

Д.И. Кислицын

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.
ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ЭВМ**

Учебное пособие

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
“Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет”

Д.И. Кислицын

Инструментальные средства информационных систем.
Внутреннее устройство ЭВМ

Утверждено редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Нижний Новгород
ННГАСУ
2011

ББК 32.973
УДК 004.3 (075)
К44

Рецензенты:

- Мерзляков И. Н. – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой графических информационных систем Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева
- Райкин Л. И. – канд. техн. наук, доцент, зам. директора НОЦ НИТ Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева

Под редакцией д-ра физ.-мат. наук, профессора Супруна А. Н.

Кислицын Д.И. Инструментальные средства информационных систем. Внутреннее устройство ЭВМ [Текст]: учебное пособие / Д.И. Кислицын; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т.- Н.Новгород: ННГАСУ, 2011.- 143с.

Пособие разработано для использования студентами при изучении первой части теоретического курса «Инструментальные средства информационных систем». В данной части пособия рассматривается внутреннее устройство ЭВМ. Пособие включает семь тем, в конце каждой из которых предложен список вопросов для самопроверки.

Предназначено для студентов направления 230400.62 – Информационные системы и технологии.

ББК 32.973

© Кислицын Д.И., 2011,
© ННГАСУ, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Классификация ЭВМ	6
§ 1. Поколения и элементная база ЭВМ	6
§ 2. Назначение ЭВМ.....	8
§ 3. Функциональные возможности ЭВМ	9
§ 4. Способность ЭВМ к параллельному выполнению вычислений	10
§ 5. Размер и вычислительная мощность ЭВМ.....	12
Вопросы для самопроверки к главе 1.....	28
Глава 2. Основные блоки ЭВМ и их назначение	29
Вопросы для самопроверки к главе 2.....	36
Глава 3. Микропроцессор.....	37
§ 1. Устройство микропроцессора.....	37
§ 2. Классификация микропроцессоров.....	48
§ 3. Современные центральные процессоры	51
3.1. Микропроцессоры Intel	51
3.2. Микропроцессоры AMD	61
Вопросы для самопроверки к главе 3.....	66
Глава 4. Системные платы и чипсеты.....	67
§ 1. Системные платы	67
§ 2. Чипсеты.....	75
Вопросы для самопроверки к главе 4.....	80
Глава 5. Интерфейсная система ПК	81
§ 1. Внутренние шины	82
1.1. Системные шины	82
1.2. Локальные шины.....	83
§ 2. Периферийные шины.....	85
§ 3. Беспроводные интерфейсы	99
Вопросы для самопроверки к главе 5.....	106
Глава 6. Основная память ПК	107
§ 1. Постоянная память.....	107
§ 2. Оперативная память.....	109
§ 3. Кэш-память	123
Вопросы для самопроверки к главе 6.....	128
Глава 7. Блок питания.....	129
Вопросы для самопроверки к главе 7.....	138
Список рекомендованной литературы.....	139

Введение

Прежде чем рассматривать инструментальные средства информационных систем, необходимо определиться, что входит в состав инструментальных средств, а для этого необходимо дать определение понятию «информационная система». Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» трактует понятие информационной системы (ИС) как совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных и технических средств.

Иными словами, ИС понимают как *программно-аппаратную систему, обеспечивающую в соответствии с заложенной в нее логикой получение, обработку, хранение и вывод информации.*

При этом под инструментальными средствами ИС понимают совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих функционирование. Состав и структура инструментальных средств ИС представлены на рис. 1. Как видно из рис. 1, инструментальные средства можно разделить на две большие группы: *аппаратные* и *программные*. Аппаратные средства включают в себя средства *вычислительной* и *коммуникационной* техники. А программные средства (программное обеспечение (ПО)) разделяются на *системное* и *прикладное* ПО. В данной части пособия рассматривается внутреннее устройство ЭВМ без внешних устройств. Внешние устройства ЭВМ, средства коммуникационной техники и программные средства будут описаны в следующих частях пособия.



Рис. 1. Состав и структура инструментальных средств ИС

Глава 1. Классификация ЭВМ

Аппаратные (технические) средства являются основой, или «скелетом», для построения любой ИС. Главными составляющими аппаратных средств являются электронно-вычислительные машины (ЭВМ), или просто компьютеры. *ЭВМ – комплекс технических средств, предназначенный для автоматизированного решения вычислительных и информационных задач.*

Компьютеры можно классифицировать по ряду признаков (рис. 1.1):

- по элементной базе, соответствующей исторически сложившимся поколениям ЭВМ;
- по назначению;
- по функциональным возможностям;
- по способности к параллельному выполнению вычислений;
- по габариту и вычислительной мощности и т.д.

§ 1. Поколения и элементная база ЭВМ

По этапам создания и элементной базе компьютеры условно делятся на следующие поколения:

1-е поколение- 50-е годы: ЭВМ на электронных вакуумных лампах;

2-е поколение- 60-е годы: ЭВМ на дискретных полупроводниковых приборах (транзисторах);

3-е поколение- 70-е годы: компьютеры на полупроводниковых интегральных схемах (электронная схема специального назначения, выполненная в виде единого полупроводникового кристалла, объединяющего большое число активных элементов: диодов и транзисторов) с малой и средней степенью интеграции (сотни – тысячи транзисторов в одном корпусе);

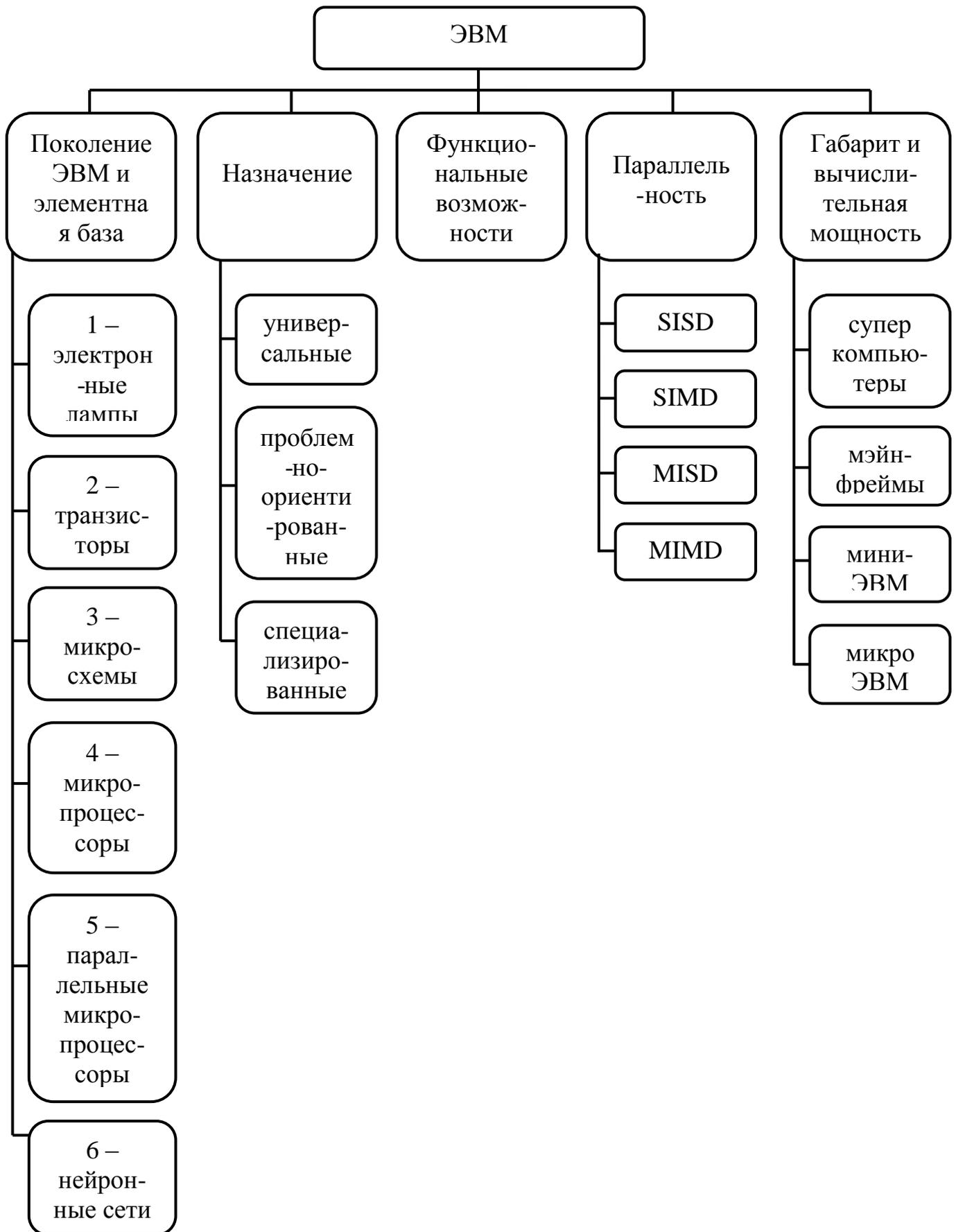


Рис. 1.1. Классификация ЭВМ

4-е поколение- 80-90-е годы: компьютеры на больших и сверхбольших интегральных схемах, основная из которых – микропроцессор (миллионы активных элементов на одном кристалле);

5-е поколение- настоящее время: компьютеры со многими десятками параллельно работающих микропроцессоров, позволяющие строить системы высокой производительности;

6-е и последующие поколения: оптоэлектронные компьютеры с массовым параллелизмом и нейронной структурой, с распределённой сетью большого числа (десятки тысяч) несложных микропроцессоров, моделирующих архитектуру нейронных биологических систем.

§ 2. Назначение ЭВМ

По назначению компьютеры можно разделить на три группы.

Универсальные (общего назначения) – компьютеры, предназначенные для решения различных инженерно-технических, экономических, математических, информационных и других видов задач. Они отличаются высокой производительностью, разнообразием форм обрабатываемых данных, обширной номенклатурой выполняемых операций с данными, большой ёмкостью оперативной памяти, развитой организацией системы ввода-вывода информации, обеспечивающей подключение разнообразных видов внешних устройств.

Проблемно-ориентированные – компьютеры, предназначенные для решения более узкого круга задач, связанных, как правило, с управлением технологическими объектами и процессами, регистрацией, накоплением и обработкой относительно небольших объёмов данных, выполнением специализированных расчётов. Они обладают более ограниченными аппаратно-

программными ресурсами, а следовательно, и более низкой стоимостью по сравнению с универсальными компьютерами.

Специализированные – компьютеры, предназначенные для решения определённого узкого круга задач или реализации строго определённой группы функций. Могут быть включены в технологический цикл производственных автоматизированных систем. Отличаются высокой производительностью и надёжностью при менее высокой стоимости по сравнению с универсальными компьютерами.

§ 3. Функциональные возможности ЭВМ

Функциональные возможности компьютеров обусловлены следующими важнейшими технико-эксплуатационными характеристиками:

- быстродействием (некоторым усреднённым количеством операций, выполняемых машиной за единицу времени);
- разрядностью и формой представления чисел, с которыми оперирует компьютер;
- номенклатурой, ёмкостью и быстродействием всех запоминающих устройств;
- номенклатурой и технико-экономическими характеристиками внешних устройств хранения, обмена и ввода-вывода информации;
- типами и пропускной способностью устройств связи и сопряжения узлов компьютера между собой (типы внутримашинных интерфейсов);
- многозадачностью (способностью одновременно работать с несколькими пользователями и выполнять параллельно несколько программ);
- типами и технико-эксплуатационными характеристиками операционных систем;

- наличием и функциональными возможностями программного обеспечения;
- программной и аппаратной совместимостью с другими типами компьютеров (способностью выполнять программы, написанные для других типов компьютеров, возможностью работы с другими ЭВМ или их блоками);
- системой и структурой машинных команд;
- возможностью подключения к каналам связи и вычислительным сетям;
- эксплуатационной надёжностью компьютера;
- коэффициентом полезного использования компьютера во времени, определяемым временем полезной работы и временем плановой профилактики.

