**. Под кешированием понимается использование быстродействующей буферной памяти относительно малого размера, выполненной на элементах памяти статического типа (триггерах), которые имеют более высокое быстродействие по сравнению с динамическими элементами ОП.

Кеш-память (cache memory) – сверхоперативное запоминающее устройство (СОЗУ), являющееся буфером между оперативным запоминающим устройством и его клиентами – процессором (одним или несколькими) и другими абонентами системной шины. Кеш-память не является самостоятельным хранилищем; информация в ней неадресуема клиентами подсистемы памяти, присутствие кеша для них «прозрачно». Кеш хранит копии блоков данных тех областей ОЗУ, к которым происходили последние обращения, и весьма вероятное последующее обращение к тем же данным будет обслужено кеш-памятью существенно быстрее, чем оперативной памятью. От эффективности алгоритма кеширования зависит вероятность нахождения затребованных данных в кеш-памяти и, следовательно, выигрыш в производительности памяти и компьютера в целом.

Кеш-память размещается в непосредственной близости от процессорного ядра, при этом ее работа наиболее эффективна, если она встроена внутрь кристалла процессора (кеш 1-го уровня – L1). Ограниченность объема кристалла не позволяет реализовать в процессоре внутренний кеш большой емкости.

Объем внутренней кеш-памяти процессоров редко превышает 32 кбайт. В большинстве современных компьютеров используют 2- или 3-уровневую кеш-память.

Все ранее рассмотренные виды памяти формируют высший первичный уровень. Сведем их технические характеристики в таблицу 2.1. Кроме того, здесь же представим характеристики вторичного и третичного уровней внешней памяти, которые рассмотрим далее.

Таблица 2.1 – Иерархия устройств компьютерной памяти и характеристики ее уровней

Уровень памяти	Устройства памяти	Емкость	Быстродействие	Энергозависимость
Внутренняя первичная	Регистры процессора	0,2 – 0,5 кбайт	1 – 5 нс	да
	СОЗУ, т.е. кеш-память	32 – 512 кбайт	5 – 20 нс	да
Основная первичная	Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ– RAM)	1 – 4 Гбайт	30–100 нс	да
Вторичная, третичная (внешняя, архивная)	Дисковая кеш-память	1 – 8 Мбайт	50–100 мкс	да
	Магнитные диски	100–1000 Гбайт	3–15 мс	нет
	Оптические диски	0,7 – 9 Гбайт	50 мс	нет
	Флеш-память	8 – 64 Гбайт	25–50 мкс 2–25 Мбайт/с	нет
	Твердотельные накопители (SSD)	0,1 – 1 Тбайт	300–500 Мбайт/с	нет
	Магнитные ленты (стимеры)	1 – 200 Тбайт	10 – 60 Тбайт/день	нет

Постоянная память. Постоянная память (ПЗУ – постоянное запоминающее устройство) обычно содержит такую информацию, которая не должна меняться в ходе выполнения процессором различных программ. Постоянная память имеет также название ROM (Read Only Memory), которое указывает на то, что обеспечиваются только режимы считывания и хранения.

Постоянная память энергонезависима, т.е. может сохранять информацию и при отключенном питании. Однако некоторые виды ПЗУ, например микросхема BIOS, являются условно энергонезависимыми, т.е. они имеют внешнее питание от батареи или аккумулятора.

Внешняя память (external storage) – память, данные в которой доступны центральному процессору посредством операции ввода-вывода.

Для хранения программ и данных в персональных компьютерах используют внешнюю память – различного рода накопители (НЖМД, CD/DVD, SSD, флеш-накопители), общая емкость которых, как правило, в сотни раз превосходит емкость оперативной памяти.

Дисководы (drives). В системный блок ПК вмонтированы дисководы (накопители на гибких и жестких магнитных дисках). Они позволяют многократно считывать и записывать магнитные диски для долгого хранения больших объемов информации.

Работа дисководов управляется контроллерами – электронными устройствами, выполненными в виде печатных плат, которые устанавливаются в один из разъемов на системной плате или монтируются непосредственно на дисковом диске.

2.3 Накопитель на жестких магнитных дисках

Накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД, HDD – Hard Disk Drive) – устройство хранения информации, основанное на принципе магнитной записи. Является основ-

ным накопителем данных в большинстве компьютеров и устанавливается в компьютер стационарно. Первый жесткий диск, разработанный фирмой IBM, получил у программистов название «винчестер», со временем это название закрепилось за всеми жесткими дисками (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Накопитель на жестких магнитных дисках

Жесткие диски могут иметь различную емкость – от 100 Мбайт до нескольких терабайт. Быстродействие жестких дисков может существенно различаться. Быстродействие характеризуется средним временем доступа – интервалом времени между подачей компьютером сигнала контроллеру на чтение требуемых данных и началом чтения этой информации с диска (несколько десятков миллисекунд).

Информация в НЖМД (см. рисунок 2.3) записывается на жесткие (алюми-ниевые, керамические или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала, чаще всего двуокиси хрома. В НЖМД используется от одной до

нескольких пластин на одной оси. Считывающие головки в рабочем режиме не касаются поверхности пластин благодаря слою набегающего потока воздуха, образуемому у поверхности при быстром (тысячи оборотов в минуту) вращении. Расстояние между «плавающей» магнитной головкой и диском составляет примерно 0,1 мкм, а отсутствие механического контакта обеспечивает долгий срок службы устройства. При отсутствии вращения дисков головки находятся у шпинделя или за пределами диска в безопасной зоне, где исключен их нештатный контакт с поверхностью дисков. Жесткий диск герметичен, при его изготовлении отфильтровывается пыль, способная повредить магнитный слой.

Рассмотрим основные характеристики НЖМД.

Интерфейс. Серийно выпускаемые жесткие диски могут использовать интерфейсы ATA (он же IDE и PATA), SATA, SCSI, SAS, FireWire, USB, SDIO и Fibre Channel. Интерфейсные разъемы расположены внутри компьютера на системной плате.

Емкость современных устройств достигает 2000 Гбайт (2 Тбайт). В отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную 1024 величину, производителями при обозначении емкости жестких дисков используются величины, кратные 1000. Так, емкость жесткого диска, маркированного как «200 ГБ», составляет 186,2 Гбайт.

Физический размер (форм-фактор). Почти все диски современных накопителей для персональных компьютеров и серверов имеют диаметр либо 3,5, либо 2,5 дюйма. Также получили распространение форматы 1,8, 1,3, 1 и 0,85 дюйма. Прекращено производство накопителей в форм-факторах 8 и 5,25 дюйма.

Время произвольного доступа – время, за которое НЖМД гарантированно выполнит операцию чтения или записи на любом участке магнитного диска. Диапазон этого параметра невелик – от 2,5 до 16 мс.

Скорость вращения шпинделя (spindle speed) – количество оборотов шпинделя в минуту. От этого параметра в значительной степени зависит время доступа и средняя скорость

передачи данных. В настоящее время выпускаются НЖМД со следующими стандартными скоростями вращения: 4200, 5400 и 7200 об/мин (ноутбуки), 5400, 7200 и 10 000 об/мин (персональные компьютеры), 10 000 и 15 000 об/мин (серверы и высокопроизводительные рабочие станции).

Количество операций ввода-вывода в секунду – у современных дисков это около 50 оп./с при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./с при последовательном доступе.

Потребление энергии – важный фактор для мобильных устройств.

Уровень шума – шум, который производит механика накопителя при его работе. Указывается в децибелах. Тихими накопителями считаются устройства с уровнем шума около 26 дБ и ниже. Шум состоит из шума вращения шпинделя (в том числе аэродинамического) и шума позиционирования.

Скорость передачи данных (*англ.* transfer rate) при последовательном доступе: внутренняя зона диска – от 44,2 до 74,5 Мбит/с; внешняя зона диска – от 60,0 до 111,4 Мбит/с.

Объем буфера в современных дисках обычно варьируется от 8 до 64 Мбит.

Конструкция НЖМД состоит из гермозоны и блока электроники.

Гермозона включает в себя корпус из прочного сплава, собственно дисковые пластины с магнитным покрытием, блок головок с устройством позиционирования, электропривод шпинделя. Блок головок – пакет рычагов из пружинистой стали (по паре на каждый диск). Одним концом они закреплены на оси рядом с краем диска. На других концах (над дисками) закреплены головки.

Дисковые пластины, как правило, изготавливаются из металлического сплава. Хотя были попытки делать их из пластика и даже стекла, но такие пластины оказались хрупкими и недолговечными. Обе плоскости пластин покрыты тонким слоем ферромагнетика – окислов железа, марганца и других металлов. Большинство бюджетных устройств содержит 1 или 2 пластины, но существуют модели с большим числом пластин.

Диски закреплены на шпинделе, который во время работы вращается со скоростью несколько тысяч оборотов в минуту. При такой скорости вблизи поверхности пластины создается мощный воздушный поток, который приподнимает головки и заставляет их парить над поверхностью пластины. Форма головок рассчитывается так, чтобы при работе обеспечить оптимальное расстояние от пластины. Пока диски не разогнались до скорости, необходимой для «взлета» головок, парковочное устройство удерживает головки в зоне парковки. Это предотвращает повреждение головок и рабочей поверхности пластин. Для обеспечения малого биения на высоких оборотах в двигателе используются гидродинамические подшипники.

Устройство позиционирования головок состоит из неподвижной пары сильных неодимовых постоянных магнитов, а также катушки на подвижном блоке головок. Внутри гермозоны нет вакуума. Одни производители делают ее герметичной (отсюда и название) и заполняют очищенным и осушенным воздухом или нейтральными газами, в частности азотом; для выравнивания давления устанавливают тонкую металлическую или пластиковую мембрану. (В таком случае внутри корпуса жесткого диска предусматривается маленький карман для пакетика силикагеля, который абсорбирует водяные пары, оставшиеся внутри корпуса после его герметизации.) Другие производители выравнивают давление через небольшое отверстие с фильтром, способным задерживать очень мелкие (несколько микрон) частицы. Выравнивание давления необходимо, чтобы предотвратить деформацию корпуса гермозоны при перепадах атмосферного давления и температуры, а также при прогреве устройства во время работы. Пылинки, оказавшиеся при сборке в гермозоне и попавшие на поверхность диска, при вращении сносятся на еще один фильтр – пылеуловитель.

Блок электроники современных НЖМД содержит управляющий блок, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), буферную память, интерфейсный блок и блок цифровой обработки сигналов. Интерфейсный блок обеспечивает сопряжение электроники жесткого диска с остальной системой.

Блок управления представляет собой систему управления, принимающую электрические сигналы позиционирования головок и вырабатывающую управляющие воздействия приводом типа «звуковая катушка», коммутации информационных потоков с различных головок, управления работой всех остальных узлов (к примеру, управление скоростью вращения шпинделя), приема и обработки сигналов с датчиков устройства (система датчиков может включать в себя одноосный акселерометр, используемый в качестве датчика удара, трехосный акселерометр, используемый в качестве датчика свободного падения, датчик давления, датчик угловых ускорений, датчик температуры).

ПЗУ хранит управляющие программы для блоков управления и цифровой обработки сигнала, а также служебную информацию винчестера.

Буферная память сглаживает разницу скоростей интерфейсной части и накопителя (используется быстродействующая статическая память). Увеличение размера буферной памяти в некоторых случаях позволяет увеличить скорость работы накопителя.

Блок цифровой обработки сигнала осуществляет очистку считанного аналогового сигнала и его декодирование (извлечение цифровой информации). Для цифровой обработки применяются различные методы, например метод PRML (Partial Response Maximum Likelihood – максимальное правдоподобие при неполном отклике). Осуществляется сравнение принятого сигнала с образцами. При этом выбирается образец, наиболее похожий по форме и временным характеристикам на декодируемый сигнал.

На заключительном этапе сборки устройства поверхности пластин форматируются – на них формируются **дорожки** и **секторы**. Конкретный способ определяется производителем и/или стандартом, но, как минимум, на каждую дорожку наносится магнитная метка, обозначающая ее начало. **Цилиндр** – это совокупность дорожек, равноотстоящих от центра, на всех рабочих поверхностях пластин жесткого диска. Номер головки

задает используемую рабочую поверхность (то есть конкретную дорожку из цилиндра), а номер сектора – конкретный сектор на дорожке.

2.4 Накопитель на оптических дисках

Оптический диск (optical disc) – собирательное название для носителей информации, выполненных в виде дисков, чтение с которых ведется с помощью оптического лазерного излучения. Диск обычно плоский, его основа сделана из поликарбоната, на который нанесен специальный слой для хранения информации. Для считывания информации используется луч лазера, который направляется на специальный слой и отражается от него. При отражении луч модулируется мельчайшими выемками (питами, от *англ.* pit – ямка, углубление, рисунок 2.4) на специальном слое, посредством декодирования этих изменений устройством чтения восстанавливается записанная на диск информация.

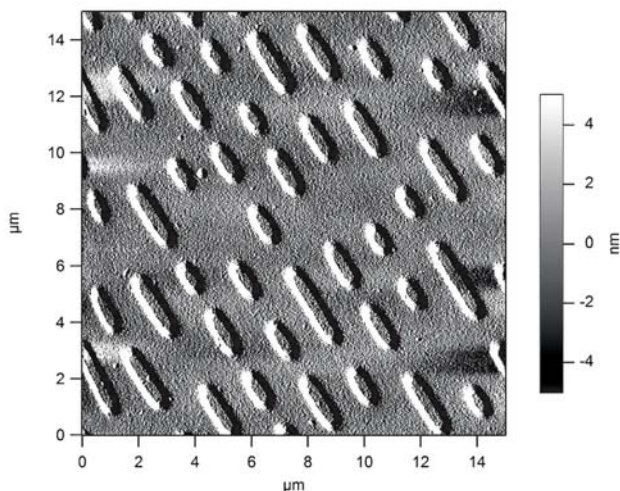


Рисунок 2.4 – Компакт-диск (CD) под электронным микроскопом

Информация на диске записывается в виде одной спиральной дорожки питов (углублений), выдавленных в поликарбонатной основе. Каждый пит имеет глубину примерно 100 нм и ширину 500 нм. Длина пита варьируется от 850 нм до 3,5 мкм. Промежутки между питами называются лендом. Шаг дорожек в спирали составляет 1,6 мкм. Полная длина такой спирали, начинающейся от центра, составляет 4–5 км.

Существует несколько видов оптических дисков: CD, DVD, Blu-Ray (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Дисковод для чтения и записи оптических дисков

CD-ROM (compact disc read-only memory) – разновидность компакт-дисков с записанными на них данными, доступными только для чтения. Изначально диск был разработан для хранения аудиозаписей, но впоследствии его доработали для хранения и других цифровых данных. В дальнейшем на базе CD-ROM разработали диски как с однократной, так и с многократной перезаписью (CD-R и CD-RW).

Диски CD-ROM, а позднее и DVD-ROM – самые популярные носители для распространения программного обеспечения, компьютерных игр, мультимедиа и данных, а также для переноса информации между компьютерами.

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную подложку толщиной 1,2 мм, покрытую тонким слоем металла

(алюминий, золото, серебро и др.) и защитным слоем лака, на который обычно наносится графическое представление содержания диска. Принцип считывания через подложку был принят, поскольку позволяет весьма просто и эффективно осуществить защиту информационной структуры и удалить ее от внешней поверхности диска. Диаметр пучка на внешней поверхности диска составляет порядка 0,7 мм, что повышает помехоустойчивость системы к пыли и царапинам. Кроме того, на внешней поверхности имеется кольцевой выступ высотой 0,2 мм, позволяющий диску, положенному на ровную поверхность, не касаться этой поверхности. В центре диска расположено отверстие диаметром 15 мм. Вес диска составляет примерно 16 г.

Компакт-диски имеют в диаметре 120 мм и изначально вмещали до 650 Мбайт информации. Однако после 2000 г. стали наиболее распространенными диски объемом 700 Мбайт. Также существуют мини-диски диаметром 80 мм и емкостью 140 или 210 Мбайт данных.

Кроме того, диски различают по возможности перезаписи: CD-ROM – только для чтения («алюминиевые»); CD-R – для однократной записи; CD-RW – для многократной записи.

Приводы компакт-дисков используют лазеры невидимого инфракрасного (ИК, IR) излучения с длиной волны 780 нм. Совершенствование CD привело к созданию DVD.

DVD (Digital Versatile Disc) – цифровой многоцелевой диск, носитель информации, внешне схожий с обычным компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объем информации за счет использования лазера видимого красного излучения с меньшей длиной волны – 650 нм. Однослойный DVD-диск может хранить 4,7 Гбайт, двухслойный – 8,5 Гбайт. В совмещенных CD/DVD-дисководы используются два лазера – красного (650 нм) и инфракрасного (780 нм) излучения.

Blu-ray Disc (BD) – формат оптического носителя, используемый для записи и хранения цифровых данных, включая видео высокой четкости с повышенной плотностью. Стандарт Blu-ray был совместно разработан консорциумом BDA. Blu-ray

(буквально синий луч) получил свое название от использования для записи и чтения коротковолнового (405 нм) «синего» (технически сине-фиолетового) лазера. Однослойный диск Blu-ray может хранить 25 Гбайт, двухслойный диск может вместить 50 Гбайт данных.

2.5 Твердотельный накопитель

Твердотельный накопитель (SSD – Solid State Drive, Solid State Disk) – энергонезависимое перезаписываемое компьютерное запоминающее устройство без движущихся механических частей. Следует различать твердотельные накопители, основанные на использовании энергозависимой (RAM SSD) и энергонезависимой (NAND или Flash SSD) памяти.

Накопители RAM SSD, построенные на использовании энергозависимой памяти (такой же, какая используется в ОЗУ персонального компьютера), характеризуются сверхбыстрым чтением, записью и поиском информации. Основным их недостатком является чрезвычайно высокая стоимость. Используются для ускорения работы крупных систем управления базами данных и мощных графических станций. Такие накопители, как правило, оснащены аккумуляторами для сохранения данных при потере питания, а более дорогие модели – системами резервного и/или оперативного копирования.

Накопители NAND SSD, построенные на использовании энергонезависимой памяти, появились относительно недавно, но в связи с гораздо более низкой стоимостью начали уверенно завоевывать рынок. Сначала они существенно уступали традиционным накопителям в чтении и записи, но компенсировали это (особенно при чтении) высокой скоростью поиска информации (сопоставимой со скоростью оперативной памяти). Сейчас уже выпускаются твердотельные накопители Flash со скоростью чтения и записи, сопоставимой с традиционными, и разработаны модели, существенно их превосходящие. Характеризуются относительно небольшими размерами и низким

энергопотреблением. Уже практически полностью завоевали рынок ускорителей баз данных среднего уровня и начинают теснить традиционные диски в мобильных приложениях.

Преимущества SSD по сравнению с жесткими дисками:

- ◆ меньше время загрузки системы;
- ◆ отсутствие движущихся частей;
- ◆ скорость чтения и записи до 270 Мбайт/с;
- ◆ низкая потребляемая мощность;
- ◆ полное отсутствие шума от движущихся частей и охлаждающих вентиляторов;
- ◆ высокая механическая стойкость;
- ◆ широкий диапазон рабочих температур;
- ◆ практически устойчивое время считывания файлов вне зависимости от их расположения или фрагментации;
- ◆ малый размер и вес.

2.6 Флеш-накопитель

Флеш-память (Flash-Memory) – разновидность твердотельной полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти. Она может быть прочитана сколько угодно раз, но записывать данные в такую память можно лишь ограниченное число раз (максимально около миллиона циклов). Распространена флеш-память, выдерживающая около 100 тысяч циклов перезаписи – намного больше, чем способна выдержать дискета или CD-RW. Она не содержит подвижных частей, так что, в отличие от жестких дисков, более надежна и компактна. Благодаря компактности, дешевизне и низкому энергопотреблению, флеш-память широко используется в цифровых портативных устройствах (рисунки 2.6 и 2.7).

Флеш-память хранит информацию в массиве транзисторов с плавающим затвором, называемых ячейками. В традиционных устройствах с одноуровневыми ячейками каждая из них может хранить только один бит. Некоторые новые устройства с многоуровневыми ячейками могут хранить больше одного бита, ис-

пользуя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе транзистора.



Рисунок 2.6 – Разновидности карт флеш-накопителей

В основе флеш-памяти типа NOR лежит элемент ИЛИ-НЕ, потому что в транзисторе с плавающим затвором низкое напряжение на затворе обозначает единицу.

Транзистор имеет два затвора: управляющий и плавающий. Последний полностью изолирован и способен удерживать электроны до 10 лет. В ячейке имеются также сток и исток. При программировании напряжением на управляющем затворе создается электрическое поле и возникает туннельный эффект.



Рисунок 2.7 – USB-флеш-накопитель

Некоторые электроны туннелируют через слой изолятора и попадают на плавающий затвор, где и будут пребывать. Заряд на плавающем затворе изменяет «ширину» канала сток-исток и его проводимость, что используется при чтении.

Программирование и чтение ячеек сильно различаются в энергопотреблении: устройства флеш-памяти потребляют достаточно большой ток при записи, тогда как при чтении затраты энергии малы. Для стирания информации на управляющий затвор подается высокое отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора переходят (туннелируют) на исток.

В NOR-архитектуре к каждому транзистору необходимо подвести индивидуальный контакт, что увеличивает размеры схемы. Эта проблема решается с помощью NAND-архитектуры.

В основе NAND-типа лежит элемент И-НЕ. Принцип работы такой же, от NOR-типа отличается только размещением ячеек и их контактами. В результате уже не требуется подводить индивидуальный контакт к каждой ячейке, так что размер и стоимость NAND-чипа может быть существенно меньше. Кроме того, запись и стирание происходят быстрее. Однако эта архитектура не позволяет обращаться к произвольной ячейке.

NAND- и NOR-архитектуры сейчас существуют параллельно и не конкурируют друг с другом, поскольку находят применение в разных областях хранения данных.

Существует несколько типов карт флеш-памяти, используемых в портативных устройствах.

Compact Flash (CF) – карты памяти CF являются старейшим стандартом карт флеш-памяти. Первая CF-карта была произведена корпорацией SanDisk в 1994 году. Чаще всего в наши дни она применяется в профессиональном фото- и видеооборудовании, так как из-за размеров (43×36×3,3 мм) слот расширения для Compact Flash-карт физически проблематично разместить в мобильных телефонах или MP3-плеерах.

Multimedia Card (MMC). Карта в формате MMC имеет небольшой размер – 24×32×1,4 мм. Разработана совместно компаниями SanDisk и Siemens. MMC содержит контроллер памя-

ти и обладает высокой совместимостью с устройствами самого различного типа. В большинстве случаев карты MMC поддерживаются устройствами со слотом SD.

MMCmicro – миниатюрная карта памяти для мобильных устройств с размерами 14×12×1,1 мм. Для обеспечения совместимости со стандартным слотом MMC необходимо использовать переходник.

SD Card (Secure Digital Card) является развитием стандарта MMC. По размерам и характеристикам карты SD очень похожи на MMC, только чуть толще (32×24×2,1 мм). Основное отличие от MMC – технология защиты авторских прав: карта имеет криптозащиту от несанкционированного копирования, повышенную защиту информации от случайного стирания или разрушения и механический переключатель защиты от записи.

SDHC (SD High Capacity). Старые карты SD (SD 1.0, SD 1.1) и новые SDHC (SD 2.0) и устройства их чтения различаются ограничением на максимальную емкость носителя: 2–4 Гбайт для SD и 32 Гбайт для SDHC (высокой емкости). Устройства чтения SDHC обратно совместимы с SD, то есть SD-карта будет корректно прочитана в устройстве чтения SDHC, но в устройстве SD карта SDHC не будет читаться вовсе. Оба варианта могут быть представлены в любом из трех форматов физических размеров (стандартный, mini и micro).

MiniSD (Mini Secure Digital Card). От стандартных карт они отличаются меньшими размерами – 21,5×20×1,4 мм. Для обеспечения работы карты в устройствах, оснащенных обычным SD-слотом, используется адаптер.

MicroSD (Micro Secure Digital Card) являются в настоящий момент самыми компактными съемными устройствами флеш-памяти (11×15×1 мм). Используются в первую очередь в мобильных телефонах, коммуникаторах, и т. п., так как, благодаря своей компактности, позволяют существенно расширить память устройства, не увеличивая при этом его размеры.

Memory Stick Duo. Данный стандарт памяти разрабатывался и поддерживается компанией Sony. Корпус достаточно прочный. Это самая дорогая память из всех представленных.

Memory Stick Duo разработан на базе широко распространенного стандарта Memory Stick от той же Sony, отличается малыми размерами (20×31×1,6 мм).

Memory Stick Micro (M2). Данный формат является конкурентом формата microSD (по аналогичному размеру), сохраняя преимущества карт памяти Sony.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные системные требования к устройствам памяти компьютера?
2. Что такое иерархия памяти? Перечислите ее основные уровни.
3. Что такое основная память?
4. Как называется и в чем состоит основной способ согласования скоростных характеристик процессора и основной памяти, используемый в компьютере?
5. Что такое внешняя память?
6. Что такое НЖМД ? Каковы его основные характеристики?
7. Что такое оптический диск?
8. Что такое твердотельный накопитель и каковы его основные характеристики?
9. Какие основные типы флеш-накопителей широко используются и каковы их основные характеристики?

3 Периферийные устройства

3.1 Периферийные устройства и их интерфейс

Невозможно представить компьютер без средств общения с человеком или средств сопряжения с внешними объектами управления. Такие средства необходимы для загрузки программ и данных, выгрузки получаемых результатов, хранения огромных объемов информации, коррекции работы компьютера со стороны пользователя, а также для непосредственного управления производственными процессами и объектами. Все эти функции возлагают на разнообразные периферийные устройства (ПУ), служащие для преобразования способов представления информации, пригодных для человека и используемых в компьютере, для управления вводом-выводом и организации хранения информации независимо от наличия питания [1].

Периферийные, или внешние, устройства свое название получили в 1960-х гг., когда **процессор и оперативная память** размещались в шкафах-стойках, образуя своеобразный «центр», а остальные устройства, в основном электромеханические, находились на некотором расстоянии от него, т. е. на периферии. Но современные ПУ располагаются как внутри корпуса компьютера, так и снаружи в зависимости от типа устройства и его взаимодействия с объектами внешнего мира [1] (рисунок 3.1).

Периферийное устройство (*англ.* peripheral device) – это внешнее по отношению к центральному процессору и основной памяти дополнительное вспомогательное устройство, предназначенное для ввода и/или вывода информации в компьютер и расширяющее его функциональные возможности.

Еще одно краткое определение. **Периферийное устройство** – это устройство, обменивающееся информацией с центральной частью компьютера с помощью операций ввода/вывода.

Существует четыре типа периферийных устройств:

- 1) устройства ввода;

- 2) устройства вывода;
- 3) устройства ввода-вывода;
- 4) устройства хранения данных.

Для обеспечения функционирования компьютера также необходим **блок питания**, который, как правило, относят к вспомогательным, т.е. периферийным устройствам [13, с. 175].



Рисунок 3.1 – Структура компьютера: ЦП – центральный процессор; ОП – основная первичная память, включающая регистры процессора, СОЗУ, ОЗУ и ПЗУ (BIOS)

Некоторые ПУ, называемые **внутренними**, монтируются в одном корпусе с компьютером (например, жесткий диск, звуковая карта, сетевая карта), а другие, называемые **внешними**, – вне корпуса (например, клавиатура, мышь, принтер) и подключаются к нему с помощью проводного или беспроводного соединения.

Устройства ввода: клавиатура, компьютерная мышь, сенсорная панель (тачпад), графический планшет, сканер изображения, считыватели штрихкода и QR-кода, игровой манипулятор (джойстик), геймпад, аналоговые измерительные приборы, датчики и измерители электрических и физических величин, световое перо, микрофон, цифровая камера, веб-камера, ТВ-тюнер, GPS-модуль радионавигации.

Устройства вывода: дисплей (монитор), проектор, принтер, плоттер, наушники, аудиоколонка, электромузыкальный инструмент (ЭМИ), производственное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ), 3D-принтер.

Устройства ввода/вывода: сенсорный экран, многофункциональное устройство, аудиогарнитура, сетевое оборудование (модем), модуль ИК-связи, модуль связи Wi-Fi, модуль связи Bluetooth, средства радиочастотной идентификации RFID (метки, датчики, устройства считывания), средства ближней радиосвязи NFC (в том числе метки), миниатюрный беспилотный летательный аппарат (БПЛА, т.е. дрон), управляемый со смартфона или планшетного компьютера через сеть Wi-Fi или Bluetooth (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Планшетные компьютеры в качестве пультов управления периферийными устройствами в виде беспилотных летательных аппаратов (дронов)

Устройства хранения данных: постоянное запоминающее устройство (ПЗУ, ROM), накопитель на жестком магнитном диске (НЖМД, винчестер, HDD – дисковод жестких дисков), накопитель на гибком магнитном диске (НГМД, FDD – флоппи-дисковод), флеш-накопитель, твердотельный диск (SSD), оптические дисководы CD/DVD/Blu ray, встроенная память смартфона или планшета. Последний случай – особый, так как смартфоны и планшетные компьютеры, как правило, не являются зависимыми и сами могут выступать в качестве основного управляющего устройства с подключаемой периферией.

Периферийные устройства подключаются к центральной части компьютера посредством интерфейса, поэтому дадим несколько определений этого важнейшего понятия.

Интерфейс – общая граница, определенная с помощью характеристик этой границы [8].

Интерфейс (interface) – совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программ [5].

Кроме этих стандартных определений, удобно использовать еще одно, расширяющее и уточняющее вышеприведенные.

Интерфейс – это совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие:

- 1) между различными узлами компьютерной системы (аппаратный интерфейс);
- 2) между программами (программный интерфейс);
- 3) между аппаратурой и программами (аппаратно-программный интерфейс);
- 4) между человеком и компьютером (человеко-машинный интерфейс).

Это определение иллюстрирует рисунок 3.3.

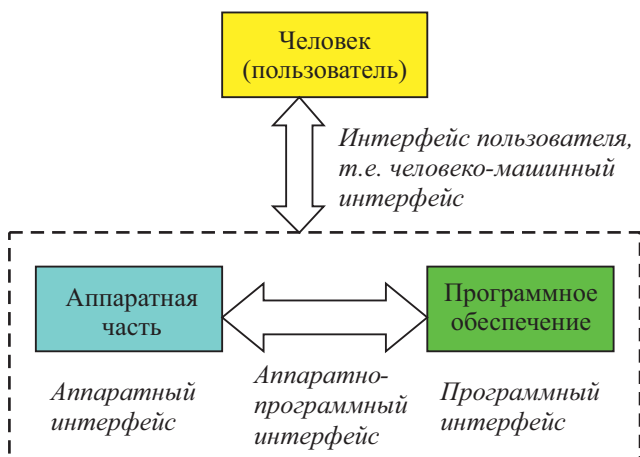


Рисунок 3.3 – Типы компьютерных интерфейсов

Весьма перспективными для использования представляются периферийные устройства с таким типом человеко-машинного интерфейса, как USB HID class. **USB HID (human interface device) class** – это класс USB-устройств, подключаемых к компьютеру, для взаимодействия с человеком. К этому классу относятся такие устройства, как клавиатура, мышь, игровой контроллер.