§ 4. Способность ЭВМ к параллельному выполнению вычислений

По способности к параллельному выполнению программ вычислительные системы можно классифицировать по систематике Флинна на четыре группы:

- *SISD (Single Instruction, Single Data)* – одиночный поток команд и одиночный поток данных, т.е. «последовательные» системы, поддерживающие только псевдопараллельный режим – режим разделения времени (многозадачности), в котором процессор в соответствии с заданным приоритетом переключается между запущенными программами так, что в единицу времени выполняется только одна программа;
- *SIMD (Single Instruction, Multiple Data)* – одиночный поток команд и множественный поток данных – принцип компьютерных вычислений, позволяющий обеспечить параллелизм на уровне данных, когда

процессор выполняет один набор операций сразу над несколькими наборами данных (SIMD-процессоры называются также векторными);

- *MISD (Multiple Instruction, Single Data)* – множественный поток команд и одиночный поток данных – тип архитектуры параллельных вычислений, где несколько функциональных модулей (два или более) выполняют различные операции над одними данными. К данному типу, например, относят отказоустойчивые компьютеры, выполняющие одни и те же команды избыточно с целью обнаружения ошибок. К этому типу также иногда относят конвейерную архитектуру, в которой каждую однотипную операцию (например, выборку команды из ОЗУ, дешифровку команды, адресацию операнда в ОЗУ, выборку операнда из ОЗУ, выполнение команды, запись результата в ОЗУ) сопоставляют одной ступени конвейера. После освобождения очередной ступени конвейера эта ступень сразу приступает к работе над следующей операцией. Так, при отсутствии конвейера выполнение команды займёт n единиц времени (так как для выполнения команды необходимо выполнять выборку, дешифровку и т. д.), и для исполнения m команд понадобится $n*m$ единиц времени; а при использовании конвейера (в самом оптимистичном случае) для выполнения m команд понадобится всего лишь $n + m$ единиц времени. Некоторые современные процессоры имеют более 30 ступеней в конвейере.
- *MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data)* – множественный поток команд и множественный поток данных – тип архитектуры компьютера, используемый для достижения высокой степени параллелизма вычислений. Машины имеют несколько процессоров, которые функционируют асинхронно и независимо. В любой момент различные процессоры могут выполнять различные команды над различными частями данных. MIMD – машины могут быть либо с общей памятью, либо с распределяемой памятью. Эта классификация основана на том,

как MIMD-процессоры получают доступ к памяти. Данный тип предполагает, что в вычислительной системе есть несколько устройств обработки команд, объединенных в единый комплекс и работающих каждое со своим потоком команд и данных.

Более подробно параллельные вычислительные системы будут рассмотрены позднее в курсах «Основы параллельных вычислений для систем с общей памятью» и «Основы параллельных вычислений для систем с распределённой памятью», читаемых на четвёртом курсе направления 230400 – Информационные системы и технологии.

§ 5. Размер и вычислительная мощность ЭВМ

По размеру и вычислительной мощности компьютеры можно разделить на следующие классы:

- *сверхбольшие (суперкомпьютеры),*
- *большие,*
- *малые,*
- *сверхмалые (микрокомпьютеры).*

К *суперкомпьютерам* в настоящее время относятся мощные многопроцессорные вычислительные машины с быстродействием в несколько Петафлопс (10^{15} флопс). Флопс (flops – Floating point Operations per Second) – число арифметических операций с плавающей точкой в секунду.

Суперкомпьютеры применяются для решения таких сложных вычислительных задач, как задачи обеспечения государственной безопасности, исследования космоса, метеопрогнозирования, биохимических исследований животных и человека, контроля работоспособности ядерного оружия и надёжности АЭС и др. Первые суперкомпьютеры были разработаны в 1970-х годах, например ILLIACIV (1972 год) с производительностью 20 Мфлопс,

Cray-1 (1976 год) с производительностью 160 Мфлопс. В настоящее время существует список TOP 500, в котором представлены 500 самых мощных вычислительных систем мира. Данный список формируется два раза в год: в июне и ноябре. На сегодняшний день (ноябрь 2011 года) самой мощной вычислительной системой №1 в мире признана японская «K computer», состоящая из 705024 восьмиядерных процессоров SPARC64. Производительность системы составляет 10,51 Петафлопс.

Большие компьютеры за рубежом часто называют *мэйнфреймами*. *Мэйнфрейм* (mainframe) – это вычислительная система, изначально ориентированная на бесперебойное исполнение исключительно больших, рабочих нагрузок при высоком уровне коэффициента использования системы. Развитие мэйнфреймов началось в 60-х годах. В то время корпорация IBM стала выпускать линейку аппаратно и программно совместимых ЭВМ большой, средней и малой производительности. В частности, модель IBM-360-70 имела рекордные по тем временам показатели (ёмкость ОЗУ 256 – 512 кБ, 64-разрядное слово) и требовала для размещения аппаратных средств большое помещение. Новая ЭВМ себя настолько хорошо зарекомендовала, что некоторые специалисты стали называть ее мэйнфреймом. До сегодняшнего дня бесспорным лидером в производстве мэйнфреймов является компания IBM: начиная с серии System/360 и до новейшей серии zSeries. Мэйнфреймы используются различными компаниями для хостинга коммерческих баз данных, обработки транзакций и выполнения комплексных приложений, требующих непревзойденных показателей по устойчивости, целостности, безопасности и степени готовности. Мэйнфреймы беспрепятственно поддерживают тысячи одновременно выполняемых операций ввода/вывода, обслуживают пользователей в глобальном масштабе и обрабатывают до миллиарда транзакций в день. Мощность мэйнфреймов в условиях современного динамичного бизнеса используется для выполнения самых требовательных к ресурсам задач.

Малые компьютеры (мини-ЭВМ) – надёжные, недорогие и удобные в эксплуатации компьютеры, обладающие более низкими по сравнению с мэйнфреймами возможностями, но лучшим соотношением производительность/цена. Мини-компьютеры (и наиболее мощные из них супер-мини-компьютеры) обладают следующими характеристиками:

- производительность – до 1000 MIPS (Million instructions per second – миллион инструкций в секунду);
- ёмкость основной памяти – до 8 Гбайт;
- ёмкость дисковой памяти – до 1000 Гбайт
- число поддерживаемых пользователей – 16 – 1024.

Микрокомпьютер (микроЭВМ) – распространённое в конце 70-х – 80-х годов XX века название компьютеров (в частности, бытовых (домашних) компьютеров), основанных на микропроцессорах. Также это название характеризовало физические размеры компьютеров. Среди микрокомпьютеров можно выделить несколько подклассов (рис. 1.2).

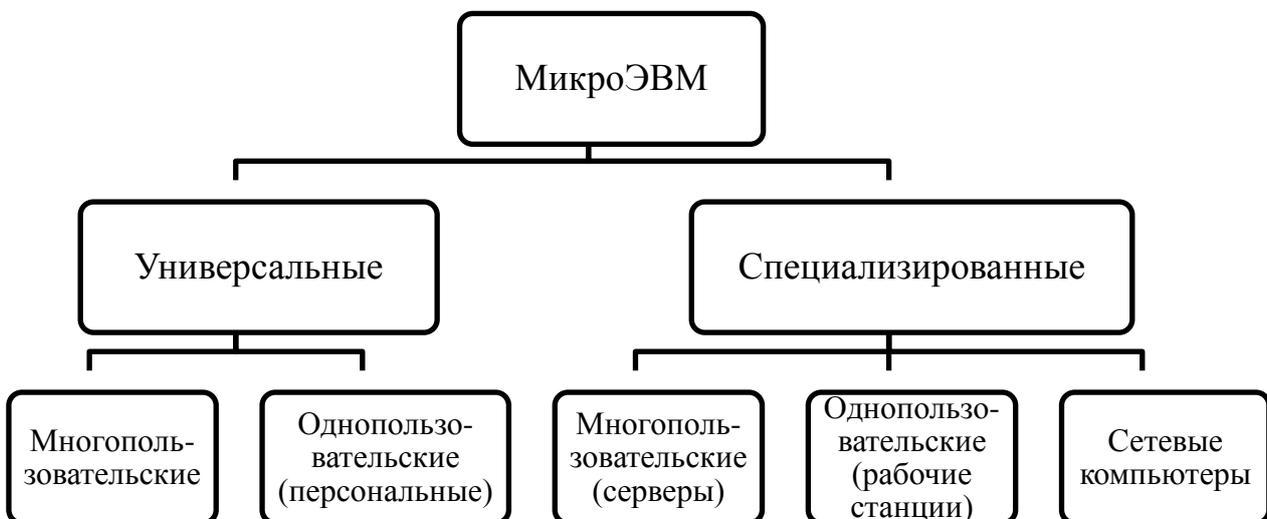


Рис. 1.2. Классификация микрокомпьютеров

Универсальные многопользовательские микроЭВМ – мощные микроЭВМ, оборудованные несколькими видеотерминалами и функционирующие в

режиме разделения времени, что позволяет эффективно работать на них сразу нескольким пользователям.

Серверы – многопользовательские мощные микроЭВМ в вычислительных сетях, выделенные для обработки запросов от всех рабочих станций сети.

Рабочие станции – однопользовательские микроЭВМ для работы в вычислительных сетях, часто специализированные для выполнения определённого вида работ (графических, инженерных, издательских и т.д.).

Сетевые компьютеры – упрощённые микроЭВМ, обеспечивающие работу в сети и доступ к сетевым ресурсам, часто специализированные на выполнение определённого вида работ (защита сети от несанкционированного доступа, организация просмотра сетевых ресурсов, электронной почты и т.д.).

Персональные компьютеры (ПК) – однопользовательские микроЭВМ, удовлетворяющие требованиям общедоступности и универсальности применения. Персональные компьютеры обладают следующими качествами:

- малой стоимостью ПК, находящейся в пределах доступности для индивидуального покупателя;
- автономностью эксплуатации без специальных требований к условиям окружающей среды;
- гибкостью архитектуры, обеспечивающей её адаптируемость к разнообразным применениям в сфере управления, науки, образования, в быту;
- дружелюбностью операционной системы и прочего программного обеспечения, обуславливающего возможность работы с ней пользователя без специальной профессиональной подготовки;
- высокой надёжностью работы (более 5000 часов наработки на отказ).

По конструктивным особенностям ПК можно разделить на стационарные (настольные) и переносные (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Классификация персональных компьютеров

Главное преимущество переносных ПК перед настольными заключается в мобильности переносных ПК, вытекающей из:

- малого веса и габаритов,
- необязательного подключения для работы внешних устройств,
- возможности автономной работы,
- возможности подключения к беспроводным сетям.