Итак, чтобы подключить периферийное устройство, необходимо обеспечить прежде всего аппаратный интерфейс. В компьютере он реализуется шинами ввода/вывода. Современные компьютеры содержат два типа шин:

а) системную шину, соединяющую центральный процессор с основной памятью;

б) несколько шин ввода/вывода, соединяющих различные периферийные устройства с системной шиной и процессором через мост (рисунок 3.4).

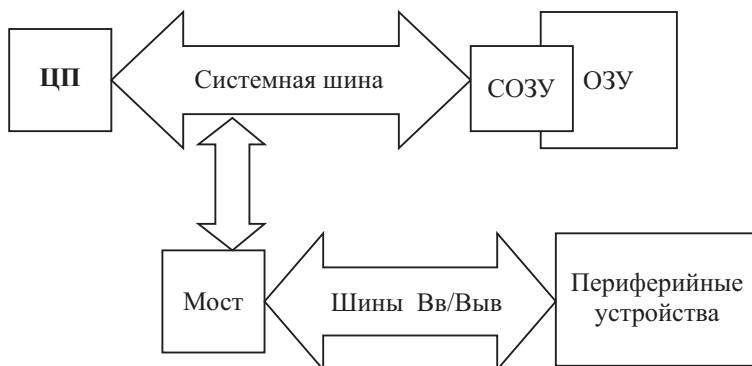


Рисунок 3.4 – Обобщенная структурная схема системной платы ПК с подключенными периферийными устройствами

Как отмечалось в разд. 1 (см. рисунок 1.7), шина представляет собой подсистему для передачи данных как внутри компьютера, так и за его пределами. В отличие от соединения типа «точка-точка», предназначенного для соединения лишь двух устройств, шина, обходясь одним и тем же набором проводов,

может обеспечить логическое подключение нескольких периферийных устройств.

Основным различием между периферийными устройствами является способ их подключения – внутренний или внешний. Первый реализуется с помощью внутренних шин, представленных внутренними разъемами (слотами) на системной плате, второй способ реализуется внешними шинами, представленными внешними разъемами (портами).

Однако в общем случае используется схема подключения внешнего периферийного устройства, показанная на рисунке 3.5.

Операционная система

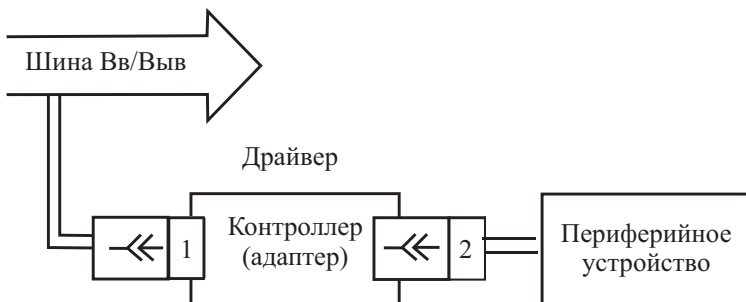


Рисунок 3.5 – Схема подключения периферийного устройства к шине ввода/вывода: 1 – внутренний разъем (слот); 2 – внешний разъем (порт)

Как видно из схемы, для подключения периферии необходимо определиться с внутренней шиной ввода/вывода компьютера, т.е. выбрать шинный слот. Далее, в слот 1 монтируется карта контроллера (т.е. адаптера), имеющая внешний разъем (порт) 2, к которому уже и подключается внешнее периферийное устройство. При этом следует помнить о необходимости обеспечить систему аппаратно-программным интерфейсом, т.е. драйвером контроллера периферийного устройства.

Драйвер (driver) – это компьютерное программное обеспечение, с помощью которого другое программное обеспечение

(операционная система) получает доступ к аппаратному обеспечению некоторого, например периферийного, устройства. Как правило, с операционными системами поставляются драйверы для ключевых компонентов аппаратного обеспечения, без которых система не сможет работать. Однако для некоторых устройств (таких как видеокарта или принтер) могут потребоваться специальные драйверы, обычно предоставляемые производителем устройства.

В общем случае драйверу не обязательно взаимодействовать с аппаратными устройствами, он может их только имитировать (например, драйвер принтера, который записывает вывод из программ в файл), предоставлять программные сервисы, не связанные с управлением устройствами (например, `/dev/zero` в Unix, который только выдает нулевые байты), либо не делать ничего (например, `/dev/null` в Unix и NUL в DOS/Windows).

Далее рассмотрим подробнее основные компоненты компьютера, обеспечивающие подключение периферийных устройств: внутренние шины ввода/вывода; контроллеры периферии; внешние порты, а также сами периферийные устройства.

3.2 Внутренние соединения. Типы внутренних шин и слотов

Существует большое количество различных видов внутренних шин, но широко используются лишь немногие из них. Различные компьютеры поставляются с различными типами и количеством слотов. При этом важно знать, какой тип и количество слотов доступны на конкретном компьютере.

Шина PCI (Peripheral Component Interconnect) является основной в современных персональных компьютерах. При этом данный вид шины (рисунок 3.6) в настоящее время обновляется на PCI Express. Карты, подключаемые к PCI-слотам материнской платы персонального компьютера, могут быть следующими: сетевые и звуковые карты, внутренние модемы, дополнительные порты, такие как USB, RS-232, LPT и другие,

карты ТВ-тюнеров, контроллеры дисководов. Заметим, что требования видеокарт переросли возможности PCI-шины из-за их более высоких запросов к пропускной способности.

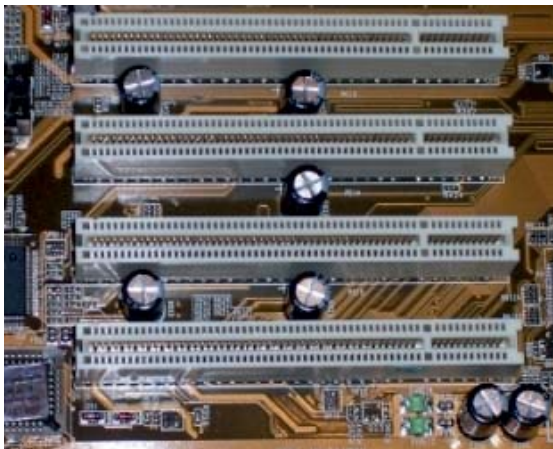


Рисунок 3.6 – Слоты (разъемы) шины PCI

Шина PCI Express (рисунок 3.7) была разработана Intel в 2004 г. и предназначалась для замены шины PCI общего назначения и интерфейса видеокарты AGP.

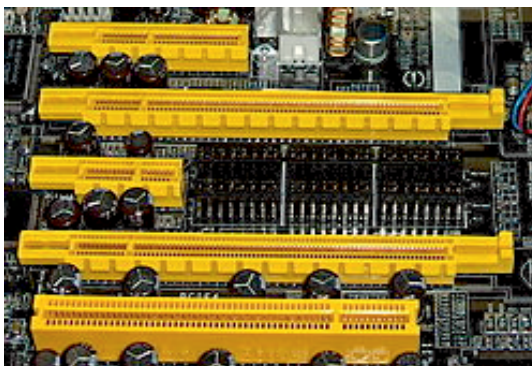


Рисунок 3.7 – Слоты различных вариантов шины PCI Express (сверху вниз x4, x16, x1, x16). Снизу обычный 2-разрядный слот шины PCI

При этом шина PCI Express на физическом уровне, строго говоря, шиной не является, а является соединением типа «точка-точка», но при этом использует программную модель шины PCI, а также высокоскоростной физический протокол, основанный на последовательной передаче данных. Карты PCI Express имеют более высокую пропускную способность, чем карты PCI, что делает их весьма подходящими для высокопроизводительных видеокарт.

Шина PCMCIA (также называемая PC Card) является типом шины, используемой для портативных компьютеров. Название происходит от названия группы PCMCIA, которая разработала стандарт PCMCIA, т.е. Personal Computer Memory Card International Association (Международная ассоциация карт памяти для персональных компьютеров). Первоначально шина PCMCIA предназначалась только для расширения памяти компьютера, но наличие удобного в использовании общего стандарта для ноутбуков привело к доступности многих видов периферийных устройств. Типичными устройствами с шиной PCMCIA являются сетевые карты, модемы и жесткие диски.

Шина AGP (Accelerated Graphics Port) является высокоскоростным каналом типа «точка-точка» для подключения графической карты к материнской плате компьютера. Эта шина предназначена прежде всего для поддержки ускорения компьютерной 3D-графики (рисунок 3.8). Однако в последнее время шина AGP вытесняется шиной PCI Express. Системные платы с шиной AGP все еще доступны, но становятся менее распространенными.

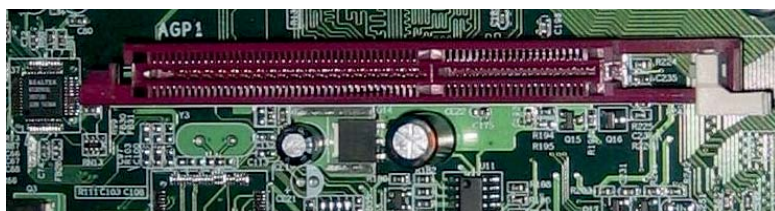


Рисунок 3.8 – Слот шины AGP

3.3 Контроллеры периферии (адаптеры, карты)

Видеокарта (также известная как графическая карта) – это плата расширения, функция которой заключается в генерации и выводе изображения на дисплей (рисунок 3.9). Некоторые видеокарты обеспечивают дополнительные функции, такие как захват видео, ТВ-тюнер, адаптер с возможностью подключения нескольких мониторов и другие. Большинство видеокарт разделяют подобные компоненты. Они включают в себя **графический процессор (GPU)**, который представляет собой специализированный микропроцессор, оптимизированный для 3D-рендеринга графики. Видеокарта также включает в себя видео BIOS с основной программой, которая управляет операциями видеокарты и предоставляет инструкции, позволяющие компьютеру и программному обеспечению взаимодействовать с платой.

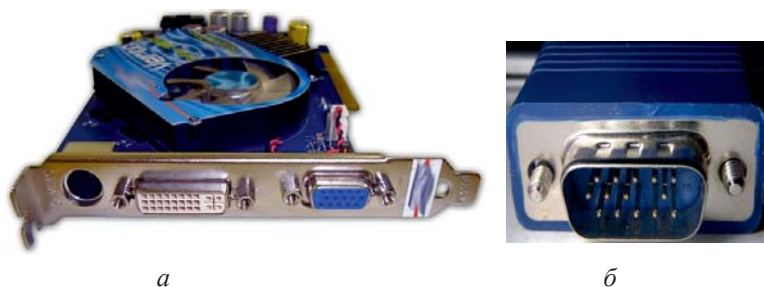


Рисунок 3.9 – Видеокарта (а) и кабельная часть разъема HD15 (D-sub15, VGA) (б)

Если видеокарта встроена в материнскую плату, она может использовать оперативную память компьютера (RAM) при отсутствии собственной видеопамати под названием Video RAM. Этот вид памяти может варьироваться от 128 Мбайт до 2 Гбайт. Видеокарта также имеет RAM-DAC (Random Access Memory цифро-аналоговый преобразователь), который берет на себя ответственность за превращение циф-

ровых сигналов, производимых процессором компьютера, в аналоговый сигнал, понятный для дисплея компьютера. И наконец, все они имеют выходы, такие как разъем HD15 (стандартный кабель монитора, другие названия VGA, D-sub15), разъемы DVI, HDMI, S-Video, а также разъемы композитного или компонентного видео (см. рисунок 3.9).

Звуковая карта представляет собой плату расширения, которая обеспечивает ввод и вывод звуковых сигналов в/из компьютера под управлением компьютерных программ. Типовое использование звуковых карт состоит в звуковом сопровождении мультимедийных приложений, таких как музыкальные композиции, редактировании видео или аудио, презентации/обучении и развлечении. Многие компьютеры имеют встроенные звуковые возможности, а некоторые требуют дополнительных карт расширения для обеспечения аудиовозможностей.

Сетевая карта представляет собой плату расширения, которая позволяет компьютерам обмениваться данными через сеть (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Сетевая карта

Это дает пользователям возможность соединяться друг с другом с помощью кабелей или беспроводных соединений. Ethernet в настоящее время является почти повсеместным интерфейсом, хотя существует множество сетевых технологий.

Каждая сетевая Ethernet-карта имеет уникальный 48-битный серийный номер, называемый MAC-адресом (идентификационным физическим адресом), который хранится в ПЗУ, смонтированном на карте. Разъем для витой пары (UTP) сетевой карты, выводимый на заднюю панель, обозначают RJ-45, а также называют LAN-портом.

3.4 Внешние соединители (порты)

Соединитель USB (Universal Serial Bus) представляет собой стандарт последовательной шины для подключения множества периферийных устройств (рисунок 3.11). USB-интерфейс позволяет подключать и отключать устройства без перезагрузки компьютера.



Рисунок 3.11 – Кабельные USB-соединители

Еще одной удобной возможностью является предоставление электропитания маломощным устройствам без необходимости использования внешнего источника. Кроме того, существует возможность подключать периферию без установки отдельных драйверов от производителя. Сегодня USB является доминирующей шиной для подключения внешних устройств к компьютеру.

Соединитель Firewire (также известный как IEEE-1394 и iLINK для Sony) представляет собой стандарт последовательного интерфейса шины для высокоскоростной связи и изохронной передачи данных в режиме реального времени, часто используемой в персональном компьютере (рисунок 3.12). Firewire заменил параллельные порты во многих приложениях.

Он был принят в качестве High Definition Audio-Video Network Alliance (HANA) – стандартного интерфейса подключения к A/V (аудио/видео) компонентов связи и управления.

Почти все современные цифровые видеокамеры оснащены этим соединителем.



Рисунок 3.12 – Кабель Firewire

Соединитель PS/2 предназначен для подключения клавиатуры и мыши к компьютеру. Интерфейсы клавиатуры и мыши электрически аналогичны, отличаясь лишь тем, что выходы с открытым коллектором требуются на обоих концах интерфейса клавиатуры, чтобы обеспечить двустороннюю связь. Если мышь PS/2 подключается к порту клавиатуры PS/2, то она не может быть распознана компьютером в зависимости от конфигурации (рисунок 3.13).

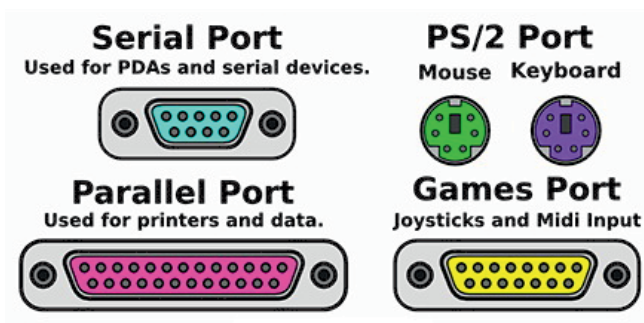


Рисунок 3.13 – Внешние компьютерные порты: PS/2 (мышь и клавиатура), последовательный, параллельный, игровой (джойстик, MIDI)

Последовательный (serial) и параллельный (parallel) порты (см. рисунок 3.13). Для обмена данными и связи между периферией (устройствами ввода/вывода) и модулем обработки данных (системной платой) может быть организована параллельная или последовательная передача данных.

Параллельный порт (см. рисунок 3.13) подразумевает, что все 8 бит (т.е. 1 байт) пересылаются и передаются не один за другим, а одновременно (параллельно), точнее, каждый по своему проводу. Принцип параллельной передачи данных становится очевидным, если рассмотреть кабель, подсоединенный к разъему параллельного интерфейса, например кабель принтера. Он значительно толще, чем последовательный кабель мыши, поскольку кабель для параллельной передачи данных должен содержать как минимум восемь проводов, каждый из которых предназначен для передачи одного бита.

Параллельные интерфейсы разрабатывает фирма Centronics, поэтому параллельный интерфейс часто называют **интерфейсом Centronics**. Также приведем еще одно стандартное обозначение этого порта – **IEEE-1284**.

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

Существуют три типа параллельных портов: стандартный, EPP и ECP.

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

Порт EPP является двунаправленным, т.е. обеспечивает параллельную передачу 8 бит данных в обоих направлениях и полностью совместим со стандартным портом. Порт EPP передает и принимает данные почти в шесть раз быстрее стандартного параллельного порта, так как имеет буфер, сохраняющий передаваемые и принимаемые символы до момента, когда принтер будет готов их принять. Специальный режим позволяет порту EPP передавать блоки данных непосредственно из ОЗУ компьютера в принтер и обратно, минуя процессор. При использовании надлежащего программного обеспечения порт EPP может передавать и принимать данные со скоростью до 2 Мбит/с.

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

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

Последовательный порт (см. рисунок 3.13) осуществляет связь побитно: отдельные биты пересылаются (или принимаются) последовательно один за другим по одному проводу, при этом возможен обмен данными в двух направлениях, прием и передача данных осуществляются с одинаковой тактовой частотой. Для последовательных интерфейсов выбор подключаемых устройств значительно шире, поэтому ПК обычно оборудуются двумя интерфейсными разъемами для последовательной передачи данных. В качестве стандартного обозначения для последовательного интерфейса чаще всего используют **RS-232** (RS-422, RS-465). Разъемы последовательного интерфейса, т.е. **СОМ-порта**, на ПК представляют собой D-sub 9-контактный (вилка) или D-sub 25-контактный (вилка).

Для установления связи через последовательный интерфейс предварительно необходимо сконфигурировать его соответствующим образом, т.е. указать, как будет осуществляться обмен данными: скорость обмена, формат данных, контроль

четности и т.п. Обычно конфигурирование последовательного интерфейса осуществляется программным способом, среда Windows предоставляет такую возможность.

Внешние порты, установленные на задней панели компьютера. В соответствии со спецификациями PC98 и PC99 [9] всевозможные устройства, подключаемые к ПК, а также различные интерфейсы обозначаются ярлыками, приведенными в таблице 3.1 [1]. Большинство внешних соединителей (портов) выведено на заднюю панель настольного персонального компьютера (рисунок 3.14).

Таблица 3.1 – Обозначения периферийных устройств и интерфейсов для подключения их к компьютеру

Символическое обозначение	Описание	Символическое обозначение	Описание	Символическое обозначение	Описание
	Игровой порт		Аудио-выход		Телефонная линия
	Монитор		Микрофон		Телефонный аппарат
	Клавиатура		Наушники		Шина SCSI
	Мышь		Последовательный порт		Шина USB
	Аудио-вход		Принтер		Интерфейс IEEE 1394



Рисунок 3.14 – Внешние порты настольного персонального компьютера:

- 1 – мышь (разъем PS/2); 2 – клавиатура (разъем PS/2);
- 3 – LAN-разъем (RJ-45) для сети Ethernet 100BASE-T 8P8C;
- 4 – USB; 5 – разъем последовательного COM-порта (RS-232) 9-контактного (DB-9);
- 6 – разъем параллельного LPT-порта для принтера 25-контактного (DB-25);
- 7 – разъем монитора – видеопорта VGA (т.е. D-sub);
 - 8 – джойстик / MIDI (15 контактов);
- 9 – 3,5-мм аудио: линейный выход; линейный вход; микрофон. вход

3.5 Основные виды периферийных устройств

В качестве периферийных устройств прежде всего могут быть упомянуты рассмотренные в разд. 2 устройства внешней памяти.

Съемные накопители (см. разд. 2). Одни и те же типы CD- и DVD-дисководов могут быть как встроенными, так и внешними. Если имеется встроенный дисковод CD-ROM (только для чтения), а требуется пишущий дисковод для записи компакт-дисков (CD-RW), то внешний дисковод CD-RW подключается к USB-порту и работает точно так же, как встроенный. Это же справедливо и для пишущих DVD-дисководов, Blu-Ray-дисков и гибких магнитных дисков.

Флеш-накопители стали весьма популярными съемными носителями, когда цены на них снизились, а емкость памяти увеличилась. Обычно флеш-накопители имеют USB-разъем, но могут быть и в виде плоских флеш-карт типа SD, miniSD или microSD (TF). Флеш-накопители USB являются съемными, быстродействующими, перезаписываемыми и долговечными. Объем памяти варьируется от 64 Мбайт до 32 Гбайт или более. Флеш-накопитель представляет собой полупроводниковую память и не имеет механического привода, в отличие от жесткого диска, что делает его весьма прочным и малогабаритным.

Обычно несъемное запоминающее устройство (НЖМД) может стать съемным с внешним подключением. Внешние жесткие диски получили широкое распространение для выполнения резервного копирования, совместного использования несколькими компьютерами и просто для расширения пространства памяти встроенного жесткого диска отдельного ПК. Внешние жесткие диски, как и флеш-накопители, бывают разных форм и размеров. Внешний НЖМД, как правило, подключается через USB-разъем, но возможна и установка сетевого диска, позволяющего всем сетевым компьютерам получить доступ к нему.

Представим более подробно другие периферийные устройства, перечисленные в подразд. 3.1.

Устройство ввода – это устройство, передающее данные, программы или сигналы в процессор. Устройства ввода абсолютно необходимы компьютеру. Основные устройства ввода: **клавиатура**; **мышь** (и подобные устройства: джойстик, трекболл и т. д.); сенсорный экран; микрофон; цифровая камера; устройства считывания отпечатков пальцев; сканер; дигитайзер.

Сканер – устройство ввода графической информации, может быть встроено в принтер.

Дигитайзер (digitizer) – это кодирующее устройство, обеспечивающее ввод двумерного (в том числе и полутонового) или трехмерного (3D-дигитайзеры) изображения в компьютер в виде растровой таблицы. Является типичным внешним специализированным устройством графического ввода. Задача получения 3D-моделей реальных объектов стоит перед промышленными дизайнерами, инженерами, художниками, аниматорами, разработчиками игровых приложений. Измерение геометрии сложных пространственных форм является основным требованием для современных производителей технологической оснастки.

Области применения дигитайзеров: мультипликация; оцифровывание географических карт для работы с географическими информационными системами (ГИС); инженерное проектирование, создание прототипов и обратный инжиниринг; научная визуализация.

Обычно процесс обработки изображения дигитайзеров называют сканированием (не путать со сканером). Простейшим дигитайзером является графический планшет.

Графический планшет (graphics tablet или graphics pad, drawing tablet, digitizing tablet) – это устройство для ввода информации, созданной от руки, непосредственно в компьютер. Состоит из пера и плоского планшета, чувствительного к нажатию или близости пера. Также может прилагаться специальная мышь (рисунок 3.15).

Новым указывающим устройством, способным в конечном итоге заменить мышь, является **сенсорный экран**, монтируемый на планшетных компьютерах.

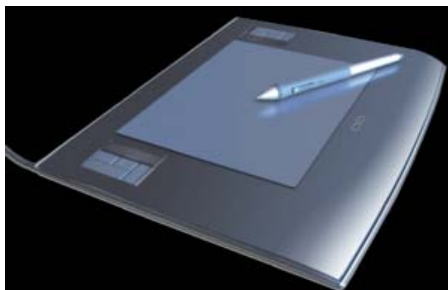


Рисунок 3.15 – Графический планшет

Другие популярные устройства ввода: **микрофоны**, **веб-камеры** (рисунок 3.16), устройства считывания отпечатков пальцев могут встраиваться в современные ноутбуки и настольные компьютеры.



Рисунок 3.16 –
Веб-камера

Существует весьма большое количество разнообразных устройств вывода для персонального компьютера. Наиболее распространенными внешними устройствами вывода являются **монитор**, **сенсорный экран** (для планшетных ПК), **аудиоколонки**, которые имеют собственный выходной аудиоразъем. Весьма востребованными устройствами вывода графической и текстовой информации являются **плоттеры** (см. подразд. 4.1) и **принтеры**.

Принтеры. Известны различные виды принтеров. Выполним их классификацию по способу печати: 1) строчные; 2) последовательные; 3) страничные. Принадлежность принтера к той или иной из перечисленных групп зависит от того, формирует он на бумаге символ за символом или сразу всю строку, а то и целую страницу. Ниже рассмотрим другие критерии классификации.

Классификация принтеров по механическому принципу:

- ◆ ударные (impact);
- ◆ безударные (non-impact).

Классификация принтеров по используемой технологии печати:

- ◆ матричные;
- ◆ струйные;
- ◆ лазерные;
- ◆ LED-принтеры;
- ◆ с термопереносом восковой мастики;
- ◆ с термосублимацией;
- ◆ с изменением фазы красителя.

Матричные принтеры. Последовательные ударные матричные печатающие устройства (impact dot matrix) работают следующим образом: вертикальный ряд (или два ряда) игл, или молоточков, «вколачивает» краситель с ленты прямо в бумагу, формируя последовательно символ за символом. Более высокую производительность обеспечивают построчные (постра-ничные) матричные принтеры. Вместо маленьких точно-матричных головок они используют длинные массивы с большим количеством игл, при этом достигается скорость печати порядка 1500 строк в минуту. Матричные принтеры долго служат и дешево обходятся в эксплуатации, но для вывода графической информации не подходят, так как имеют низкое качество и скорость печати. Работают только с одним цветом. В настоящее время почти не употребляются.

Струйные принтеры. Струйные принтеры относятся к безударным печатающим устройствам. Носитель печатаемой информации не касается бумаги. Струйные чернильные принтеры относятся, как правило, к классу последовательных матричных безударных печатающих устройств. Последовательные безударные матричные струйные чернильные (liquid ink jet) принтеры в свою очередь подразделяются на устройства непрерывного (continuous drop, continuous jet) и дискретного (drop-on-demand) действия. Последние в своей работе опять же могут использовать либо «пузырьковую» технологию

(bubble-jet или thermal ink-jet), либо пьезоэффект (piezo ink-jet). У чернильных устройств, как, впрочем, и у ударных матричных принтеров, печатающая головка движется только в горизонтальной плоскости, а бумага подается вертикально. Сопла (канальные отверстия) на печатающей головке, через которые разбрызгиваются чернила, соответствуют «ударным» иглам. Количество сопел у разных моделей принтеров, как правило, может варьироваться от 12 до 64. Поскольку размер каждого сопла существенно меньше диаметра иглы (тоньше человеческого волоса), а количество сопел может быть больше, то получаемое изображение должно быть четче (если чернила не расплываются на бумаге). Максимальная разрешающая способность достигает 720 точек на дюйм. Сами струйные принтеры относительно дешевы, но велика стоимость расходных материалов (чернил). Со временем у многих принтеров краски на бумаге выцветают. Тем не менее, они являются достаточно экономичным средством для цветной печати, но для черно-белой печати предпочтительней использовать лазерный принтер.

Лазерные принтеры. В лазерных принтерах используется электрографический принцип создания изображения. Этот процесс включает в себя создание рельефа электростатического потенциала в слое полупроводника с последующей визуализацией полученного рельефа. Собственно визуализация осуществляется с помощью частиц сухого порошка – тонера, наносимого на бумагу. Наиболее важными частями лазерного принтера можно считать фотопроводящий цилиндр (печатающий барабан), полупроводниковый лазер и прецизионную оптико-механическую систему, перемещающую луч. К наиболее важным функциональным возможностям принтеров относятся такие, как поддержка технологии повышения разрешающей способности, наличие масштабируемых шрифтов (PostScript, TrueType), объем встроенной оперативной памяти и т.п. Отличаются более высоким быстродействием, чем струйные принтеры.

LED-принтеры. Кроме лазерных принтеров, существуют LED-принтеры (Light Emitting Diode), которые получили свое

название из-за того, что полупроводниковый лазер в них заменен «гребенкой» мельчайших светодиодов. В этом случае не требуется сложная оптическая система вращающихся зеркал и линз.

Принтеры с термопереносом восковой мастики. Принцип работы принтера с термопереносом (thermal wax transfer) состоит в том, что термопластичное красящее вещество, нанесенное на тонкую подложку, попадает на бумагу именно в том месте, где нагревательными элементами (аналогами сопел и игл) печатающей головки обеспечивается должная температура. Основными составными частями печатающей головки термопринтера являются несколько крошечных нагревательных элементов, которые расположены примерно так же, как иглы в обычном матричном ударном принтере: друг над другом в два ряда. Как у ударных матричных и струйных принтеров, печатающая головка термопринтера позиционируется только в горизонтальном направлении, а подача бумаги осуществляется в вертикальном (последовательные принтеры). Поскольку между печатающей головкой и бумагой механический контакт отсутствует, термопринтеры относятся к классу безударных устройств. Такие принтеры работают на специальной бумаге. Со временем распечатки могут выцветать.

Принтеры с термосублимацией красителя. Принтеры с термосублимацией (dye sublimation) используют технологию, наиболее близкую к технологии термопереноса, только элементы печатающей головки нагреваются в данном случае до более высокой температуры. При сублимации переход вещества из твердого состояния в газообразное происходит минуя стадию жидкости. Таким образом, порция красителя сублимирует с подложки и осаждается на бумаге или ином носителе. Комбинацией цветов красителей можно подобрать практически любую цветовую палитру. Данная технология используется только для цветной печати, а реализующие ее устройства имеют очень хорошие технические характеристики и стоят довольно дорого. К их основным преимуществам относятся практически

фотографическое качество получаемого изображения и широкая гамма оттенков цветов без использования растривания.

Принтеры с изменением фазы красителя. Принцип работы устройств с изменением фазы красителя, или с твердым красителем (phase change ink-jet, или solid ink-jet), примерно следующий. Восковые стерженьки для каждого первичного цвета красителя постепенно расплавляются специальным нагревательным элементом и попадают в отдельные резервуары. Расплавленные красители подаются оттуда насосом в печатающую головку, работающую обычно на основе пьезоэффекта. Капли воскообразного красителя на бумаге застывают практически мгновенно, но обеспечивают необходимое с ней сцепление. В отличие от обычной струйной технологии (liquid ink-jet), в данном случае не происходит ни просачивания, ни растекания, ни смешения красителей. Именно поэтому принтеры, использующие технологию с изменением фазы красителя, работают с любой бумагой. Качество цветов получается превосходным, к тому же допустима и двусторонняя печать.

Особенности цветной печати. Для цветной печати используются все технологии, применяемые для монохромной печати, а также принтеры с термосублимацией красителя (dye sublimation) и с изменением фазы красителя (phase-change ink-jet). Все цветные печатающие устройства связаны с определенной моделью цветообразования. В большинстве случаев это модель RGB или модель CMYK.

3.6 Видеоподсистема

Видеоподсистема – это одна из важнейших подсистем любого персонального компьютера, которая включает:

- 1) монитор;
- 2) видеоадаптер (видеокарту, графическую карту) вместе с графическим процессором (GPU) и видеопамятью;
- 3) интерфейс;

4) набор соответствующих программ-драйверов, поставляемых в комплекте с адаптером или в составе прикладных пакетов.

Монитор и видеоадаптер весьма тесно взаимодействуют друг с другом.

Монитор – это конструктивно законченное устройство, предназначенное для визуального отображения информации.

Монитор состоит из экрана (дисплея), блока питания, плат управления, корпуса.

Информация для отображения на мониторе поступает с электронного устройства, формирующего видеосигнал (в компьютере – видеокарта).

В некоторых случаях в качестве монитора может применяться телевизор.