Среди переносных ПК можно выделить:

- *планшетные ПК (Tablet PC)* – собирательное понятие, включающее различные типы компьютеров (устройств) с сенсорным экраном. Планшетным компьютером можно управлять прикосновениями руки или стилуса. Пользователь может вводить текст, используя встроенную

программу распознавания рукописного ввода, экранную (виртуальную) клавиатуру, программу распознавания речи либо физическую клавиатуру. Также могут быть доступны внешние клавиатура и мышь. Главная отличительная особенность данного семейства ПК – аппаратная совместимость с IBM PC-компьютерами и установленные на них полноценные операционные системы, такие как семейство Microsoft Windows NT (Windows XP, Tablet PC, Windows 7); Apple Mac OS X; Linux. Такая операционная система позволяет пользователю использовать без ограничений любое программное обеспечение, доступное на настольном компьютере;

- *карманные ПК (КПК, или PDA – Personal Digital Assistant – личный цифровой секретарь)* – портативное вычислительное устройство, обладающее широкими функциональными возможностями. КПК часто называют наладонником (*palmtop*) из-за небольшого размера. У фирмы Microsoft есть торговая марка Pocket PC, название которой переводится на русский язык как «карманный ПК», т. е. «карманный ПК» – это лишь одна из разновидностей КПК, а не весь класс устройств. Есть также конкретная торговая марка Palm PC («наладонный компьютер»). Для обозначения всего класса устройств в английском языке используется аббревиатура PDA. Изначально КПК предназначались для использования в качестве электронных органайзеров. В настоящее время КПК могут обладать следующим набором функций: с их помощью можно читать книги, электронную почту, веб-страницы, набирать тексты, просматривать изображения и фильмы, выходить в Интернет, программировать и делать фото- и видеосъёмку; в них есть переводчики, карты местности (глобальное позиционирование), ежедневник и расписание, звуковой проигрыватель, диктофон, офисные приложения, в них можно вести всевозможные записи, управленческий учёт и делать записи от руки и т. д. К КПК, оснащённому хост-контроллером USB,

можно напрямую подключать различные USB-устройства, в том числе клавиатуру, мышь, жёсткие диски;

- *электронные записные книжки (органайзеры)* – устройства, предназначенные для ввода, хранения и редактирования текстовой информации; могут иметь внутренний таймер и возможность звукового напоминания; обеспечиваются защитой информации от несанкционированного доступа. Органайзеры имеют разъём для подключения к компьютеру. Благодаря небольшому монохромному ЖК-дисплею, обеспечивающему низкое энергопотребление, информация в устройстве может храниться без подзарядки до 5 лет;
- *электронные книги (e-books)* – общее название группы узкоспециализированных компактных планшетных компьютерных устройств, предназначенных для отображения текстовой информации, представленной в электронном виде. Основным отличием данной группы компьютерных устройств от КПК, планшетных ПК или субноутбуков является ограниченная функциональность при существенно большем времени автономной работы. Это достигается за счет использования технологии *E-ink* («электронная бумага»). Дисплей, выполненный по этой технологии, отображает лишь несколько оттенков серого цвета и, что самое главное, потребляет энергию только для формирования изображения (перелистывания страницы);
- *ПК-блокнот (ноутбук)* – портативный ПК, в корпусе которого объединены типичные компоненты ПК, включая дисплей, клавиатуру и устройство указания (обычно сенсорная панель, или тачпад), а также аккумуляторные батареи. Ноутбуки отличаются небольшими размерами и весом, время их автономной работы изменяется в пределах от 1 часа до 15 часов.

Существуют две основные системы классификации ноутбуков, которые дополняют друг друга: на основе размера диагонали (весьма условна) и на основе назначения ноутбука и технических характеристик устройства.

Классификация на основе размера диагонали дисплея:

- *17 дюймов и более – «замена настольного ПК» (Desktop Replacement);*
- *14 – 16 дюймов – массовые ноутбуки (специального названия для данной категории ноутбуков не предусмотрено);*
- *11 – 13,3 дюйма – субноутбуки;*
- *9 – 11 дюйма – ультрапортативные ноутбуки;*
- *7 – 12,1 дюйма (не имеющие DVD привода) – нетбуки;*
- *менее 7 дюймов – наладонные компьютеры.*

«Замена настольного ПК» (Desktop Replacement). В качестве замены настольного ПК обычно выступают ноутбуки с диагональю экрана 17 дюймов и выше. Габариты и вес таких портативных компьютеров весьма значительны, что делает их неудобными при переносе. Однако относительно большой размер дисплея обеспечивает более комфортную работу, а объёмистый корпус позволяет установить мощные компоненты и обеспечить им достаточное охлаждение. Иногда в ноутбуках используются настольные варианты процессоров и системной логики, такие устройства называются *дескноутами* (DESKtop + NOTEbook = desknote). Ряд производителей устанавливает в большие ноутбуки 2 жёстких диска, которые обычно объединены в RAID-массив.

Ноутбуки с диагональю экрана 14 – 16 дюймов. Ноутбуки этой категории наиболее распространены. Они обладают приемлемыми габаритами и весом при сохранении достойного уровня производительности.

Субноутбуки – ноутбуки с диагональю экрана 11 – 13,3 дюйма. Такие ноутбуки отличаются малыми габаритами и весом, однако маленький размер

экрана снижает удобство работы с этим устройством. Размеры субноутбуков не позволяют установить мощные компоненты, поскольку возникают проблемы с охлаждением, поэтому в них часто применяются мобильные процессоры с пониженным энергопотреблением (модели LV или ULV). Субноутбуки редко оснащаются дискретными графическими адаптерами, а в некоторые модели не устанавливается дисковод оптических дисков.

Ультрапортативные ноутбуки - максимально мобильный ПК, отлично подходящий для работы в дороге. Ультрапортативные ноутбуки имеют очень компактные габариты и вес около 1 кг, обычно базируются на процессоре с пониженным энергопотреблением (например, Atom, AMD Fusion), что позволяет достичь одного из их преимуществ – рекордной (4-7 часов) автономности работы. Однако это сочетается с более высокой стоимостью при средней производительности и оснащённости. Также экран с маленькой диагональю (9-12 дюймов) некомфортен для длительной работы или игр. Могут использовать ОС Windows, Linux, Android, Chrome OS.

Нетбуки как отдельная категория ноутбуков были выделены из категории субноутбуков в первом квартале 2008 года компанией Intel. Размер диагонали нетбуков от 7 до 12,1 дюйма. Нетбуки ориентированы на просмотр веб-страниц, работу с электронной почтой и офисными программами. Для этих ноутбуков разработаны специальные энергоэффективные процессоры Intel Atom, VIA C7, VIA Nano, AMD Geode. Малый размер экрана, небольшая клавиатура и низкая производительность подобных устройств компенсируется умеренной ценой и относительно большим временем автономной работы. Габариты обычно не позволяют установить в нетбук дисковод оптических дисков, однако Wi-Fi-адаптер является обязательным компонентом.

На основе назначения ноутбука и технических характеристик устройства выделяются:

- *бюджетные ноутбуки,*
- *ноутбуки среднего класса,*

- *бизнес-ноутбуки,*
- *мультимедийные ноутбуки,*
- *игровые ноутбуки,*
- *мобильная рабочая станция,*
- *имиджевые ноутбуки,*
- *защищённые ноутбуки,*
- *ноутбуки с сенсорным дисплеем.*

Бюджетные ноутбуки – ноутбуки с низкой ценой и ограниченными возможностями. Такие ноутбуки основаны на дешёвых процессорах Intel Celeron M и AMD Mobile Sempron, а также младших моделях Intel Core 2 Duo и AMD Turion, иногда применяются процессоры VIA C7. Бюджетные процессоры зачастую обладают не лучшей энергоэффективностью, что отрицательно сказывается на времени автономной работы ноутбуков. В ряде сверхбюджетных моделей отсутствует Wi-Fi-адаптер. Диагональ экрана обычно 14 – 15 дюймов, хотя ряд производителей предлагает модели с диагональю 17 дюймов. Особую позицию в ряду бюджетных ноутбуков занимают нетбуки с диагональю экрана 7 – 10,2 дюйма. Данные устройства изначально разрабатывались для нижнего ценового сегмента. Однако их производительность и комфорт работы не высоки, а стоимость многих моделей сравнима с обычными бюджетными ноутбуками, что делает их не лучшим выбором на роль основного компьютера.

Ноутбуки среднего класса – самая обширная и довольно размытая категория ноутбуков. Диагональ экрана такого устройства может быть любой. Ноутбуки данной категории не обладают выдающейся производительностью, видеоадаптер – встроенный или дискретный младших серий, процессор – начального или среднего уровня. Корпус таких портативных компьютеров чаще всего выполнен из пластика, дизайн простой, не выделяющийся. Производители, как правило, относят модели среднего класса к офисным и mainstream-сериям, иногда данные портативные компьютеры позиционируются

как «мультимедийные ноутбуки эконом-класса» или даже как «игровой ноутбук эконом-класса» (в этом случае в ноутбуке установлена видеокарта среднего уровня и недорогой процессор). Большую часть ноутбуков категории «замена настольного ПК» также можно отнести к ноутбукам среднего класса.

Бизнес-ноутбуки предназначены для деловых людей. По своим техническим характеристикам они практически аналогичны ноутбукам среднего класса и отличаются от них в основном строгим и лаконичным дизайном, а также применением более дорогих материалов. Бизнес-ноутбуки довольно часто относятся к категории субноутбуков (предназначены в первую очередь для тех, кто часто ездит в командировки), редко – к категории «замена настольного ПК» (для тех, кому выносить ноутбук за пределы офиса не нужно). Некоторые модели оснащаются профессиональными видеокартами Quadro NVS, предназначенными для вывода информации на несколько внешних дисплеев (данные видеоадаптеры сертифицированы для корпоративных приложений). Встречаются даже бизнес-нетбуки (HP 2133 Mini-Note PC).

Мультимедийные ноутбуки – ещё одна довольно размытая категория ноутбуков. Позиционирование портативного ПК как мультимедийного зависит от производителя. Обычно к мультимедийным ноутбукам относят ноутбуки с видеокартами и процессорами среднего класса, что позволяет использовать ноутбук практически в любых целях, в том числе и для игры в большинство компьютерных игр. Размер диагонали экрана – 15,6 – 18,4 дюймов, мультимедийных ноутбуков с меньшей диагональю почти не встречается, поскольку маленький размер дисплея затрудняет выполнение мультимедийных функций. Простые мультимедийные ноутбуки практически не отличаются от ноутбуков среднего класса. Иногда можно встретить небольшой экран на задней стороне крышки, который позволяет просматривать изображения и видеоклипы, не открывая ноутбук. Довольно часто встречается возможность просмотра фильмов и других мультимедийных файлов без загрузки

операционной системы. Продвинутое мультимедийные ноутбуки оснащаются ТВ-тюнером и пультом дистанционного управления.

Игровые ноутбуки предназначены для решения особо ресурсоемких задач, например, для компьютерных игр. Основное отличие игрового ноутбука – производительный процессор и мощная видеокарта. Несмотря на то что мобильные версии видеокарт уступают настольным, они способны обеспечить достаточно комфортные условия даже в самых требовательных играх. Некоторые производители предлагают ноутбуки с двумя графическими адаптерами, работающими в режиме SLI/Crossfire (в моделях класса Desktop Replacement), на самые дорогие модели возможна установка полноценного настольного процессора, имеется эффективная система охлаждения.

Ноутбуки класса *мобильная рабочая станция* предназначены для профессиональной работы в программах трёхмерного моделирования и САПР. Ключевым отличием мобильной рабочей станции от прочих ноутбуков является использование мобильных версий профессиональных видеокарт NVidia Quadro FX или ATI FireGL. Обычно на подобных ноутбуках установлен производительный процессор, а дисплей имеет большое разрешение (вплоть до 1920x1200 на моделях с размером диагонали экрана 15,4 – 17 дюймов).