Классификация мониторов осуществляется:

- ◆ по типу экрана;
- ◆ по соотношению сторон;
- ◆ по типу видеоадаптера (формату);
- ◆ по типу интерфейсного кабеля.

Классификация мониторов по типу экрана:

◆ ЭЛТ – монитор на основе электронно-лучевой трубки (*англ.* Cathode Ray Tube, CRT) (рисунок 3.17,*а*);



а



б

Рисунок 3.17 – Мониторы на основе ЭЛТ (*а*) и ЖК (*б*)

◆ ЖК – жидкокристаллический монитор (*англ.* Liquid Crystal Display, LCD) (рисунок 3.17,*б*);

◆ OLED – монитор на основе технологии OLED (*англ.* Organic Light-Emitting Diode – органический светоизлучающий диод, ОСИД);

◆ плазменный – на основе плазменной панели (*англ.* Plasma Display Panel, PDP, gas-plasma display panel);

◆ проектор – видеопроектор и экран, размещенные отдельно или объединенные в одном корпусе (как вариант – через зеркало или систему зеркал), и проекционный телевизор;

◆ сенсорный (резистивный, емкостный) – монитор с возможностью ввода данных.

Классификация мониторов по соотношению сторон и размерам. Отношение сторон «горизонталь : вертикаль» (в условных единицах):

◆ 4:3 (стандартный);

◆ 16:9 или 16:10 (широкоформатные);

◆ 25:16 и др.

Размер диагонали экрана в дюймах (1 дюйм = 2,54 см): 15 (38 см); 17 (43 см); 19 (48 см); 21 (53 см); 22 (56 см); 24 (61 см); 26 (66 см); 30 (76 см); 32 (81 см).

Классификация мониторов по типу видеоадаптера (формату):

◆ VGA (640x480);

◆ SVGA (800x600);

◆ HD 720 (1280x720);

◆ Full HD 1080 (1920x1080) и др.

Форматы видеобразований приведены в таблице 3.2.

Видеоадаптер (видеокарта). Состав современного видеоадаптера (рисунок 3.18):

1) графический процессор (Graphics Processing Unit, GPU – графическое процессорное устройство);

2) видеоконтроллер;

3) видеопамять;

4) цифроаналоговый преобразователь (ЦАП, RAMDAC – Random Access Memory Digital-to-Analog Converter);

5) видео-ПЗУ (Video ROM);

6) система охлаждения.

Таблица 3.2 – Основные форматы видеоизображений

Название формата	Количество точек	Пропорции изображения	Размер изображения
VGA	640×480	4:3	307,2 кпикс
SVGA	800×600	4:3	480 кпикс
HD 720p	1280×720	16:9	921,6 кпикс
Full HD 1080p	1920×1080	16:9	2,07 Мпикс
UXGA	1600×1200	4:3	1,92 Мпикс
WXGA++	1600×900	16:9	1,44 Мпикс
Super Hi-Vision	7680×4320	16:9	33,17 Мпикс



Рисунок 3.18 – Видеокарта GeForce 4200

Графический интерфейс пользователя (GUI), появившийся во многих операционных системах 90-х гг. XX в., стимулировал новый этап развития видеоадаптеров – разработку графических ускорителей.

Графический ускоритель (graphics accelerator) – это видеоадаптер, который выполняет некоторые графические функции на аппаратном уровне. Толчком к созданию и развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический интерфейс пользователя весьма удобен и требует от центрального процессора больших вычислительных ресурсов,

а графический ускоритель как раз и призван снять с него основной объем вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

Графический процессор (graphics processing unit, GPU) – отдельное устройство персонального компьютера (видеоадаптера) или игровой приставки, выполняющее графическую обработку данных.

Современные графические процессоры очень эффективно обрабатывают и отображают **компьютерную графику**. Благодаря специализированной конвейерной архитектуре они намного эффективнее в обработке графической информации, чем типичный центральный процессор.

Графический процессор в современных видеоадаптерах используется в качестве **ускорителя** трехмерной графики. Может применяться как в составе дискретной видеокарты, так и в интегрированных решениях (встроенных в северный мост либо в гибридный процессор).

Видеопамять – это внутренняя оперативная память, ответственная для хранения данных, которые используются для формирования изображения на экране монитора.

При этом в видеопамети может содержаться как непосредственно растровый образ изображения (экранный кадр), так и отдельные фрагменты в растровой (текстуры) и векторной (многоугольники, в частности треугольники) форме.

Как правило, чипы оперативной памяти современной видеокарты припаяны прямо к текстолиту печатной платы, в отличие от съемных модулей системной памяти, которые вставляются в стандартизированные разъемы ранних видеоадаптеров.

При изготовлении видеокарт уже достаточно давно используется память GDDR3. На смену ей пришла GDDR4, которая имеет более высокую пропускную способность, чем GDDR3. Однако GDDR4 не получила широкого распространения вследствие плохого соотношения «цена-производительность» и ограничено использовалась лишь в некоторых видеокартах верхнего ценового сегмента (например, Radeon X1950XTX,

HD 2900 XT, HD3870). Далее появилась память GDDR5, которая наиболее востребована, GDDR3 используется в бюджетном сегменте. Видеопамять отличается от «обычной» системной ОЗУ более жесткими требованиями к ширине шины. Графическая шина данных – магистраль, связывающая графический процессор и память видеокарты.

Интерфейс видеокарты состоит из внутренних соединителей (слотов) и внешних разъемов (портов).

Внутренние соединители. Как уже было отмечено в подразд. 3.3, внутренними соединителями видеокарт являются слоты шин системной платы – AGP или PCI Express. Внешние же разъемы обычно выводятся на заднюю панель компьютера.

Внешние порты. Видеоадаптеры VGA и более поздние обычно имели всего один разъем VGA (15-контактный D-sub компонентный) (рисунок 3.19). Изредка ранние версии VGA-адаптеров имели также разъем предыдущего поколения (9-контактный) для совместимости со старыми мониторами. Выбор рабочего выхода задавался переключателями на плате видеоадаптера. Видеокарта также может иметь разъем S-Video (см. рисунок 3.19).



Рисунок 3.19 – Порты видеоподсистемы (слева направо):
9-контактный разъем S-Video TV-out, DVI и D-sub

Композитный видеовыход RCA (т.е. видео RCA-разъем «тюльпан» желтого цвета). Аналоговые видеосистемы с умеренным разрешением используют разъем RCA. Единственный коаксиальный кабель (рисунок 3.20) передает одновременно все видеосигналы: разрешения, яркости и цветности, почему и называется композитным, что не позволяет обеспечить высокое качество видео.

Также видеокарта может содержать аналоговый компонентный **Y-Pr-Pb видеовыход с тремя компонентами на трех**

RCA-разъемах (см. рисунок 3.20), обеспечивающий приемлемое качество аналогового видео.



Рисунок 3.20 – Порты видеоподсистемы: композитный видеовыход (слева); компонентный видеовыход Y–Pb–Pr (справа)

Современные видеокарты обычно оснащаются разъемами **DVI** или **HDMI** цифрового видео (рисунок 3.21).

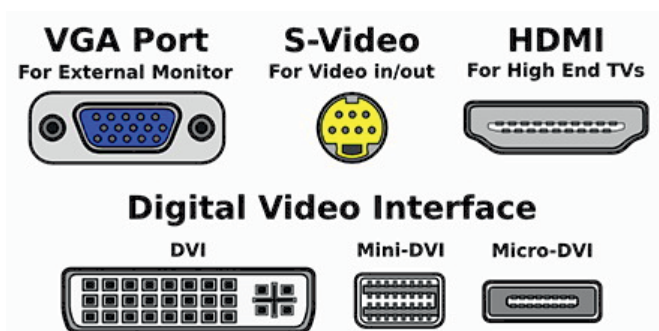


Рисунок 3.21 – Порты видеоподсистемы: VGA, DVI, HDMI, S-Video

Порты **DVI** (Digital Visual Interface) и **HDMI** являются эволюционными стадиями развития стандарта передачи видеосигнала, поэтому для соединения устройств с этими типами портов возможно использование переходников (разъем DVI к гнезду D-Sub – аналоговый сигнал, разъем HDMI к гнезду DVI-D – цифровой сигнал, который не поддерживает технические средства защиты авторских прав (*англ.* **H**igh **B**andwidth **D**igital **C**opy **P**rotection, **HDCP**), поэтому без возможности передачи многоканального звука и высококачественного изобра-

жения). Порт DVI-I также передает аналоговые сигналы, позволяющие подключить монитор через переходник на старый разъем D-Sub (DVI-D не позволяет это сделать).

Интерфейс HDMI (High Definition Multimedia Interface) – интерфейс для мультимедиа высокой четкости, позволяющий передавать: 1) цифровое видео; 2) многоканальные цифровые аудиосигналы с защитой от копирования; 3) дополнительную служебную информацию управления устройствами.

Разъем HDMI обеспечивает цифровое DVI-соединение нескольких устройств с помощью соответствующих кабелей. Основное различие между HDMI и DVI состоит в том, что разъем HDMI меньше по размеру, а также поддерживает передачу многоканальных цифровых аудиосигналов. Является заменой аналоговых стандартов подключения, таких как SCART и RCA.

Разработчиками HDMI являются компании Hitachi, Matsushita Electric Industrial (ныне Panasonic) (Panasonic/ National/ Technics/ Quasar), Philips, Silicon Image, Sony, Thomson (RCA).

HDMI имеет пропускную способность от 4,9 до 10,2 Гбит/с. Длина стандартного кабеля может достигать 10 м, возможно увеличение длины до 20–35 м и более с применением как внешних усилителей-повторителей, так и вмонтированных сразу в кабель. Некоторые производители устанавливают ферритовые кольца в начале и в конце кабеля для защиты от помех. Существуют переходники с HDMI на DVI и обратно в целях совместимости с различными устройствами, не имеющими одного из этих входов/выходов. HDMI поддерживает управляющие протоколы CEC и европейский AV.link.

Шина обмена данными HDMI-CEC (CEC – Consumer Electronics Control) – двунаправленная последовательная шина, использующая протокол промышленного стандарта AV.Link для удаленного управления электронными устройствами. Опциональный компонент интерфейса HDMI; в настоящее время стандарт шины регулируется документом CEC Implementation Guidelines, публикуемым HDMI Licensing, LLC.

Технологию HDMI-CEC поддерживает большинство современных медиасистем (телевизоры, домашние кинотеатры,

НТРС и т. д.), иногда эта технология поддерживается и на персональных компьютерах. Патент на поддержку технологии HDMI-CEC в персональных компьютерах был куплен только компанией Toshiba, поэтому данная технология используется только в ряде моделей ноутбуков Toshiba. CEC разработана для удобства управления различными приборами бытовой электроники при помощи одного пульта управления и основана на стандарте SCART. Схема подключения поддерживает одновременно до 10 устройств.

Технология CEC и товарные знаки. Технология CEC преподносится различными производителями конечному пользователю под разными торговыми названиями: Anynet+ (Samsung); Aquos Link (Sharp); BRAVIA Sync (Sony); HDMI-CEC (Hitachi); Kuro Link (Pioneer); CE-Link и Regza Link (Toshiba); RIHD (Remote Interactive over HDMI) (Onkyo); SimpLink (LG); HDAVI Control, EZ-Sync, и VIERA Link (Panasonic); EasyLink (Philips); NetCommand for HDMI (Mitsubishi).

DisplayPort – это стандарт сигнального интерфейса для цифровых дисплеев (рисунок 3.22). Был принят VESA (Video Electronics Standard Association) в 2006 г., версия 1.1 принята в 2007 г., а версия 1.2 – в 2010 г. DisplayPort предназначен для использования в качестве наиболее современного интерфейса соединения аудио- и видеоаппаратуры, в первую очередь для соединения компьютера с дисплеем или компьютера и систем домашнего кинотеатра. DisplayPort позволяет подключать до четырех устройств, в том числе аудиоустройства, USB-концентраторы и иные устройства ввода-вывода.

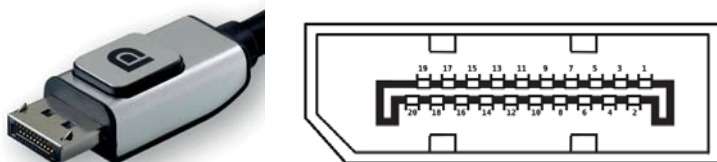


Рисунок 3.22 – Кабельная (слева) и приборная (справа) часть разъема DisplayPort

В настоящее время видеокарты оснащают разъемами DVI, или HDMI (см. рисунки 3.19, 3.21), или DisplayPort в количестве от одного до трех (некоторые видеокарты АТі последнего поколения оснащаются шестью соединителями).

3.7 Блок питания

Хотя блок питания и относится к вспомогательным устройствам [13, с. 175], но без него практически невозможно функционирование компьютера.

Компьютерный блок питания (power supply unit, PSU – блок питания, БП) – это вторичный источник электропитания, предназначенный для снабжения узлов компьютера электрической энергией постоянного тока путем преобразования сетевого напряжения до требуемых значений. В некоторой степени блок питания также выполняет функции стабилизации и защиты от незначительных помех питающего напряжения.

Компьютерный блок питания для настольного персонального компьютера (рисунок 3.23) стандарта PC согласно спецификации ATX 2.x должен обеспечивать выходные напряжения ± 5 , ± 12 , $+3,3$ В, а также $+5$ В дежурного режима (*англ. standby*).

Основными силовыми цепями являются напряжения $+3,3$, $+5$ и $+12$ В. Причем, чем выше напряжение, тем большая мощность передается по данным цепям. Отрицательные напряжения питания (-5 и -12 В) допускают небольшие токи и в современных материнских платах в настоящее время практически не используются.

Напряжение -5 В использовалось только интерфейсом ISA материнских плат. Для обеспечения -5 В постоянного тока в ATX и ATX12V версии до 1.2 использовался контакт 20 и белый провод. Это напряжение (а также контакт и провод) не является обязательным уже в версии 1.2 и полностью отсутствует в версии 1.3 и старше.

Напряжение -12 В необходимо лишь для полной реализации стандарта последовательного интерфейса RS-232 с исполь-

зованием микросхем без встроенного инвертора и умножителя напряжения, поэтому также часто отсутствует.

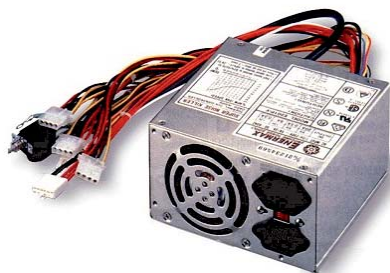


Рисунок 3.23 – Блок питания настольного компьютера IBM PC

Напряжения ± 5 , ± 12 , $+3,3$ В дежурного режима используются материнской платой. Для жестких дисков, оптических приводов, вентиляторов используются только напряжения $+5$ В и $+12$ В.

Современные электронные компоненты используют напряжение питания не выше $+5$ В. Наиболее мощные потребители энергии, такие как видеокарта, центральный процессор, северный мост, подключаются через размещенные на материнской плате или на видеокарте вторичные преобразователи с питанием от цепей $+5$ В и $+12$ В.

Напряжение $+12$ В используется для питания наиболее мощных потребителей. Разделение питающих напряжений на 12 В и 5 В целесообразно как для снижения токов по печатным проводникам плат, так и для уменьшения потерь энергии на выходных выпрямительных диодах блока питания.

Напряжение $+3,3$ В в блоке питания формируется из напряжения $+5$ В, а потому существует ограничение суммарной потребляемой мощности по ± 5 В и $+3,3$ В.

В большинстве случаев используется **импульсный блок питания**, выполненный по полумостовой (двухтактной) схеме.

Устройство и схемотехника блока питания. Рассмотрим составные части широко распространенной схемы импульсного источника питания (рисунки 3.24–3.26):

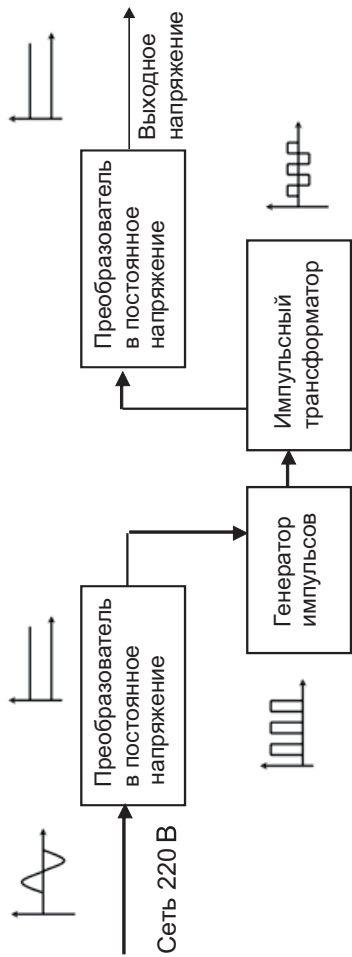


Рисунок 3.24 – Структурная схема импульсного блока питания

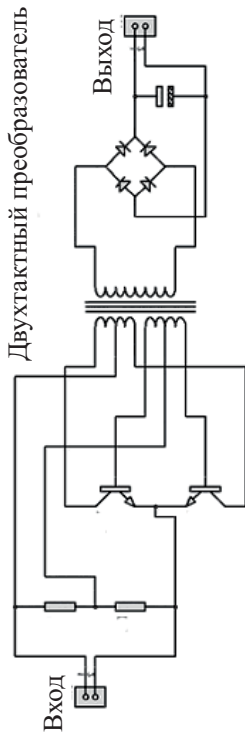


Рисунок 3.25 – Схема двухтактного преобразователя постоянного напряжения в постоянное

Входные цепи. Входной фильтр предотвращает распространение импульсных помех в питающую сеть. Он также уменьшает бросок тока заряда электролитических конденсаторов при включении БП в сеть (это может привести к повреждению входного выпрямительного моста). В качественных моделях имеется пассивный либо активный корректор мощности (PFC), снижающий нагрузку на питающую сеть.

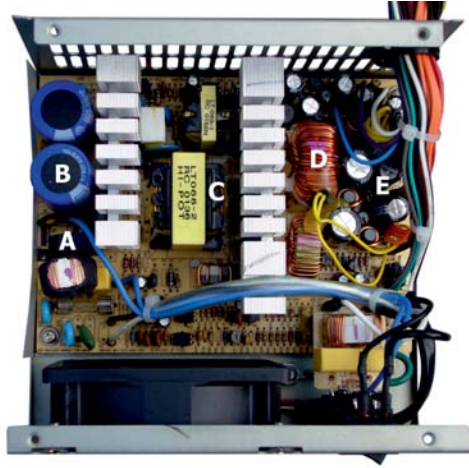


Рисунок 3.26 – Импульсный блок питания компьютера (ATX) со снятой крышкой:

А – входной диодный выпрямитель, ниже виден входной фильтр; В – входные сглаживающие конденсаторы, правее виден радиатор высоковольтных транзисторов; С – импульсный трансформатор, правее виден радиатор низковольтных диодных выпрямителей; D – дроссель групповой стабилизации; E – конденсаторы выходного фильтра

Входной выпрямительный мост преобразует переменное напряжение в постоянное пульсирующее. Конденсаторный фильтр сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

Отдельный маломощный блок питания выдает +5 В дежурного режима материнской платы и +12 В для питания микросхемы преобразователя самого БП. Обычно он выполнен в

виде обратноходового преобразователя на дискретных элементах (либо с групповой стабилизацией выходных напряжений через оптрон плюс регулируемый стабилитрон TL431 в цепи обратной связи, либо линейными стабилизаторами 7805/7812 на выходе) или же (в топовых моделях) на микросхеме типа TOP Switch.

Преобразователь. Полумостовой преобразователь построен на двух биполярных транзисторах. Схема управления преобразователем и защиты компьютера от превышения/ снижения питающих напряжений обычно выполняется на специализированной микросхеме (TL494, UC3844, KA5800, SG6105 и пр.).

Импульсный высокочастотный трансформатор служит для формирования необходимых номиналов напряжения, а также для гальванической развязки цепей (входных от выходных и при необходимости выходных друг от друга). Пиковые напряжения на выходе высокочастотного трансформатора пропорциональны входному питающему напряжению и значительно превышают требуемые выходные.

Цепи обратной связи поддерживают стабильное напряжение на выходе блока питания.

Формирователь напряжения PG (Power Good, «напряжение в норме») обычно выполняется на отдельном операционном усилителе (ОУ).

Выходные выпрямители. Положительные и отрицательные напряжения (5 и 12 В) используют одни и те же выходные обмотки трансформатора с разным направлением включения диодов выпрямителя. Для снижения потерь при большом потребляемом токе в качестве выпрямителей используют диоды Шоттки, обладающие малым прямым падением напряжения.

Дроссель выходной групповой стабилизации. Дроссель сглаживает импульсы, накапливая энергию между импульсами с выходных выпрямителей. Вторая его функция – перераспределение энергии между цепями выходных напряжений. Так, если по какому-либо каналу увеличится потребляемый ток, что снизит напряжение в этой цепи, дроссель групповой стабилизации как трансформатор пропорционально снизит напряжение

по другим выходным цепям. Цепь обратной связи обнаружит снижение напряжения на выходе и увеличит общую подачу энергии, что восстановит требуемые значения напряжений.

Выходные фильтрующие конденсаторы. Выходные конденсаторы вместе с дросселем групповой стабилизации интегрируют импульсы, тем самым получая необходимые значения напряжений, которые, благодаря дросселю групповой стабилизации, значительно ниже напряжений с выхода трансформатора. Один (на одну линию) или несколько (на несколько линий, обычно +5 В и +3,3 В) нагрузочных резисторов 10 – 25 Ом обеспечивают безопасную работу на холостом ходу.

Основные параметры типовых блоков питания приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Номиналы выходных напряжений и их допуск

Выход	Допуск	Минимум	Номинал	Максимум	Единица измерения
+12V 1DC	±5 %	+11,40	+12,00	+12,60	Вольт
+12V 2DC	±5 %	+11,40	+12,00	+12,60	Вольт
+5 V DC	±5 %	+4,75	+5,00	+5,25	Вольт
+3,3 V DC	±5 %	+3,14	+3,30	+3,47	Вольт
-12 V DC	±10 %	-10,80	-12,00	-13,20	Вольт
+5 V SB	±5 %	+4,75	+5,00	+5,25	Вольт

Таблица 3.4 – Номинальные токи нагрузок для БП мощностью 300 Вт

Выход	Минимум	Номинал	Максимум	Единица измерения
+12V DC	1,0	18,0	18,0	Ампер
+5 V DC	1,0	16,0	19	Ампер
+3,3 V DC	0,5	12,0		Ампер
-12 V DC	0,0	0,4		Ампер
+5 V SB	0,0	2,0	2,5	Ампер

Достоинства импульсного блока питания:

- ◆ простая схемотехника с удовлетворительным качеством стабилизации выходных напряжений;
- ◆ высокий КПД (65–70 %). Основные потери приходятся на переходные процессы, которые длятся значительно меньшее время, чем устойчивые состояния;
- ◆ малые габариты и масса, обусловленные незначительным выделением тепла на регулирующем элементе и небольшими габаритами трансформатора, благодаря тому, что последний работает на высокой частоте (сотни килогерц);
- ◆ малая металлоемкость, вследствие чего мощные импульсные источники питания стоят дешевле трансформаторных несмотря на большую сложность;
- ◆ возможность подключения к сетям с широким диапазоном выбора напряжений и частот, или даже к сетям постоянного тока. Благодаря этому возможна унификация техники, производимой для различных стран мира, а значит, ее удешевление при массовом производстве.

Недостатки полумостового блока питания на биполярных транзисторах:

- ◆ при построении схем силовой электроники использование биполярных транзисторов в качестве ключевых элементов снижает общий КПД устройства. Управление биполярными транзисторами требует значительных затрат энергии;
- ◆ все больше компьютерных блоков питания строится на более дорогих мощных MOSFET-транзисторах. Схемотехника таких компьютерных блоков питания реализована как в виде полумостовых схем, так и в виде обратноходовых преобразователей. Для удовлетворения массогабаритных требований к компьютерному блоку питания в обратноходовых преобразователях используются значительно более высокие частоты преобразования (100–150 кГц);
- ◆ большое количество намоточных изделий, индивидуально разработываемых для каждого типа блоков питания. Такие изделия снижают технологичность изготовления БП;
- ◆ во многих случаях недостаточная стабилизация выходного напряжения по каналам. Дроссель групповой стабилиза-

ции не позволяет с высокой точностью обеспечивать значения напряжений во всех каналах. Более дорогие, а также мощные современные блоки питания формируют напряжения ± 5 В и 3,3 В с помощью вторичных преобразователей из канала 12 В.

Запуск блока питания без системной платы, обозначения контактов БП АТХ. Для запуска блока питания требуется соединить контакты 13 (черный) и 14 (зеленый) в разъеме, обозначенном на схеме (рисунки 3.27, 3.28), который подключается к системной плате.

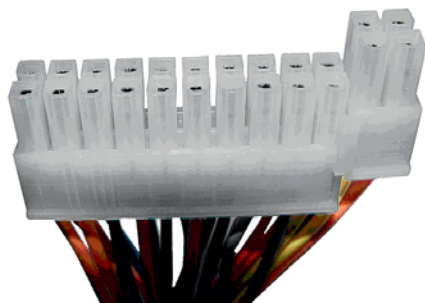
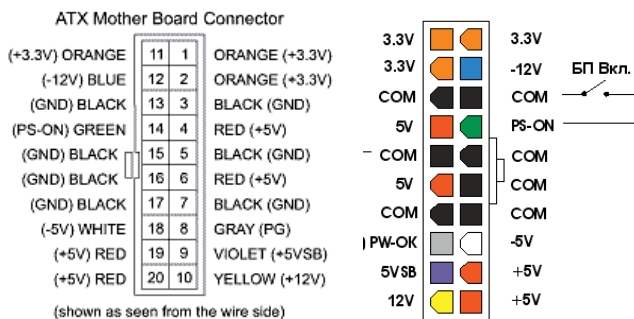


Рисунок 3.27 – 24-контактный АТХ-разъем, у которого последние 4 контакта могут быть съёмными для обеспечения совместимости с 20-контактным гнездом на системной плате



a

б

Рисунок 3.28 – Основной 20-контактный АТХ-разъем для материнской платы: *a* – вид на плату; *б* – вид на проводники разъема

Как правило, этого достаточно, но иногда для старта БП требуется подключить дополнительную нагрузку на 5 В (например, жесткий диск). Современные БП с 24-контактными разъемами (рисунок 3.29) запускаются аналогично.

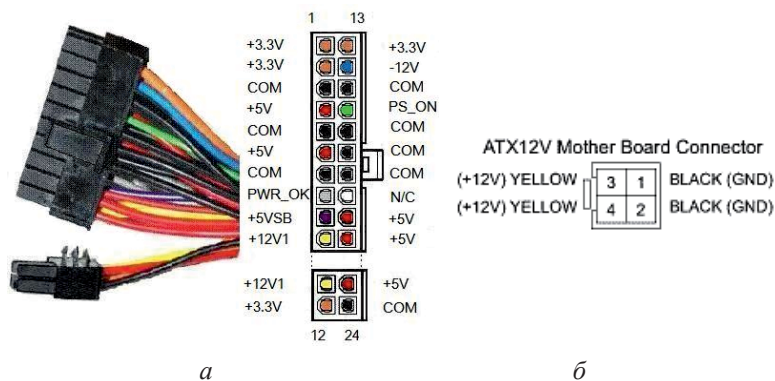


Рисунок 3.29 – 24-контактный ATX-разъем для материнской платы (а), дополнительное питание для материнской платы (б)

Разъемы блока питания. Потребители электроэнергии подключаются к блоку питания с помощью шлейфов с разъемами (рисунки 3.30–3.33).

Блоки питания ноутбуков. Блок питания для ноутбука (и прочих мобильных компьютеров) применяется как для зарядки его аккумуляторной батареи (АКБ), так и для обеспечения работы без аккумулятора. По типу исполнения БП ноутбука чаще всего представляет собой внешний блок (рисунок 3.34).

Ввиду того что электрические характеристики различных моделей ноутбуков могут сильно различаться, на внешние блоки питания пока нет единого стандарта и, как правило, они не взаимозаменяемы. Существует инициатива по стандартизации блоков питания для ноутбуков.

Производители ноутбуков часто используют различные разъемы питания (их известно несколько десятков типов, хотя широко распространенных всего несколько, отличающихся лишь диаметром штекера). Подключение большинства из них

выполняется коаксиальными кабелем с положительным внутренним проводником, хотя существуют разъемы и с обратной полярностью.

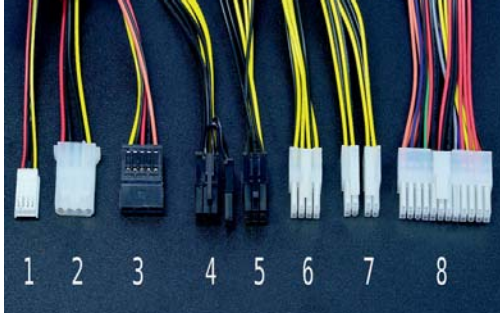


Рисунок 3.30 – Вилки шлейфов питания (из блока питания) без переходников и адаптеров:
 1 – AMP 171822-4 для питания 5 и 12 В периферийного устройства;
 2 – Molex 8981; 3 – 5-контактные разъемы Molex 88751 для питания устройства с интерфейсом SATA;
 4 – PCIe8 connector для питания видеокарты;
 5 – PCIe6 connector для питания видеокарты;
 6 – EPS12V для питания материнской платы;
 7 – ATX PS 12V для питания материнской платы;
 8 – ATX12V для основного питания материнской платы

Serial ATA Connector



Рисунок 3.31 – Разъем питания устройств SATA

Power Supply Drive Connector

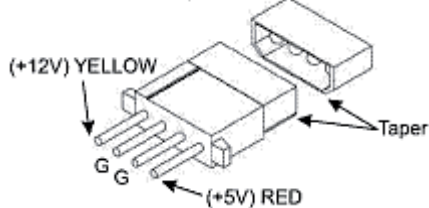


Рисунок 3.32 – Разъем питания устройств IDE (винчестеры) и разного рода потребителей (вентиляторы и т.п.)

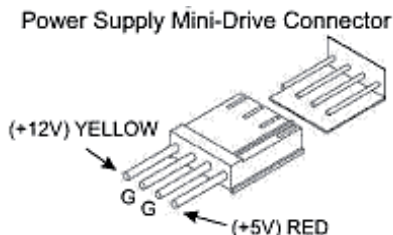


Рисунок 3.33 – Разъем питания устройств типа флоппи-дисковод (3,5» дисковод)

Питающие напряжения обычно 18,5 В или 19 В, хотя встречаются варианты с напряжением 15 В или 16 В (в основном субноутбуки); 19,5 В; 20 В или даже 24 В (Apple).

Блоки питания отличаются максимальной выходной мощностью, выдавая ток 3,16 А (для старых типов); 3,42; 4,74; 6,3; 7,9 А в зависимости от того, насколько мощный компьютер предполагается питать.



Рисунок 3.34 – Блок питания ноутбука

К замене блока питания ноутбука следует подходить с осторожностью (заменяющий должен иметь одинаковую полярность, разницу в питающем напряжении, не превышающую

0,5 В, и достаточную мощность), иначе это может привести к выходу ноутбука из строя.