Имиджевые ноутбуки выделяются среди прочих ярким и запоминающимся дизайном. Для изготовления корпусов имиджевых ноутбуков часто применяются такие материалы, как сталь, алюминий, карбон и другие необычные материалы. Встречаются модели, украшенные какими-либо драгоценностями. Типичный имиджевый ноутбук относится к классу субноутбуков, однако имиджевые модели встречаются среди моделей всех размеров. К классу имиджевых ноутбуков иногда относят некоторые модели игровых и бизнес-ноутбуков. Производительность имиджевых ноутбуков может быть весьма низкой (компактные модели), а может быть и весьма высокой (Dell Adamo, Asus Lamborghini, игровые ноутбуки Asus G-серии, Toshiba Qosmio и др.).

Защищённые ноутбуки («внедорожники») предназначены для работы в экстремальных условиях. Они обладают повышенной устойчивостью к вибрации, ударам, большой запылённости и влажности, агрессивным химическим средам, могут работать при экстремальных температурах. Производители предлагают модели с различными классами защиты. Такие ноутбуки находят применение в армии, аварийно-спасательных службах (МЧС, пожарные и др.), могут служить в качестве промышленных компьютеров и т. п. Зачастую подобные устройства разрабатываются по специальному заказу государственных организаций (в основном вооружённых сил). В защищённых ноутбуках используются специальные компоненты, устойчивые к внешним воздействиям. Широкое применение находят твердотельные жёсткие диски (SSD). Широкому распространению защищённых ноутбуков препятствует их высокая цена и большой вес.

Ноутбуки с сенсорным экраном представляют собой гибрид планшетного ПК и ноутбука, поэтому такие компьютеры также называют планшетными ноутбуками. От планшетных ПК им достался сенсорный экран, а от ноутбука корпус с полноценной клавиатурой. Позиционирование подобных портативных компьютеров зависит от производителя, некоторые относят данные устройства к ноутбукам, другие – к планшетным компьютерам. Как правило, дисплей на таких ноутбуках сделан поворотным, что значительно расширяет функциональность устройства и позволяет использовать его как в качестве ноутбука, так и в качестве полноценного планшетного компьютера. Диагональ экрана планшетных ноутбуков обычно не превышает 15 дюймов, производительность средняя. Эти особенности связаны с высокой стоимостью и относительно большим энергопотреблением сенсорных панелей. Преимуществом таких ноутбуков перед другими категориями портативных компьютеров является возможность вводить информацию непосредственно на экране, а перед планшетными ПК – полноценная клавиатура, позволяющая без проблем набирать большие объёмы текста. Основными недостатками является

большая стоимость и относительно низкая производительность подобных устройств. К недостаткам также можно отнести меньшую надёжность поворотного шарнира (по сравнению с традиционными ноутбуками).

К недостаткам всех ноутбуков можно отнести:

- *высокую цену.* Пожалуй, самый главный недостаток ноутбуков. Полностью укомплектованный настольный компьютер (в комплекте с монитором, устройствами ввода – клавиатурой и мышкой – и акустической системой) равной с ноутбуком стоимости будет более производительным. Следует заметить, что с постоянным развитием технологий различие в ценах постепенно сокращается и на сегодняшний момент уже не является столь принципиальным;
- *низкую максимальную производительность.* Компактные размеры ноутбуков предъявляют особые требования к охлаждению, поэтому компоненты используемые в ноутбуках имеют жёсткие ограничения по тепловыделению, а следовательно, и мощности. Даже мощные игровые ноутбуки и мобильные рабочие станции не могут сравниться с производительными настольными ПК, предназначенными для таких требовательных задач, как компьютерные игры, трёхмерное моделирование и проектирование, рендеринг, инженерные расчёты и т. п. Немногочисленные *десктопы* исправить положение не могут, поскольку для них существуют те же ограничения по габаритам и тепловыделению, что и для других ноутбуков. Поэтому в *десктопах* устанавливаются не самые производительные настольные процессоры и используются мобильные версии видеокарт;
- *ограниченность модернизации.* В отличие от настольных компьютеров возможность модернизации ноутбуков сильно ограничена. В портативных компьютерах как правило предусмотрена возможность самостоятельной замены ОЗУ и жёсткого диска. Модернизация

видеокарты в большинстве ноутбуков не предусмотрена, хотя встречаются модели, позволяющие осуществить и замену графического адаптера;

- *возможные проблемы совместимости с различными операционными системами.* Производители ноутбуков редко осуществляют поддержку семейства операционных систем, отличных от предустановленной на данную модель ноутбука. Кроме того, в ноутбуках часто используются специфические компоненты, поэтому проблемы совместимости с другими ОС возникают значительно чаще, чем для настольных компьютеров.

Кроме того, недостатками ноутбуков, являющимися следствием мобильности портативных компьютеров являются:

- *качество встроенных компонентов.* В отличие от настольных компьютеров в ноутбук встроены дисплей и устройства ввода (клавиатура и тачпад). Это является несомненным достоинством ноутбуков, но вместе с тем качество и удобство использования встроенных компонентов зачастую невысоки. Клавиатура ноутбуков обычно имеет меньше клавиш, чем настольная (за счёт совмещённого цифрового блока клавиш), а размеры клавиш, особенно у субноутбуков и нетбуков, могут быть очень маленькими и неудобными для некоторых пользователей. Тачпад менее удобен, чем компьютерная мышь. Угол обзора и цветовой охват мониторов ноутбуков невысоки, что делает их практически непригодными для обработки фотографий, размер экрана в большинстве моделей довольно небольшой. Следует отметить, что перечисленные недостатки встроенных элементов вполне закономерны для мобильных устройств и их можно легко компенсировать подключением внешних компонентов (монитора, клавиатуры, компьютерной мыши), однако это увеличивает конечную стоимость ноутбука и несколько снижает мобильность портативного компьютера;

- *система охлаждения* электронных компонентов ноутбука зачастую не обеспечивает адекватного теплоотвода, а обороты вентиляторов в силу их малых размеров очень высоки, что порождает сильный высокочастотный шум, от которого невозможно избавиться. Микросхемы ноутбуков чаще перегреваются до температур деградации и выходят из строя – в особенности, если пользователи, пренебрегая этим фактором, располагают включённый ноутбук на подушке. В настольных компьютерах организация адекватного охлаждения обычно не представляет труда, особенно в случае современных корпусов с расположением блока питания снизу;
- *повышенная вероятность поломки*. Мобильность ноутбуков порождает ещё одну проблему, которую тоже иногда заносят в недостатки портативных компьютеров – большая вероятность поломки по сравнению с настольным ПК. Ноутбуки чаще роняют. Существует вероятность сломать дисплей ноутбука при закрытии крышки (если между клавиатурой и дисплеем попадёт посторонний предмет). Если залить клавиатуру ноутбука какой-либо жидкостью, то велика вероятность выхода портативного компьютера из строя (в то время, как в настольном компьютере из строя выйдет только клавиатура). Вместе с тем вероятность поломки *защищённых ноутбуков* обычно гораздо ниже чем у настольных компьютеров и сопоставима с промышленными компьютерами;
- *сложность ремонта*. Компактность компоновки, хрупкость деталей, наличие очень маленьких компонентов сильно затрудняют разборку и ремонт, особенно в неподходящих условиях. Некоторое время назад ремонт ноутбуков был весьма рентабелен; однако сейчас, когда стоимости компонентов и изделий неизбежно падают, а стоимость ручного труда квалифицированного мастера наоборот возросла, всё чаще встречаются случаи, когда проще приобрести новое изделие. В противоположность этому, ремонт обычных настольных ЭВМ, как правило, не проблема.

Вопросы для самопроверки к главе 1

1. Перечислите поколения ЭВМ и их особенности.
2. В чём отличие ЭВМ общего назначения от специализированных ЭВМ?
3. Перечислите технико-эксплуатационные характеристики ЭВМ.
4. Для вычислительной системы какого типа по систематике Флинна характерна работа в режиме разделения времени?
5. Чем MIMD –процессоры отличаются от SIMD-процессоров?
6. Что вы понимаете под термином «суперкомпьютер»?
7. Какая вычислительная система согласно списку Top500 является самой производительной в настоящее время?
8. Что такое флопс?
9. Что такое сервер?
10. Чем рабочая станция отличается от сетевого компьютера?
11. Какие виды персональных компьютеров вы знаете?
12. Что такое планшетный ПК?
13. Перечислите достоинства и недостатки ноутбуков.

Глава 2. Основные блоки ЭВМ и их назначение

В основу построения подавляющего большинства ЭВМ положены следующие общие принципы, сформулированные в 1945 году американским ученым венгерского происхождения Джоном фон Нейманом.

1. *Принцип двоичного кодирования.* Согласно этому принципу вся информация, поступающая в ЭВМ, кодируется с помощью двоичных сигналов.

2. *Принцип программного управления.* Из него следует, что программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности.

3. *Принцип однородности памяти.* Программы и данные хранятся в одной и той же памяти. Поэтому ЭВМ не различает, что хранится в данной ячейке памяти: число, текст или команда. Над командами можно выполнять такие же действия, как и над данными.

4. *Принцип адресности.* Структурно основная память состоит из пронумерованных ячеек; процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка. Отсюда следует возможность давать имена областям памяти так, чтобы к запомненным в них значениям можно было бы впоследствии обращаться или менять их в процессе выполнения программы с использованием присвоенных имен.

Согласно фон Нейману ЭВМ состоит из следующих основных блоков (рис. 2.1):

- 1) устройства ввода/вывода информации,
- 2) память компьютера,
- 3) устройство управления (УУ),
- 4) арифметико-логическое устройство (АЛУ).

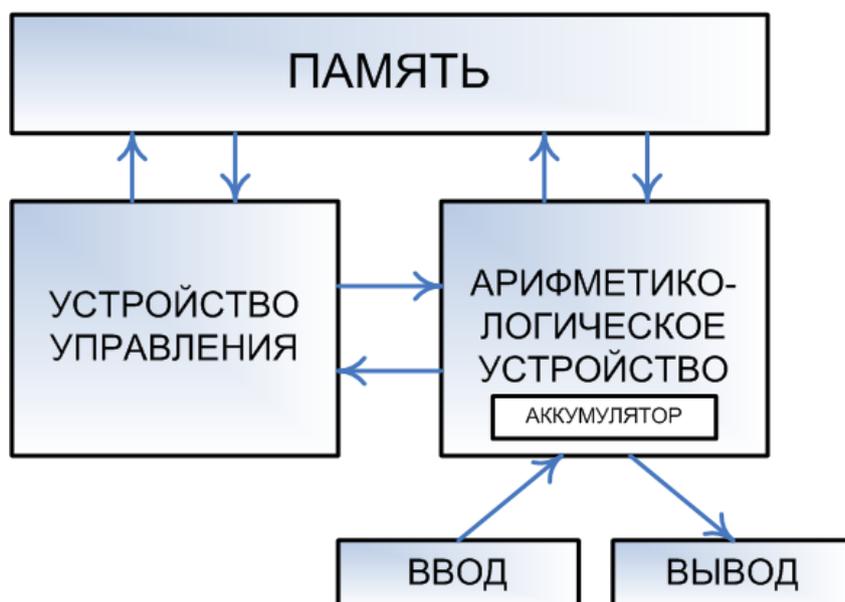


Рис. 2.1. Схематичное изображение машины фон Неймана

Машины, построенные на этих принципах, называются фон-неймановскими.

В противоположность архитектуре фон Неймана с совместным хранением программ и данных в памяти компьютера существует также и гарвардская архитектура, отличительным признаком которой является раздельное хранение и обработка команд и данных. Архитектура была разработана Говардом Эйкеном в конце 1930-х годов в Гарвардском университете. Однако широкого распространения данная архитектура не получила.

Наличие жёстко заданного набора исполняемых команд и программ было характерной чертой первых компьютерных систем. Сегодня подобный дизайн применяют с целью упрощения конструкции вычислительного устройства. Так, настольные калькуляторы, в принципе, являются устройствами с фиксированным набором выполняемых программ.

Всё изменила идея хранения компьютерных программ в общей памяти. Ко времени её появления использование архитектур, основанных на наборах исполняемых инструкций и представление вычислительного процесса, как процесса выполнения инструкций, записанных в программе, чрезвычайно

увеличило гибкость вычислительных систем в плане обработки данных. Один и тот же подход к рассмотрению данных и инструкций сделал лёгкой задачу изменения самих программ.

Структурная схема персонального компьютера, основанного на принципах фон Неймана, представлена на рис. 2.2. В неё входят следующие устройства.

Центральный микропроцессор. Это центральный блок ПК, предназначенный для управления работой всех блоков машины и для выполнения арифметических и логических операции над информацией. Центральный процессор выполнен в виде микропроцессора.

Генератор тактовых импульсов. Он генерирует последовательность электрических импульсов; частота генерируемых импульсов определяет тактовую частоту машины. Промежуток времени между соседними импульсами определяет время одного такта работы машины или просто *такт работы машины*. Частота генератора тактовых импульсов является одной из основных характеристик персонального компьютера и во многом определяет скорость его работы, ибо каждая операция в машине выполняется за определенное количество тактов.

Системная шина. Это основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь всех его устройств между собой. Она включает в себя:

- *кодovou шину данных (КШД)*, содержащую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов числового кода (машинного слова) операнда;
- *кодovou шину адреса (КША)*, включающую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов кода ячейки основной памяти или порта ввода-вывода внешнего устройства;

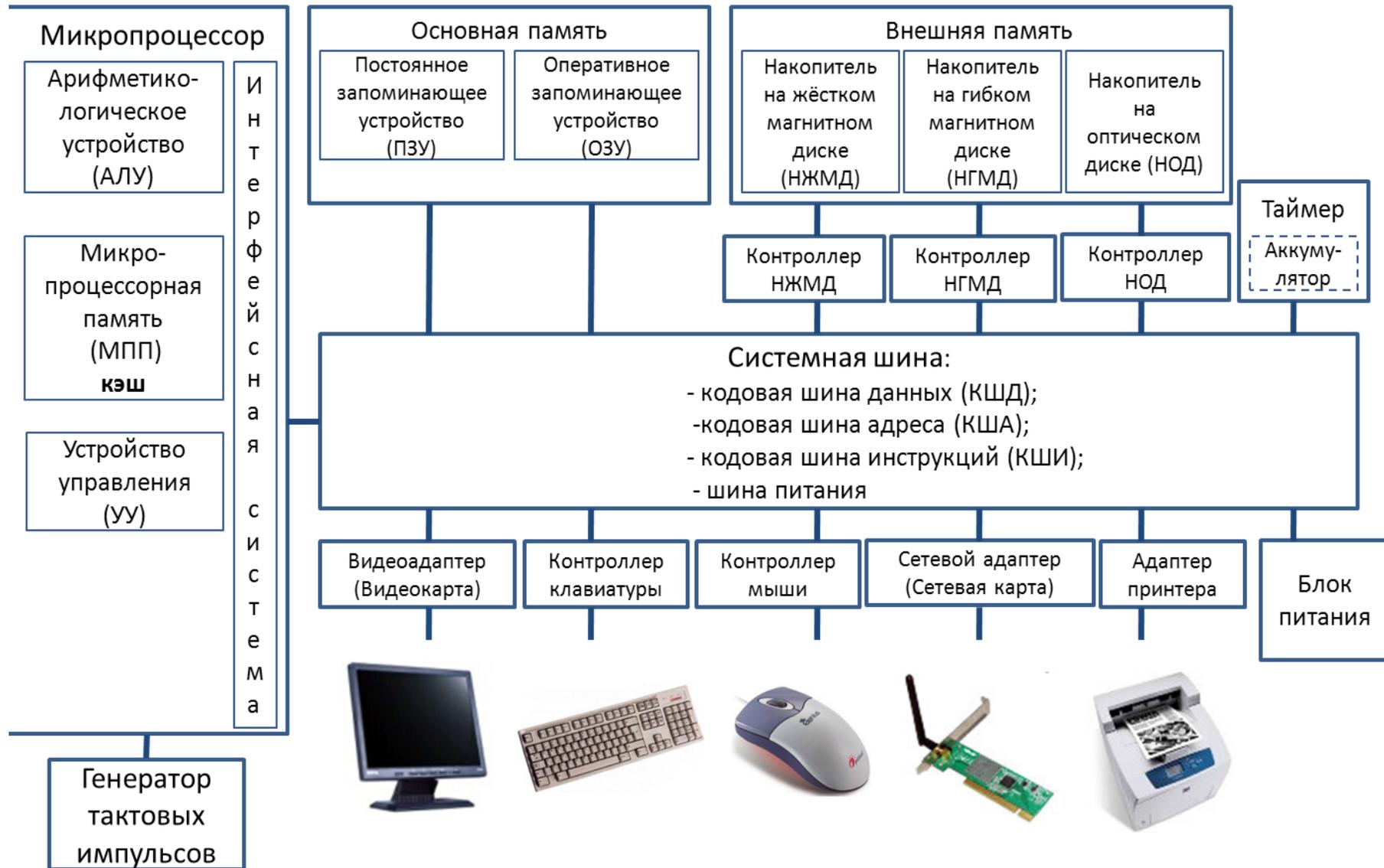


Рис. 2.2. Структурная схема ПК

- *кодovou шину инструкций* (КШИ), содержащую провода и схемы сопряжения для передачи инструкций (управляющих сигналов, импульсов) во все блоки машины;
- *шину питания*, имеющую провода и схемы сопряжения для подключения блоков ПК к системе энергопитания.

Системная шина обеспечивает три направления передачи информации:

- 1) между микропроцессором и основной памятью,
- 2) между микропроцессором и портами ввода-вывода внешних устройств,
- 3) между основной памятью и портами ввода-вывода внешних устройств

(в режиме прямого доступа к памяти).

Все блоки, а точнее их порты ввода-вывода через соответствующие унифицированные разъемы (стыки) подключаются к шине единообразно: непосредственно или через *контроллеры (адаптеры)*. Управление системной шиной осуществляется микропроцессором либо непосредственно, либо, что чаще, через дополнительную микросхему – *контроллер шины*, формирующий основные сигналы управления. Обмен информацией между внешними устройствами и системной шиной выполняется с использованием ASCII-кодов.

Основная память (ОП). Она предназначена для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств: *постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)* и *оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)*.

ПЗУ служит для хранения неизменяемой (постоянной) программной и справочной информации, позволяет оперативно только считывать хранящуюся в нем информацию (изменить информацию в ПЗУ нельзя).

ОЗУ предназначено для оперативной записи, хранения и считывания информации (программ и данных), непосредственно участвующей в информационно-вычислительном процессе, выполняемом ПК в текущий период времени. Главными достоинствами оперативной памяти являются ее высокое быстродействие и возможность обращения к каждой ячейке памяти отдельно (прямой адресный доступ к ячейке). В качестве недостатка ОЗУ

следует отметить невозможность сохранения информации в ней после выключения питания машины (*энергозависимость*).

Источник питания. Это блок, содержащий системы автономного и сетевого энергопитания ПК.

Таймер. Это внутримашинные электронные часы, обеспечивающие при необходимости автоматический съём текущего момента времени (год, месяц, часы, минуты, секунды и доли секунд). Таймер подключается к автономному источнику питания – аккумулятору и при отключении машины от сети продолжает работать.

Внешние устройства (ВУ). ВУ ПК обеспечивают взаимодействие машины с окружающей средой; пользователями, объектами управления и другими ЭВМ. Все внешние устройства подключаются к системной шине компьютера через *адаптеры (контроллеры)*.

Адаптер (в широком смысле) – это устройство, реализующее интерфейс между двумя разными электронными устройствами, в узком смысле – устройство связи компьютера с периферийными устройствами.

По назначению можно выделить следующие виды ВУ:

- *внешние запоминающие устройства (ВЗУ) или внешняя память ПК-* используется для долговременного хранения любой информации, которая может когда-либо потребоваться для решения задач. В частности, во внешней памяти хранится все программное обеспечение компьютера. Внешняя память содержит разнообразные виды запоминающих устройств: накопители на жестких (НЖМД), гибких (НГМД) магнитных, оптических (НОД) и флэш – дисках; реже накопители на кассетной магнитной ленте (стримеры);
- *устройства вывода информации:* монитор, принтер, плоттер, акустическая система;
- *устройства ввода информации:* клавиатура, устройства целеуказания (мышь, трекбол, сенсорная панель, джойстик), сканер, микрофон, веб-камера;
- *средства связи и телекоммуникации.*

Конструктивно ПК выполнены в виде центрального системного блока, к которому через разъемы подключаются внешние устройства: дополнительные устройства памяти, клавиатура, дисплей, принтер и др.

Системный блок обычно включает в себя:

- системную плату,
- блок питания,
- накопители на дисках,
- разъемы для дополнительных устройств.

На системной плате (часто ее называют материнской платой – Mother Board), как правило, размещаются:

- микропроцессор;
- генератор тактовых импульсов;
- блоки (микросхемы) ОЗУ и ПЗУ;
- контроллеры клавиатуры, НЖМД, НГМД и НОД;
- микросхемы чипсета;
- разъемы (слоты) для подключения плат расширения;
- таймер и др.

Вопросы для самопроверки к главе 2

1. Сформулируйте принципы Джона фон Неймана.
2. Перечислите основные блоки ЭВМ согласно Джону фон Нейману.
3. В чём отличие архитектуры фон Неймана от гарвардской?
4. Перечислите и опишите основные компоненты современного ПК.
5. Чем ОЗУ отличается от ПЗУ?
6. Какова функция системного таймера?
7. Какие функции выполняет адаптер?
8. Какие типы внешних устройств Вы знаете?
9. Какие функциональные блоки ПК размещаются на материнской плате?

Глава 3. Микропроцессор

§ 1. Устройство микропроцессора

Центральный процессор (ЦПУ, CPU – Central Processing Unit) – это основной рабочий компонент компьютера, который выполняет арифметические и логические операции, заданные программой, управляет вычислительным процессом и координирует работу всех устройств компьютера.

Современные процессоры выполняются в виде микропроцессоров (МП). Физически микропроцессор представляет собой интегральную схему – тонкую пластинку кристаллического кремния прямоугольной формы площадью всего несколько квадратных миллиметров, на которой размещены схемы, реализующие все функции процессора. Кристалл-пластинка обычно помещается в пластмассовый или керамический плоский корпус и соединяется золотыми проводками с металлическими штырьками, чтобы его можно было присоединить к системной плате компьютера.

Микропроцессор выполняет следующие функции:

- выборку команд программы из основной памяти;
- дешифрацию команд;
- выполнение арифметических, логических и других операций, закодированных в командах;
- управление пересылкой информации между регистрами и основной памятью, между устройствами ввода/вывода;
- обработку сигналов от устройств ввода/вывода, в том числе реализацию прерываний с этих устройств;
- управление и координацию работы основных узлов МП.

Большинство современных процессоров для персональных компьютеров основаны на той или иной версии циклического процесса последовательной обработки информации, изобретённого Джоном фон Нейманом. Джон фон

Нейман придумал схему постройки компьютера в 1946 году.

Этапы цикла выполнения:

- 1) процессор выставляет число, хранящееся в регистре счётчика команд, на шину адреса, и отдаёт памяти команду чтения;
- 2) выставленное число является для памяти адресом; память, получив адрес и команду чтения, выставляет содержимое, хранящееся по этому адресу, на шину данных, и сообщает о готовности;
- 3) процессор получает число с шины данных, интерпретирует его как команду (машинную инструкцию) из своей системы команд и исполняет её;
- 4) если последняя команда не является командой перехода, процессор увеличивает на единицу (в предположении, что длина каждой команды равна единице) число, хранящееся в счётчике команд; в результате там образуется адрес следующей команды;
- 5) снова выполняется п. 1.