Выпускаются универсальные блоки питания, рассчитанные на ноутбуки разных моделей и различных производителей. Такой БП имеет переключатель напряжения и набор сменных штекеров для подключения.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое периферийное устройство?
2. Какие типы периферийных устройств существуют?
3. Что такое интерфейс?
4. Что такое шина РСМСІА и для чего она предназначена?
5. Что такое шина АGР и для чего она предназначена?
6. Что такое USB-шина и для чего она предназначена?
7. Что такое соединитель PS/2 и для подключения каких устройств он предназначен?
8. Что такое параллельный порт и для чего он предназначен? Как этот порт обозначается в компьютере?
9. Что такое последовательный порт и для чего он предназначен?
10. Что такое сканер и для чего он предназначен?
11. Охарактеризуйте порт VGA для подключения монитора.
12. Охарактеризуйте порт DVI для подключения монитора.
13. Охарактеризуйте порт HDMI для подключения монитора.
14. Что такое технология HDMI-CEC, для чего она предназначена?
15. Какой набор питающих напряжений должен обеспечивать блок питания настольного ПК?
16. Какова функция входных цепей блока питания ПК?

4 Специальное оборудование для САПР

4.1 Плоттер

В силу особенностей задач, решаемых системами автоматизированного проектирования (САПР, САД – Computer Aided Design), для их эффективного использования применяется достаточно широкий спектр специфического периферийного оборудования (технического обеспечения САПР), как правило, не имеющего хождения в других отраслях использования компьютеров. Специфика САПР накладывает свои особенности даже на выбор стандартных компонентов оборудования [14].

Плоттер, или графопостроитель, – это устройство для автоматического вычерчивания с высокой точностью сложных чертежей, схем, рисунков, карт и другой графической информации на бумаге или другом носителе, например пленке или ткани (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Графическое регистрирующее устройство типа ЕС-7051М (СССР, 1980 –1983 гг.). Скорость вычерчивания 50 мм/с. Автоматически чертит на бумажных носителях схемы, карты и другие документы по данным, поступающим от ЭВМ или устройств подготовки данных (Политехнический музей, Москва, 2011 г.)

Плоттеры появились как необходимое дополнение к 2D CAD-системам, так как традиционно чертежи выполняются на листах большого формата, которые невозможно отпечатать на обычном принтере.

Плоттеры по конструктивному исполнению делятся на рулонные (барабанные) и планшетные (плоские).

Рулонные плоттеры работают на принципе передвижения материала (бумаги) с помощью ролика, обеспечивая тем самым продольную координату X, а Y обеспечивается поперечным движением каретки (рисунок 4.2). В качестве рисующего элемента используются рисующие головки, а также перья различных видов. Главной особенностью этой технологии является возможность создания произведений ограниченной ширины, но практически неограниченной длины.



Рисунок 4.2 – Рулонный растровый струйный плоттер-сканер

В **планшетных** графопостроителях бумага располагается на плоскости и неподвижна (см. рисунок 4.1). Над плоскостью устанавливается рисующий блок, одновременно перемещающийся по двум координатам. Недостаток этого метода заключается в том, что требуется пространство, соответствующее всей расчерчиваемой области. Но его достоинством является высокая точность позиционирования пера и соответственно

точность самого рисунка, наносимого на бумагу. Рисующая головка плоттеров часто дополняется кассетными держателями с перьями разной толщины и цвета.

Кроме того, по типу графики плоттеры делятся на растровые и векторные, а по типу рисующего инструмента – на струйные и перьевые.

Вследствие совершенствования технологии струйной печати с высокой разрешающей способностью, удешевления компьютерной памяти и увеличения скорости обработки изображений сейчас широкое распространение получили **растровые струйные** плоттеры. При этом **векторные перьевые** плоттеры своих позиций не утратили.

Заметим, что в современных плоттерах часто совмещают рисующую и сканирующую головки, установленные на одной каретке. Такое многофункциональное устройство (МФУ) позволяет не только рисовать электронные чертежи и схемы, но и сканировать ранее созданные документы (например, чертежи, выполненные вручную), а также создавать копии документов без их ввода в САД-системы.

Кроме того, существуют комбинированные **режущие** плоттеры, позволяющие по сколь угодно сложному контуру прорезать гибкие материалы на подложке – самоклеящиеся виниловые аппликационные и трафаретные пленки, тонкие фольги на гибкой диэлектрической основе и многое другое. Они эффективны для решения задач визуализации, а также изготовления гибких плат и шлейфов. Режущий плоттер зачастую обозначается еще одним термином – **каттер** (*англ.* cutter – резак).

Каттеры бывают нескольких типов и различаются по габаритам и методам работы с материалом. В каттере **планшетного** типа (рисунок 4.3) полотно фиксируется на носителе в статичном положении, а подвижный нож вырезает изображение по разметочному контуру; в каттере **рулонного** типа материал протягивается через плоттер, а нож вырезает рисунок, двигаясь вправо-влево; каттер **лазерного** типа идентичен планшетному, с одним лишь исключением, что режет он с помощью лазера.



Рисунок 4.3 – Режущий плоттер/каттер Graphtec FC4510-60

Координатная система плоттеров обычно основана на наименьших единицах (шагах), поддерживаемых плоттерами; обычно 1 шаг = 0,025 мм = 25 мкм, то есть 40 шагов/мм или 1016 шагов/дюйм.

Графический язык HPGL [15]. HPGL (или HP-GL) является основным языком управления плоттерами Hewlett-Packard и других фирм. Его название представляет собой аббревиатуру **Hewlett-Packard Graphics Language** (графический язык от Хьюлетт-Паккард). На данный момент он является стандартом де-факто практически для всех плоттеров.

Первоначальный язык HPGL не поддерживал линий различной ширины. Этот параметр определялся перьями, устанавливаемыми в плоттер. С появлением первых струйных плоттеров ширина линий «перьев», указанных в HPGL-файлах, должна была устанавливаться на принтере для каждого пера, что представляло собой довольно трудоемкий процесс, сопровождающийся частыми ошибками. В связи с этим в модификации HPGL/2 такая возможность была предусмотрена непосредственно на уровне языка, что позволило автоматизировать дан-

ный этап. Среди прочих улучшений был добавлен бинарный формат. Это нововведение уменьшило размер файлов и время на их передачу. Также было улучшено минимальное разрешение.

Язык HPGL представляет собой сочетание кода из двух букв и следующих за ним дополнительных параметров. Например, дуга (arc) может выводиться на печать следующей командой:

AA 100,100, 50;

где AA – сокращение от Arc Absolute; 100, 100 – координаты центральной точки дуги; 50 – начальный угол, измеряемый против часовой стрелки. Четвертый параметр, неиспользуемый в данном случае, определяет угол рисования дуги и по умолчанию равен 5 град.

Обычно файлы HPGL начинаются с нескольких команд, устанавливающих параметры, и продолжаются длинным списком графических команд. Пример HPGL-файла приводится в таблице 4.1.

Заметим, что ранние модели плоттеров подключались к компьютеру через последовательный (т.е. COM, RS-232) или параллельный (т.е. LPT, Centronics, IEEE1284,) порт, а современные обычно подключаются через USB-порт.

Итак, несмотря на набирающую популярность технологию публикации электронных чертежей и документов, широкоформатные плоттеры еще остаются востребованными. Они используются для печати чертежей, карт, результатов компьютерной визуализации. Обеспечивая максимальную точность, высокую цветопередачу, широкий цветовой охват, плоттеры предоставляют большие возможности для печати графической информации.

Основным их достоинством является большой размер получаемого изображения, так как мониторы размером более метра на метр вряд ли скоро станут стандартным оснащением рабочих мест инженеров и конструкторов. Потому плоттеры приходится использовать для получения твердой копии электронных данных – так эти данные проще анализировать.

Таблица 4.1 – Основные форм-факторы системных плат настольных ПК

Команда	Значение
IN;	Инициализация, запуск процесса черчения
IP;	Определяет начальную точку, в данном случае по умолчанию 0, 0
SC 0,40,0,40;	Устанавливает размеры страницы от 0 до 200 шагов по X и от 0 до 100 шагов по Y (1 мм = 40 шагов)
SP1;	Выбирает перо 1
PU0,0;	Перемещает перо в начальную позицию
PD100,0,100,100,0,100,0,0;	Опускает и двигает перо по заданным позициям (чертит прямоугольник вокруг страницы формата А4-альбом)
PU 50,50;	Поднимает и перемещает перо в позицию 50, 50 шагов
CI25;	Чертит окружность с радиусом 25 шагов
SS;	Выбирает стандартный шрифт
DT*,1;	Устанавливает в качестве текстового разделителя символ * и запрещает его печать на бумаге (1 – «true»)
PU 1000,100;	Поднимает и перемещает перо в позицию X=1000 шагов, Y=100 шагов
LB Hello World*;	Чертит надпись

В ряде отраслей бумажный чертеж не сдает своих позиций, например на строительной площадке [14].

4.2 Устройства числового программного управления

Цифровое производство (Digital Manufacturing) – повсеместное и постоянное применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем. При этом в виде цифровых моделей отображаются не только изделия (например, в виде двумерных или трехмерных САД-чертежей), но и все современные средства производства, а также производственные и логистические процессы.

Итак, **гибкое автоматизированное производство** (ГАП), также обозначаемое англоязычным термином САМ (Computer Aided Manufacturing – производство с помощью компьютеров), – это производство, основанное на технологическом оборудовании с числовым программным управлением.

Числовое программное управление (ЧПУ) – автоматизированная система, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку. Оборудование с ЧПУ – это станки, промышленные роботы, обрабатывающие центры и т.п.

Аббревиатура ЧПУ соответствует двум англоязычным – NC и CNC, отражающим эволюцию развития систем управления оборудованием.

Системы типа NC (Numerical Control – числовое (цифровое) управление), появившиеся первыми, предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой, например задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение программ на внешних носителях. Каких-либо устройств оперативного хранения данных, управляющих процессоров не предусматривалось.

Более современные системы CNC (Computer Numerical Control) позволяют использовать для модификации существующих и/или написания новых программ программные средства. Базой для построения CNC являются микроконтроллеры и/или микропроцессоры.

Несколько станков с ЧПУ могут объединяться в гибкую автоматизированную производственную систему, которая в свою очередь может быть расширена гибким автоматизированным участком и войти в состав автоматической линии производства (масштаба участка либо цеха).

В качестве примера рассмотрим процесс проектирования и изготовления прототипов печатных плат методом механообработки в условиях опытного производства. Весь процесс состоит из трех этапов.

1. Этап конструкторского проектирования (конструирования). Разработка геометрической модели изделия в системе автоматизированного проектирования, например в Altium Designer (P-CAD), AutoCAD, КОМПАС, Corel Draw и др. Результат – модель изделия в виде электронного конструкторского документа. Работает конструктор.

2. Этап технологической подготовки производства (ТПП). Разработка управляющих программ, содержащих G-код для станков с ЧПУ. Используются САМ-программы, например LazyCAM и т.п. Работает технолог-программист.

3. Этап изготовления печатных плат методом механообработки включает следующие технологические процессы:

а) фрезерование (milling) канавок в фольге на поверхности печатной платы (ПП);

б) сверление (drilling) отверстий для монтажа электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на ПП. Используются САМ-системы, например Mach3. Работает оператор станка с ЧПУ.

Пример электронного узла на односторонней печатной плате, изготовленной методом механообработки, показан на рисунке 4.4.

Структура сверлильно-фрезерного станка с ЧПУ представлена на рисунке 4.5.

Сверлильно-фрезерный станок РЕАБИН с блоком ЧПУ показан на рисунке 4.6.

Технологическая оснастка (цанговый зажим) и режущий инструмент (концевая фреза) для фрезерно-сверлильного станка изображены на рисунке 4.7.

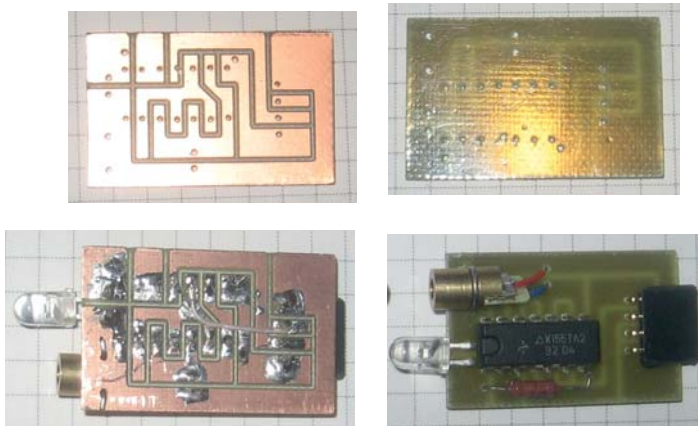


Рисунок 4.4 – Этапы изготовления узла на односторонней печатной плате: печатная плата после механообработки (сверху); печатная плата в сборе (снизу)

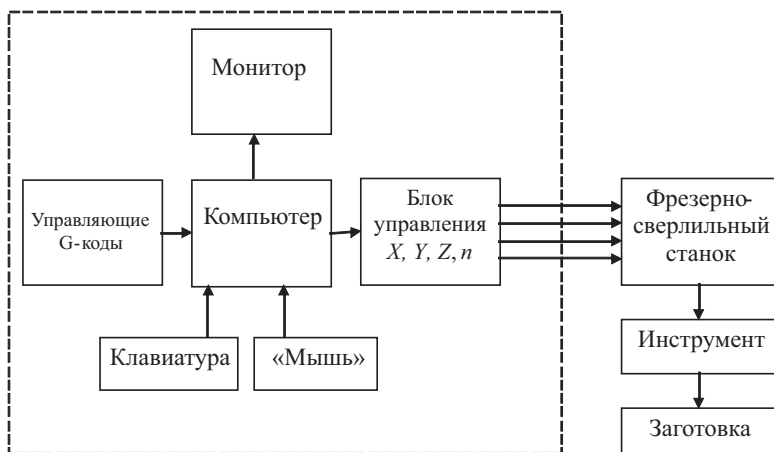


Рисунок 4.5 – Структурная схема технологического оборудования с устройством числового программного управления

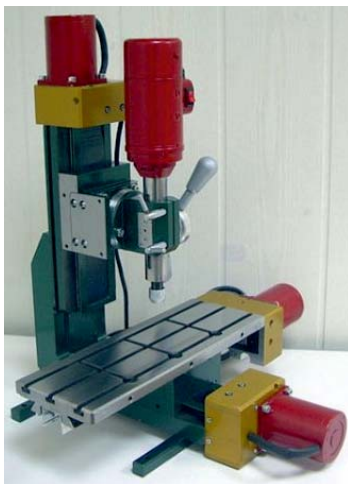


Рисунок 4.6 – Фрезерно-сверлильный станок
и блок управления им (контроллер)



a



б

Рисунок 4.7 – Технологическая оснастка и режущий инструмент:
a – цанговый зажим; *б* – концевая фреза

Заметим, что в станке РЕАБИН по осям X и Y перемещается не режущий инструмент, а стол с заготовкой (рисунок 4.8). Это ведет к тому, что если нулевая позиция на чертеже располагается слева внизу (рисунок 4.9,*a*), то на самой печатной плате эта позиция будет справа вверху (рисунок 4.9,*б*).