Данный цикл выполняется неизменно, и именно он называется *процессом* (откуда и произошло название устройства).

Команды центрального процессора являются самым нижним уровнем управления компьютером, поэтому выполнение каждой команды неизбежно и безусловно. Не производится никакой проверки на допустимость выполняемых действий, в частности, не проверяется возможная потеря ценных данных. Чтобы компьютер выполнял только допустимые действия, команды должны быть соответствующим образом организованы в виде необходимой программы.

Скорость перехода от одного этапа цикла к другому определяется тактовым генератором. Тактовый генератор вырабатывает импульсы, служащие ритмом для центрального процессора. Частота тактовых импульсов называется тактовой частотой.

Функционально микропроцессор можно разделить на две части:

- *операционную, содержащую устройство управления (УУ), арифметико-логическое устройство (АЛУ) и микропроцессорную память (МПП)* за исключением некоторых адресных регистров;

- *интерфейсную*, содержащую адресные регистры, причём интерфейсная часть опережает операционную, так что выборка очередной команды из памяти выполняется во время выполнения операционной части предыдущей команды.

Устройство управления (УУ) является функционально наиболее сложным устройством ПК – оно вырабатывает управляющие сигналы, поступающие по кодовым шинам инструкций (КШИ) во все блоки машины. Упрощенная функциональная схема УУ показана на рис. 3.1.

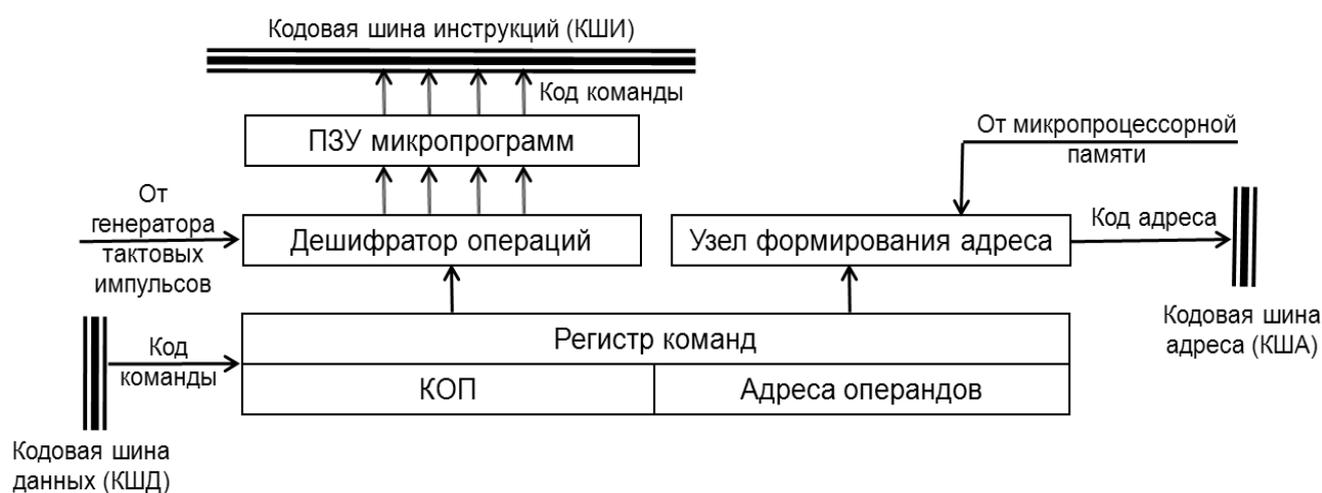


Рис. 3.1. Укрупнённая схема УУ

На рис. 3.1 представлены:

- *регистр команд* – запоминающий регистр, в котором хранится код команды: код выполняемой операции (КОП) и адреса операндов, участвующих в операции. Регистр команд расположен в интерфейсной части МП, в блоке регистров команд;
- *дешифратор операций* – логический блок, выбирающий в соответствии с поступающим из регистра команд кодом операции (КОП) один из множества имеющихся у него выходов;
- *постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) микропрограмм* хранит в своих ячейках управляющие сигналы (импульсы), необходимые для выполнения в блоках ПК процедур обработки информации. Импульс

по выбранному дешифратором операций в соответствии с кодом операции проводу считывает из ПЗУ микропрограмм необходимую последовательность управляющих сигналов;

- *узел формирования адреса* (находится в интерфейсной части МП) – устройство, вычисляющее полный адрес ячейки памяти (регистра) по реквизитам, поступающим из регистра команд и регистров МПП;
- *кодовые шины данных, адреса и инструкций* – часть внутренней интерфейсной шины микропроцессора.

В общем случае УУ формирует управляющие сигналы для выполнения следующих основных процедур:

- выборки из регистра-счетчика (IP) адреса команды МПП и адреса ячейки ОЗУ, где хранится очередная команда программы;
- выборки из ячеек ОЗУ кода очередной команды и приема считанной команды в регистр команд;
- расшифровки кода операции и признаков выбранной команды;
- считывания из соответствующих расшифрованному коду операции ячеек ПЗУ микропрограмм управляющих сигналов (импульсов), определяющих во всех блоках машины процедуры выполнения заданной операции, и пересылки управляющих сигналов в эти блоки;
- считывания из регистра команд и регистров МПП отдельных составляющих адресов операндов (чисел), участвующих в вычислениях, и формирование полных адресов операндов;
- выборки операндов (по сформированным адресам) и выполнения заданной операции обработки этих операндов;
- записи результатов операции в память;
- формирования адреса следующей команды программы.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) предназначено для выполнения арифметических и логических операций преобразования информации. Функционально в простейшем варианте АЛУ (рис. 3.2) состоит из двух

регистров, сумматора и схем управления (местного устройства управления).

Сумматор – вычислительная схема, выполняющая процедуру сложения поступающих на ее вход двоичных кодов; сумматор имеет разрядность двойного машинного слова.

Регистры – быстродействующие ячейки памяти различной длины: регистр 1 имеет разрядность двойного слова, а регистр 2 – разрядность слова. При выполнении операций в регистр 1 помещается первое число, участвующее в операции, а по завершении операции – результат; в регистр 2 – второе число, участвующее в операции (по завершении операции информация в нем не изменяется). Регистр 1 может и принимать информацию с кодовых шин данных, и выдавать информацию на них; регистр 2 только получает информацию с этих шин.

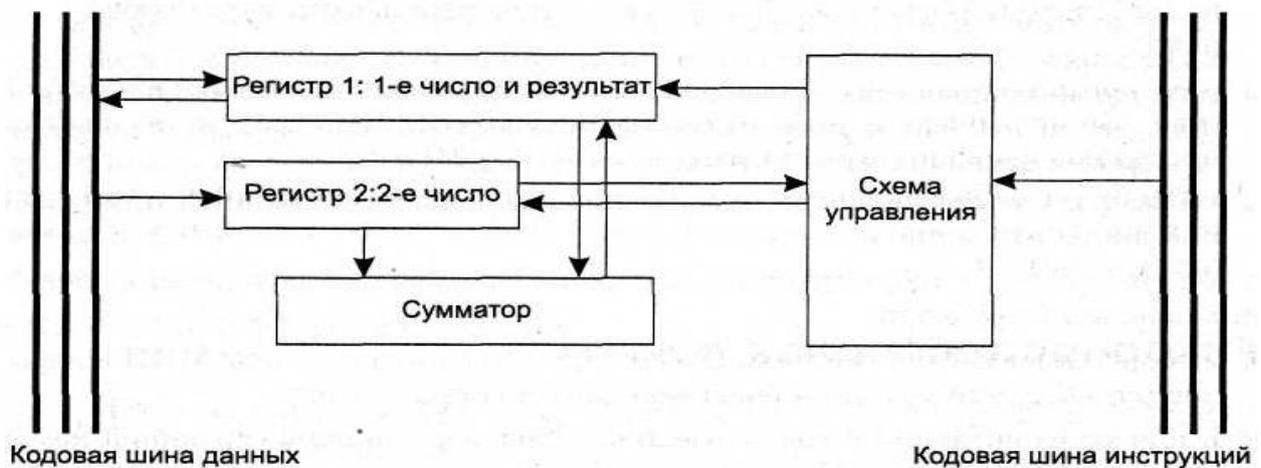


Рис. 3.2. Функциональная схема АЛУ

Схемы управления принимают по кодовым шинам инструкций управляющие сигналы от устройства управления и преобразуют их в сигналы для управления работой регистров и сумматора АЛУ.

АЛУ выполняет арифметические операции « + », « - », « × » и « ÷ » только над двоичной информацией с запятой, фиксированной после последнего разряда, то есть только над целыми двоичными числами. Выполнение операций над двоичными числами с плавающей запятой и над двоично-кодированными десятичными числами осуществляется с привлечением математического сопроцессора или по специально составленным программам.

Микропроцессорная память (МПП) базового МП 8088 включает в себя 14 двухбайтовых запоминающих регистров. У МП 80286 и выше имеются дополнительные регистры, например, у МП типа VLIW есть 256 регистров, из которых 128 – регистры общего назначения. У МП 80386 и выше некоторые регистры, в том числе и регистры общего назначения, – четырехбайтовые (у МП Pentium есть и восьмибайтовые регистры). Но в качестве базовой модели, в частности, для языка программирования Assembler и отладчика программ Debug используется 14-регистровая система МПП.

Все регистры можно разделить на четыре группы (рис. 3.3):

- *универсальные регистры: AX, BX, CX, DX;*
- *сегментные регистры: CS, DS, SS, ES;*
- *регистры смещения: IP, SP, BP, SI, DI;*
- *регистр флагов: FL.*

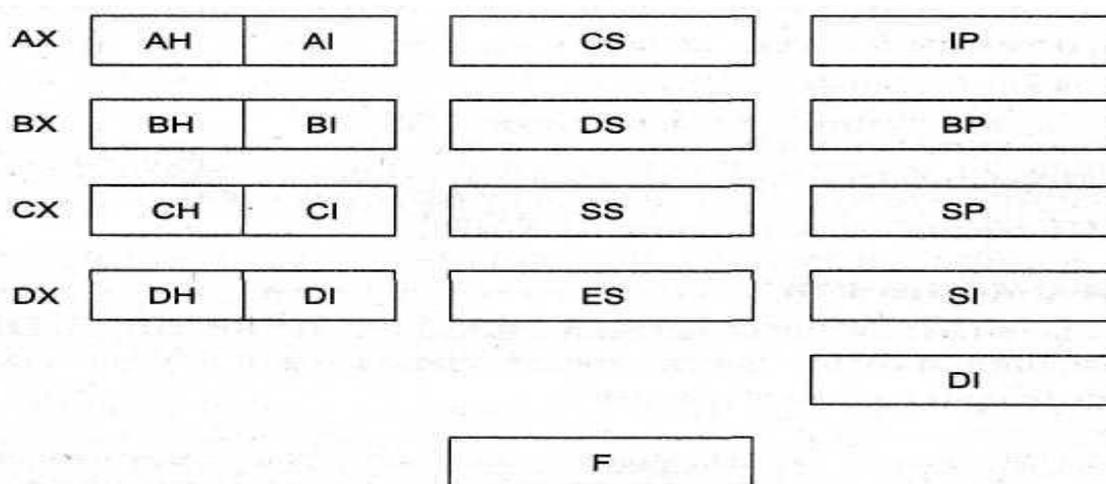


Рис. 3.3. Регистры МП 8088

Универсальные регистры

Регистры AX, BX, CX и DX являются универсальными (их часто называют регистрами общего назначения – РОН); каждый из них может использоваться для временного хранения любых данных, при этом позволено работать с каждым регистром целиком, а можно отдельно и с каждой его половиной (регистры AH, BH, CH, DH – старшие (High) байты, а регистры AL, BL, CL, DL – младшие (Low) байты соответствующих двухбайтовых

регистров). Но каждый из универсальных регистров может использоваться и как специальный при выполнении некоторых конкретных команд программы. В частности:

- *регистр AX* – регистр-аккумулятор, через его порты осуществляется ввод-вывод данных в МП, а при выполнении операций умножения и деления AX используется для хранения первого числа, участвующего в операции (множимого, делимого), и результата операции (произведения, частного) после ее завершения;
- *регистр BX* часто используется для хранения адреса базы в сегменте данных и начального адреса поля памяти при работе с массивами;
- *регистр CX* – регистр-счетчик используется как счетчик числа повторений при циклических операциях;
- *регистр DX* используется как расширение регистра-аккумулятора при работе с 32-разрядными числами и при выполнении операций умножения и деления, используется для хранения номера порта при операциях ввода-вывода и т. д.

Сегментные регистры

Регистры сегментной адресации CS, DS, SS, ES используются для хранения начальных адресов полей памяти (сегментов), отведенных в программах для хранения:

- команд программы (*сегмент кода – CS*);
- данных (*сегмент данных – DS*);
- стековой области памяти (*сегмент стека – SS*);
- дополнительной области памяти данных при межсегментных пересылках (*расширенный сегмент – ES*), поскольку размер сегмента в реальном режиме работы МП ограничен величиной 64 Кбайт.

Регистры смещений

Регистры смещений (внутрисегментной адресации) IP, SP, BP, SI, DI предназначены для хранения относительных адресов ячеек памяти внутри сегментов (смещений относительно начала сегментов):

- *регистр IP (Instruction Pointer)* – смещение адреса текущей команды программы;
- *регистр SP (Stack Pointer)* смещение вершины стека (текущего адреса стека);
- *регистр BP (Base Pointer)* – смещение начального адреса поля памяти, непосредственно отведенного под стек;
- *регистры SI, DI (Source Index и Destination Index* соответственно) предназначены для хранения адресов индекса источника и приемника данных при операциях над строками и им подобных.

Регистр флагов

Регистр флагов F содержит условные одноразрядные признаки-маски, или флаги, управляющие прохождением программы в ПК; флаги работают независимо друг от друга, и лишь для удобства они помещены в единый регистр. Всего в регистре содержится 9 флагов: 6 из них *статусные*, они отражают результаты операций, выполненных в компьютере (их значения используются, например, при выполнении команд условной передачи управления – команд ветвления программы), а 3 других – *управляющие*, непосредственно определяют режим исполнения программы.

Статусные флаги:

CF (Carry Flag) – флаг переноса. Содержит значение «переносов» (0 или 1) из старшего разряда при арифметических операциях и некоторых операциях сдвига и циклического сдвига;

PF (Parity Flag) – флаг чётности. Проверяет младшие восемь битов результатов операций над данными. Нечетное число единичных битов приводит к установке этого флага в 0, а четное – в 1;

AF (Auxiliary Carry Flag) – флаг логического переноса в двоично-десятичной арифметике. Вспомогательный флаг переноса устанавливается в 1, если арифметическая операция приводит к переносу или заёму четвертого справа бита однобайтового операнда. Этот флаг используется при арифметических операциях над двоично-десятичными кодами и кодами ASCII;

ZF (Zero Flag) – флаг нуля. Устанавливается в 1, если результат операции равен нулю; если результат не равен нулю, ZF обнуляется;

SF (Sign Flag) – флаг знака. Устанавливается в соответствии со знаком результата после арифметических операций: положительный результат устанавливает флаг в 0, отрицательный – в 1;

OF (Overflow Flag) – флаг переполнения. Устанавливается в 1 при арифметическом переполнении: если возник перенос в знаковый разряд при выполнении знаковых арифметических операций, если частное от деления слишком велико и переполняет регистр результата и т. д.

Управляющие флаги:

TF (Trap Flag) – флаг системного прерывания (трассировки). Единичное состояние этого флага переводит процессор в режим пошагового выполнения программы (режим трассировки);

IF (Interrupt Flag) флаг прерываний. При нулевом состоянии этого флага прерывания запрещены, при единичном – разрешены;

DF (Direction Flag) – флаг направления. Используется в строковых операциях для задания направления обработки данных. При нулевом состоянии флага команда увеличивает содержимое регистров SI и DI на единицу, обуславливая обработку строки «слева направо»; при единичном – «справа налево».

Интерфейсная часть МП предназначена для связи и согласования МП с системной шиной ПК, а также для приема, предварительного анализа команд выполняемой программы и формирования полных адресов операндов и команд. Интерфейсная часть включает в свой состав:

- *адресные регистры МПП;*
- *узел формирования адреса;*
- *блок регистров команд, являющийся буфером команд в МП;*
- *внутреннюю интерфейсную шину МП;*
- *схемы управления шиной и портами ввода-вывода.*

Некоторые из названных устройств, такие как узел формирования адреса и регистр команды, непосредственно выполняемой МП, функционально входят в состав устройства управления. Порты ввода-вывода – это пункты системного интерфейса ПК, через которые МП обменивается информацией с другими устройствами. Всего портов у МП может быть 65 536 (равно количеству разных адресов, которые можно представить числом формата «слово»). Каждый порт имеет адрес – номер порта; по существу, это адрес ячейки памяти, являющейся частью устройства ввода-вывода, использующего этот порт, а не частью основной памяти компьютера. Порту устройства соответствуют аппаратура сопряжения и два регистра памяти – для обмена данными и управляющей информацией. Некоторые внешние устройства используют и основную память для хранения больших объемов информации, подлежащей обмену. Многие стандартные устройства (НЖМД, НГМД, клавиатура, принтер, сопроцессор и т. д.) имеют постоянно закрепленные за ними порты ввода-вывода. Схема управления шиной и портами выполняет следующие функции:

- формирование адреса порта и управляющей информации для него (переключение порта на прием или передачу и т. д.);
- прием управляющей информации от порта, информации о готовности порта и его состоянии;
- организация сквозного канала в системном интерфейсе для передачи данных между портом устройства ввода-вывода и МП.

Схема управления шиной и портами использует для связи с портами кодовые шины инструкций, адреса и данных системной шины: при доступе к порту МП посылает сигнал по кодовой шине инструкций (КШИ), который

оповещает все устройства ввода-вывода, что адрес на кодовую шину адреса (КША) является адресом порта, а затем посылает и сам адрес порта. Устройство с совпадающим адресом порта дает ответ о готовности. После этого по кодовой шине данных (КШД) осуществляется обмен данными.

Упрощенная структурная схема микропроцессора показана на рис. 3.4.

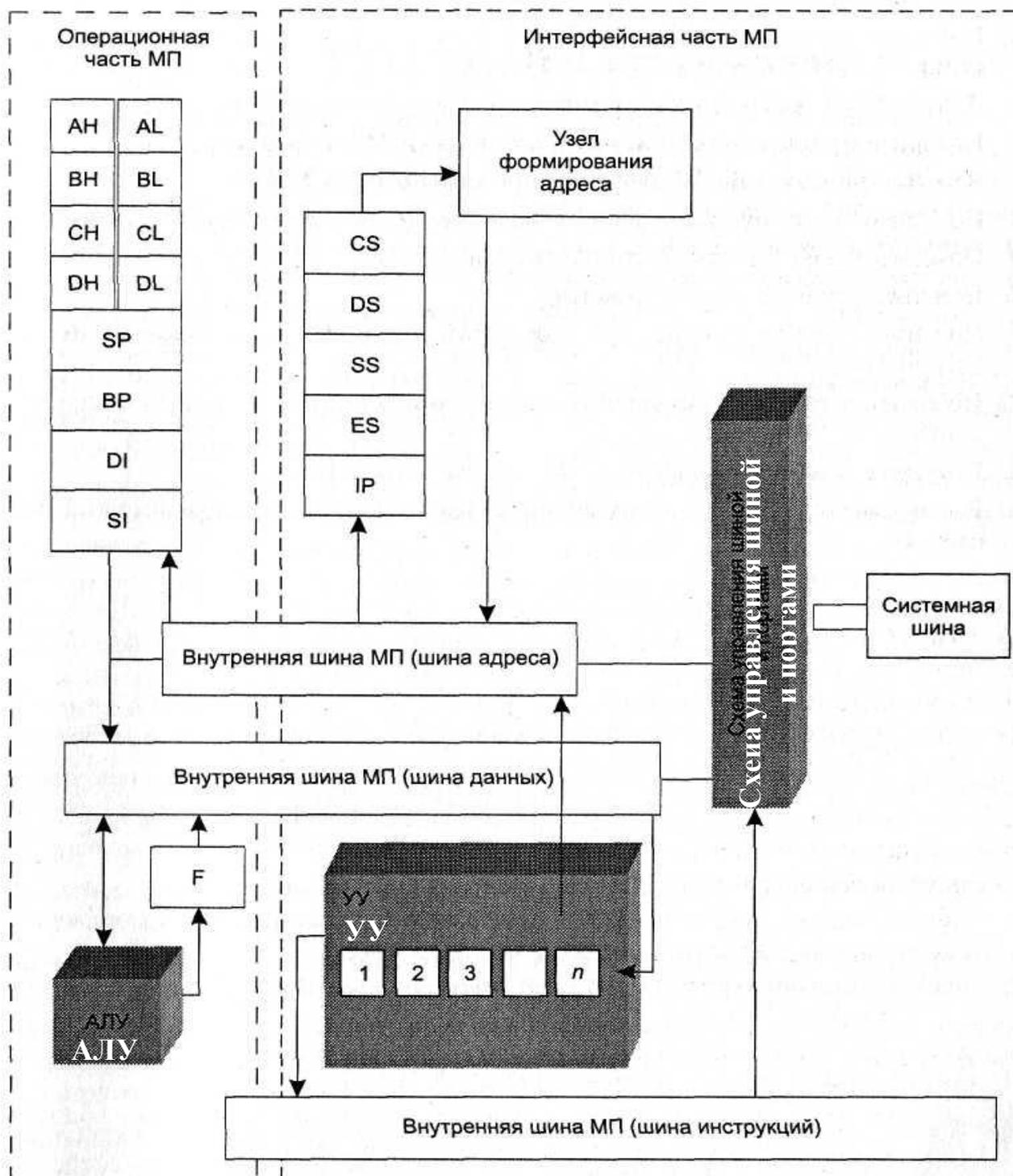


Рис. 3.4. Упрощенная структурная схема микропроцессора

§ 2. Классификация микропроцессоров

Микропроцессоры можно классифицировать (рис. 3.5) по:

- *принципу реализации (RISC, CISC, MISC, VLIW),*
- *внутренней структуре (гарвардская, фон-Неймана),*
- *системе команд (аккумуляторные, с регистрами общего назначения).*



Рис. 3.5. Классификация микропроцессоров

CISC-процессоры (Complex Instruction Set Computing) – вычисления со сложным набором команд. Процессорная архитектура, основанная на усложнённом наборе команд. Типичными представителями CISC является семейство микропроцессоров Intel x86 (хотя уже много лет эти процессоры являются CISC только по внешней системе команд). Характеризуется следующим набором свойств:

- нефиксированное значение длины команды;
- исполнение операций, таких как загрузка в память, арифметические действия кодируется в одной инструкции;
- небольшое число регистров, каждый из которых выполняет строго определенную функцию.