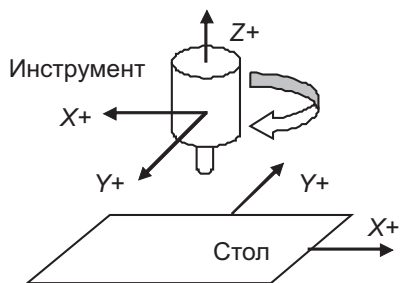


Рисунок 4.8 – Относительное движение инструмента и стола станка

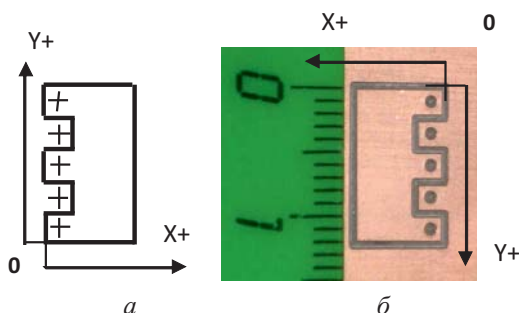


Рисунок 4.9 – Чертеж топологии (а) и фотография печатной платы (б) в масштабе 2:1 с указанием точки начала координат (нулевой позиции)

Пример топологии печатной платы, показанной на рисунке 4.9, реализуется программой для фрезерного станка с ЧПУ РЕАБИН и содержит следующие управляющие G-коды:

- F100 (установка скорости подачи)
- G0 Z2 (быстрый подъем на 2 мм)
- X0 Y12.5 (холостой ход в начало)
- Z0 (снижение до касания 0 мм)
- G1 (медленный рабочий ход)
- Y10 (движение по Y)
- X2.5 (движение по X)
- Y7.5

X0
 Y5
 X2.5
 Y2.5
 X0
 Y0
 G0 Z2 (быстрый подъем)
 X0 Y12.5 (холостой ход в начало)
 Z0 (снижение до касания 0 мм)
 G1 (рабочий ход)
 X7.5 Y12.5
 Y0
 X0
 G0 Z40 (быстрый подъем на 40 мм)
 M1 (останов, смена инструмента:
 фрезы на сверло)
 G0 (быстрое позиционирование)
 X1.25
 Y1.25 (начал. позиционирование)
 Z-0.2 (сверлен./заглублен. -0,2мм)
 Z2 (подъем на 2 мм)
 Y3.75
 Z-0.2
 Z2
 Y6.25
 Z-0.2
 Z2
 Y8.75
 Z-0.2
 Z2
 Y11.25
 Z-0.2
 Z2
 M5 M30 (стоп вращение, стоп программа)

Управляющие программы практически для всех станков с ЧПУ, включая и трехкоординатной (3D) принтер, составляются в G-кодах.

Управляемое компьютером технологическое оборудование, в том числе фрезерно-сверлильный станок с числовым программным управлением, можно рассматривать как вариант периферийного устройства.

4.3 Трехкоординатный (3D) принтер

Одной из задач, решаемой посредством САПР (CAD), является задача быстрого прототипирования, для чего в последнее время все чаще начинают применяться трехкоординатные принтеры, называемые 3D-принтерами, которые также можно рассматривать как технологическое оборудование с числовым программным управлением.

Быстрое прототипирование (rapid prototyping) – технология быстрого создания физических геометрических макетов (моделей) деталей и сборок, позволяющих оценить внешний вид детали, проверить элементы конструкции, провести необходимые испытания, изготовить мастер-модель для последующего литья. Эти технологии начали развиваться в 80-х годах XX века и преимущественно основаны на принципе постепенного наращивания (добавления) материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства. На данный момент значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трехмерных объектов по их компьютерным моделям.

Построение прототипа происходит на основе твердотельной модели из САД-систем или модели с замкнутыми поверхностными контурами. Большинство известных САПР обеспечивает экспорт моделей в формате STL, являющемся стандартом де-факто для быстрого прототипирования.

Модель, записанная в этом формате, разбивается на тонкие слои в поперечном сечении с помощью специальной програм-

мы, причем толщина каждого слоя равна разрешающей способности оборудования по Z-координате. Этот процесс называется **слайсингом**. Построение детали происходит послойно до тех пор, пока не будет получен **физический прототип** (рисунок 4.10) [14].

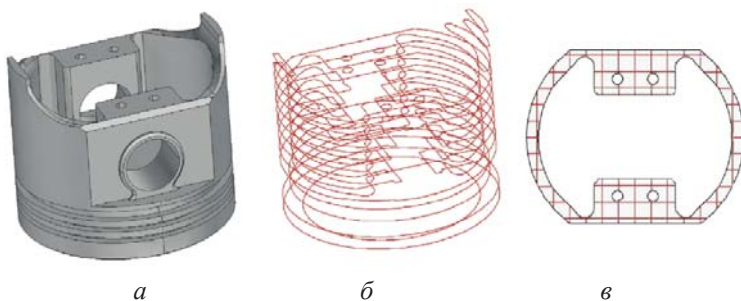


Рисунок 4.10 – Основные этапы подготовки данных для послойного выращивания: *а* – 3D-модель; *б* – разбиение на тонкие слои с заданным шагом (слайсинг); *в* – формирование траектории для заполнения слоя

Принципиальная схема всех устройств прототипирования одинакова: на рабочий стол наносится тонкий слой материала, воспроизводящего первое сечение изделия, затем стол смещается на шаг вниз и наносится следующий слой. Таким образом, слой за слоем воспроизводится полный набор сечений модели до реализации требуемой формы [14].

Основным различием между технологиями являются используемый материал и способ его нанесения.

Наиболее распространенной, недорогой и простой в использовании является **технология изготовления физической модели методом наплавления** (Fused Deposition Modeling – **FDM**). 3D-принтеры, использующие такую технологию, называются **прутковыми**.

Главным элементом в прутковом 3D-принтере является **экструдер**, в который поступает материал (пруток из прочного пластика). В экструдере материал расплавляется и выдавливается на нагретую площадку. Движение площадки и экструде-

ра по осям осуществляется с помощью шаговых двигателей. Выдавленный расплавленный материал затвердевает очень быстро, что позволяет следом накладывать новый слой. После завершения печати уже достаточно твердую, но еще теплую деталь извлекают с рабочей поверхности.

На рисунке 4.11 изображена структурная схема 3D-принтера, основанного на технологии моделирования методом наплавления.



Рисунок 4.11 – Структурная схема 3D-принтера RepRap Prusa Mendel v2.0

Для печати может использоваться ABS- либо PLA-пластик. **ABS-пластик** (акрилонитрилбутадиенстирол) – это дешевый,

прочный и стойкий к внешним воздействиям материал. Сырьем для его производства служит нефть. Преимущество этого пластика в том, что он обладает более высокой механической прочностью и способен противостоять различным факторам среды.

PLA (полилактид) – это биоразлагаемый пластик, применяемый для производства одноразовой посуды, медицинских изделий и пр. Сырьем для его производства служит кукуруза и сахарный тростник.

Итак, **3D-принтер** – это периферийное устройство, как правило, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели.

Создание прототипа или трехмерной модели всегда было весьма долгим и сложным процессом и сопровождалось большим количеством ошибок. Современные технологии позволяют с высокой точностью, наименьшими затратами и в кратчайшие сроки создавать 3D-модели. Для этих целей и используются 3D-принтеры, которые сейчас успешно конкурируют с традиционными технологиями производства. По сравнению с производством полного цикла 3D-принтеры работают с более высокой скоростью и низкой себестоимостью

Технология струйной печати, использующая пластиковый материал, была разработана в Массачусетском технологическом институте, а первым и основным производителем оборудования стала компания Z Corporation.

3D-принтеры способны изготавливать детали собственной конструкции. Первая разработка такой машины осуществлена в проекте RepRap. На данный момент принтер уже производит более половины собственных деталей.

Малогобаритный 3D-принтер RepRap Prusa Mendel v2.0, который иногда используется в лабораторных условиях, показан на рисунке 4.12.

Предварительная настройка системы управления 3D-принтером RepRap Prusa Mendel v2.0 выполняется в два этапа:

- 1) установка драйверов USB-порта для осуществления взаимодействия 3D-принтера с компьютером;

2) программирование микроконтроллера ATmega 1284, т.е. настройка прошивки и ее загрузка в постоянную память микроконтроллера платы управления 3D-принтером.

Настройка прошивки Marlin в соответствии с параметрами 3D-принтера и ее загрузка в память микроконтроллера 3D-принтера осуществляется в интегрированной среде разработки Arduino 1.0.6.



Рисунок 4.12 – 3D-принтер RepRap Prusa Mendel v2.0

Проектирование деталей, подлежащих изготовлению на 3D-принтере, можно выполнить, например, с использованием российской программы **КОМПАС-3D** (графический редактор для трехмерного проектирования деталей). Расширение выходного файла должно быть STL.

Непосредственное управление 3D-принтером от компьютера осуществляется с помощью управляющей программы, например **Repetier-Host V0.95F**. С ее помощью можно тестировать принтер на работоспособность, а также запускать печать какой-либо модели.

Подготовка и выполнение печати на 3D-принтере осуществляется в три этапа:

1) выбор и загрузка файла 3D-модели (электронной модели в формате STL) в управляющую программу;

2) выполнение слайсинга 3D-модели для получения управляющего G-кода;

3) запуск процесса печати детали (физической модели).

Итак, 3D-принтер – это достаточно эффективное компьютерное периферийное устройство, являющееся специальным оборудованием в составе технического обеспечения САПР.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое графопостроитель? Как он еще называется?
2. Какие типы плоттеров по конструктивному исполнению существуют?
3. Какие типы графики используются в плоттерах?
4. Какие типы плоттеров по виду рисующего инструмента существуют?
5. Каковы основные преимущества плоттеров в сравнении с принтерами?
6. Что такое цифровое производство?
7. Что такое САМ-системы?
8. Что такое ЧПУ?
9. Что такое NC?
10. Что такое CNC?
11. Назовите и кратко охарактеризуйте основной язык программирования устройств ЧПУ.
12. Определите понятие «быстрое прототипирование».
13. Что такое 3D-принтер?
14. Разъясните аббревиатуру FDM .
15. Что такое экструдер и для чего он нужен в 3D-принтере?
16. Какова структурная схема 3D-принтера, основанного на технологии послойного наплавления?

17. Какие материалы могут быть использованы для 3D-печати?
18. Что такое слайсинг и зачем он нужен?
19. Какой тип программного кода используется для 3D-печати?

Заключение

Итак, в данном учебном пособии рассмотрена центральная часть компьютера и его периферийные устройства, в том числе запоминающие устройства и специальное оборудование для САПР.

Достаточно подробно описаны компоненты центральной части – центральный процессор и основная память, состав и структура системной платы, включая системные шины, а также типы архитектур компьютера и центрального процессора.

Представлены запоминающие устройства, образующие иерархическую структуру памяти компьютера. Подробно рассмотрены внешние накопители, построенные на различных физических принципах, в том числе накопители на жестких магнитных дисках, на оптических дисках, а также твердотельные и флеш-накопители.

Детально описаны основные виды периферийных устройств, включая видеоподсистему, а также такой вспомогательный компонент, как блок питания.

Последний раздел посвящен специальному оборудованию, составляющему техническое обеспечение САПР и включающему плоттеры, устройства числового программного управления, 3D-принтеры.

Глоссарий

Архитектура ЭВМ – абстрактное представление ЭВМ, которое отражает ее структурную, схемотехническую и логическую организацию.

Внешняя память (external storage) – память, данные в которой доступны центральному процессору посредством операции ввода-вывода.

Вычислительная машина (computer) – совокупность технических средств, создающая возможность проведения обработки информации и получения результата в необходимой форме. Как правило, в состав вычислительной машины входит системное программное обеспечение.

Драйвер (driver) – компьютерное программное обеспечение, с помощью которого другое программное обеспечение (операционная система) получает доступ к аппаратному обеспечению некоторого, например периферийного, устройства. Обычно с операционными системами поставляются драйверы для ключевых компонентов аппаратного обеспечения, без которых система не сможет работать.

Интерфейс (interface) – совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программ.

Контроллер (controller) – устройство управления; специализированный процессор, предназначенный для управления внешними устройствами.

Микроконтроллер (microcontroller unit, MCU) – микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и (или) ПЗУ.

Микропроцессор (microprocessor) – процессор, выполняющий функции центрального процессора и реализованный на одной интегральной микросхеме.

Монитор (monitor) – конструктивно законченное устройство, предназначенное для визуального отображения информации.

Мэйнфрейм (mainframe) – компьютер, обычно в компьютерном центре, обладающий широким спектром возможностей и ресурсов, с которым могут быть соединены другие компьютеры, использующие его возможности и ресурсы.

Основная память (main storage) – оперативная память центрального процессора или ее часть, представляющая единое пространство памяти.

Периферийное устройство (peripheral device) – внешнее по отношению к центральному процессору и основной памяти дополнительное вспомогательное устройство, предназначенное для ввода и/или вывода информации в компьютер и расширяющее его функциональные возможности.

Процессор (processor) – устройство или функциональная часть вычислительной машины, предназначенная для интерпретации программ.

Центральный процессор (central processing unit, CPU) – процессор, выполняющий в компьютере основные функции по обработке информации и управлению работой других частей вычислительной машины.

Шина (computer bus) в архитектуре компьютера – подсистема, служащая для передачи данных между функциональными блоками компьютера. В устройстве шины различают механический, электрический и логический (управляющий) уровни.

Литература

1. Горнец Н.Н. ЭВМ и периферийные устройства. Устройства ввода-вывода : учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Н.Н. Горнец, А.Г. Рошин. – М.: Академия, 2013. – 224 с.
2. Горнец Н.Н. Организация ЭВМ и систем : учеб. пособие для студ. вузов / Н.Н. Горнец, А.Г. Рошин, В.В. Соломенцев. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
3. Тихонов В.А. Организация ЭВМ и систем: учеб. / В.А. Тихонов, А.В. Баранов ; под ред. В.К. Левина. – М.: Гелиос АРВ, 2008. – 400 с.
4. Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: учеб. для вузов / С.А. Орлов, Б.Я. Цилькер. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 688 с.
5. ГОСТ 15971-90. Системы обработки информации. Термины и определения. – 12 с.
6. Развитие парка ЭВМ ВЦ СО АН СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.sssc.ru/Information/PagHist/Park-%D0%A1%D0%A1.htm> (дата обращения: 25 марта 2016 г.).
7. Рудометов Е.А. Современное железо: настольные, мобильные и встраиваемые компьютеры / Е.А. Рудометов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 640 с.
8. Термины и определения стандарта ISO/IEC 2382-1 / пер. с англ. Л.В. Шуткина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morepc.ru/informatisation/iso2381-1.html?print#s01.03> (оригинал <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso-iec:2382:ed-1:v1:en>) (дата обращения: 25 марта 2016 г.).
9. PC 99. System Design Guide. A technical reference for designing PCs and peripherals for the Microsoft Windows family of operating systems. – Intel Corp., Microsoft Corp., 1997. – 662 с.
10. Мелехин Е.Г. Вычислительные машины, системы и сети : учеб. / Е.Г. Мелехин, В.Ф. Павловский. – 2-е изд. – М.: Академия, 2007. – 560 с.

11. Мамонов Д. Системные шины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.colocat.ru/texts/bus.html> (дата обращения: 25 марта 2016 г.).
12. Dandamudi S.P. Introduction to Assembly language programming: Pentium and RISC processors. – 2nd ed. – New York: Springer, 2004. – 701 с.
13. Пескова С.А. Центральные и периферийные устройства электронных вычислительных средств / С.А. Пескова, А.И. Гуров, А.В. Кузин ; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 344 с.
14. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: курс лекций / В.Н. Малюх. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
15. HPGL. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/HPGL> (дата обращения: 25 марта 2016 г.).

Учебное издание

Сычев Александр Николаевич

ЭВМ И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА

Учебное пособие

Подписано в печать 12.01.17. Формат 60x84/16.

Усл.-печ. л. 7,67. Тираж 200. Заказ 05.

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.

634050. г. Томск, пр. Ленина, 40.

Тел. (3822) 533018.