Типичными представителями являются процессоры на основе x86 команд (исключая современные Intel Pentium 4, Pentium D, Core, AMD Athlon, Phenom, которые являются гибридными).

RISC-процессоры (Reduced Instruction Set Computing) – вычисления с сокращённым набором команд. Архитектура процессоров, построенная на основе сокращённого набора команд. Характерные особенности RISC-процессоров:

- фиксированная длина машинных инструкций (например, 32 бита) и простой формат команды;
- одна инструкция выполняет только одну операцию с памятью – чтение или запись. Операции вида «прочитать-изменить-записать» отсутствуют;
- большое количество регистров общего назначения (32 и более).

Это философия проектирования процессоров, которая во главу ставит следующий принцип: более компактные и простые инструкции выполняются быстрее. Простая архитектура позволяет как удешевить процессор, так и поднять тактовую частоту. Многие ранние RISC-процессоры даже не имели команд умножения и деления. Идея создания RISC процессоров пришла после того, как в 1970-х годах ученые из IBM обнаружили, что многие из функциональных особенностей традиционных ЦПУ игнорировались программистами. Отчасти это был побочный эффект сложности компиляторов. В то время компиляторы могли использовать лишь часть из набора команд процессора. Следующее открытие заключалось в том, что, поскольку некоторые сложные операции использовались редко, они, как правило, были медленнее, чем те же действия, выполняемые набором простых команд. Это происходило из-за того, что создатели процессоров тратили гораздо меньше времени на улучшение сложных команд, чем на улучшение простых. Первые RISC-процессоры были разработаны в начале 1980-х годов в Стэнфордском и Калифорнийском университетах США. Они выполняли небольшой (50 – 100)

набор команд, тогда как обычные CISC выполняли 100 – 200.

MISC-процессоры (Minimum Instruction Set Computing) – вычисления с минимальным набором команд. В пылу борьбы за максимальное быстродействие RISC догнал и перегнал многие CISC процессоры по сложности. Архитектура MISC строится на стековой вычислительной модели с ограниченным числом команд (примерно 20-30 команд). Увеличение разрядности процессоров привело к идее укладки нескольких команд в одно большое слово. Это позволило использовать возросшую производительность компьютера и его возможность обрабатывать одновременно несколько потоков данных.

VLIW-процессоры (Very Long Instruction Word) – сверхдлинное командное слово. Архитектура процессоров с явно выраженным параллелизмом вычислений, заложенным в систему команд процессора. Ключевым отличием от *суперскалярных CISC-процессоров* является то, что для них загрузкой исполнительных устройств занимается часть процессора (планировщик), на что отводится достаточно малое время, в то время как загрузкой вычислительных устройств для VLIW-процессора занимается компилятор, на что отводится существенно больше времени. Примером VLIW-процессора является процессор Intel Itanium.

Наиболее распространённая архитектура современных настольных, серверных и мобильных процессоров построена по архитектуре Intel x86 (или x86-64 в случае 64-разрядных процессоров). Формально все x86-процессоры являлись CISC-процессорами, однако новые процессоры, начиная с Intel486DX, 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 до 4 RISC-команд. 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 и позволил поднять производительность CPU.

§ 3. Современные центральные процессоры

Наиболее популярные микропроцессоры сегодня производят фирмы Intel, AMD и IBM. Большинство процессоров, используемых в настоящее время, являются Intel – совместимыми, то есть имеют набор инструкций и интерфейсы программирования, используемые в процессорах компании Intel.

Доли продаж корпораций Intel и AMD за последние четыре года на рынке микропроцессоров для ПК, ноутбуков и серверов представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Год	Intel	AMD	Другие
2007	78,9 %	13,1 %	8,0 %
2008	80,4 %	19,3 %	0,3 %
2009	79,7 %	20,1 %	0,2 %
2010	80,8%	18,9%	0,3%

3.1. Микропроцессоры Intel

В табл. 3.2 приведен ряд процессоров и некоторые их характеристики, выпускаемые корпорацией Intel в период с 1971 по 2010 год.

Таблица 3.2

Модель МП Intel	Разрядность, бит		Тактовая частота, МГц	Число элемен- тов; техноло- гия	Кэш- память, Кбайт	Нап- ряже- ние пита- ния, В / Тип разъё- ма	Часто- та систем- ной шины (FSB), МГц	Год выпус- ка
	дан- ных	адреса						
4004	4	4	0,108	2300; 10 мкм	-	5	-	1971
8080	8	8	2	6000; 6	-	5	-	1974

Модель МП Intel	Разрядность, бит		Тактовая частота, МГц	Число элемен- тов; техноло- гия	Кэш- память, Кбайт	Нап- ряже- ние пита- ния, В / Тип разъё- ма	Часто- та систем- ной шины (FSB), МГц	Год выпус- ка
	дан- ных	адреса						
				МКМ				
8086	16	16	4,77	29000; 3 МКМ	-	5	-	1978
8088	8, 16	16	4,77 и 8	29000; 3 МКМ	-	5	-	1979
8286	16	24	12 и 16	134000; 1,5 МКМ	-	5	-	1982
80386	32	32	16 – 50	275000; 1 МКМ	-	3,3	-	1985
486	32	32	25 – 100	1,2*10 ⁶ ; 0,8 МКМ	L1=8	3,3	-	1989
Pentium	64	32	60 – 233	3,3*10 ⁶ ; 0,35 МКМ	L1=16	3,3 / Socket 4, 5, 7	66	1993
Pentium Pro	64	32	150 – 200	5,5*10 ⁶ ; 0,35 МКМ	L1=32, L2=512	3,3 / Socket 8	66	1995
Pentium MMX	64	36	166 – 300	7,5*10 ⁶ ; 0,35	L1=32	2,8 / Socket 7	100	1997
Pentium II (Katmai)	64	36	266 – 600	7,5*10 ⁶ ; 0,25 МКМ	L1=32, L2=512	2 / Slot 1	133	1997
Celeron (Mendocino)	64	32	266 – 600	19*10 ⁶ ; 0,25, 0,22 МКМ	L1=32, L2=128	2 / Slot 1, Socket 370	100	1998
Pentium III (Copper- mine)	64	36	500 – 1000	25*10 ⁶ ; 0,18 МКМ	L1=32, L2=256	1,65 / Socket 370	133	1999
Pentium III (Xeon)	64	36	500 – 1000	30*10 ⁶ ; 0,18 МКМ	L1=32, L2=2048	1,65 / Slot 2	133	1999
Pentium 4 (Willamette)	64	36	1000 – 3400	42*10 ⁶ ; 0,13 МКМ	L1=16, L2=256	1,7 / Socket 423	400	2000
Pentium 4 (North- wood)	64	36	1800 – 3400	55*10 ⁶ ; 0,13 МКМ	L1=32, L2=512	1,55 / Socket 478	533	2001
Pentium 4 E (Prescott)	64	36	2800 – 3600	125*10 ⁶ ; 0,09 МКМ	L1=32, L2=1024	1,55 / LGA 775	800	2003
Pentium 4	64	36	3200 –	178*10 ⁶ ;	L1=32,	LGA	1066	2004

Модель МП Intel	Разрядность, бит		Тактовая частота, МГц	Число элемен- тов; техноло- гия	Кэш- память, Кбайт	Нап- ряже- ние пита- ния, В / Тип разъё- ма	Часто- та систем- ной шины (FSB), МГц	Год выпус- ка
	дан- ных	адреса						
XE (Gallatine)			3600	0,09 мкм	L2=2048	775		
Pentium D2 (Prescott)	64	64	2800 – 3200	275*10 ⁶ ; 0,09 мкм	L1=32, L2=4096	LGA 775	800	2005
Core Duo (Yonah)	64	64	1500 – 2330	167*10 ⁶ ; 0,065 мкм	L1=64, L2=2048	LGA 775	667	2006
Core 2	64	64	2000 – 3330	291*10 ⁶ ; 0,065, 0,045 мкм	L1=64, L2=4096	LGA 775	1333	2006
Core i7 (Bloom- field)	64	64	2660 – 3200	731*10 ⁶ ; 0,045 мкм	L2=1024 , L3=8192	LGA 1366		2008
Core i7 (Gulftown)	64	64	3200 – 3330	0,032 мкм	L2=1536 , L3=1228 8	LGA 1366		2010
Core i5 (Lynn- field)	64	64	2400 – 3330	0,045 мкм	L2=1024 , L3=8192	LGA 1156		2009
Core i5 (Clarkdale)	64	64	3200 – 3800	0,032 мкм	L2=1024 , L3=4096	LGA 1156		2010
Core i3 (Clarkdale)	64	64	2900 – 3330	0,032 мкм	L2=512, L3=4096	LGA 1156		2010

В настоящее время для настольных ПК наиболее производительными процессорами корпорации Intel являются процессоры семейства *Intel® Core™* первого и второго поколения (*i7, i5, i3*). А также процессоры семейства *IntelXeon сери 7000* – для серверных систем.

Intel Core i7 – семейство процессоров x86-64 Intel. Это первое семейство, использующее микроархитектуру Intel Nehalem. Также является преемником семейства Intel Core 2. Выпускается с 10 ноября 2008 года. Частота ЦП: 2,66 –

3,33 ГГц. Скорость системной шины (QPI): 4,8 – 6,4 Гпередач/с. Количество ядер: 2, 4 или 6. Кэш второго уровня составляет 256 Кбайт на одно ядро, кэш третьего уровня – 8 или 12 Мбайт.

Данная микроархитектура содержит ряд изменений по сравнению с Core 2. Ниже перечислены некоторые из них:

- у процессоров с разъемом LGA 1366, FSB (FrontSideBus) заменена на QPI (QuickPath Interconnect). Это означает, что материнская плата должна использовать чипсет, который поддерживает QPI;

- присутствует только один интерфейс QPI, т.к. Core i7 не предназначен для многопроцессорных материнских плат;

- поддержка только памяти стандарта DDR3 1333 МГц;

- контроллер памяти в Core i7 9xx поддерживает до 3-х каналов памяти, и в каждом может быть один или два блока памяти DDR3 DIMM. Поэтому материнские платы на соquete 1366 поддерживают до 6 планок памяти, а не 4, как Core 2. Контроллер памяти в Core i7, i5 и i3 на соquete 1156 по-прежнему двухканальный;

- микропроцессор реализован на одном кристалле: все ядра, контроллер памяти (а в Core i7 8xx и контроллер PCI-E), и кэш находятся на одном кристалле;

- поддержка HyperThreading, с которым получается до 12 (в зависимости от модели CPU) виртуальных ядер. Эта возможность была представлена в архитектуре NetBurst, но от неё отказались в Core;

- объём кэша L3: 8 (12 в шестиядерных моделях) МБ;

- поддержка Turbo Boost, с которым процессор автоматически увеличивает производительность тогда, когда это необходимо.

Модельный ряд процессоров Core i7 представлен в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Архитектура	Название процессора	Название модели	Ядра	Кэш L3	Разъём	TDP	Тех. проц.	Шины	Месяц и год выпуска
Sandy Bridge	<i>Нем</i>	Core i7-2920XM Extreme Edition	4	8 МБ	FPGA988	55 Вт	32 нм	DMI 2.0, PCI-e, FDI, 2 × DDR3	янв.11
		Core i7-2820QM			FPGA988	45 Вт			
		Core i7-2xxxQx		6 МБ	FCBGA1224				
		Core i7-2xxx		8 МБ	LGA 1155	95 Вт			
		Core i7-2xxxS				65 Вт			
Westmere	Gulftown	Core i7-9xxX Extreme Edition	6	12 МБ	LGA 1366		32 нм	QPI, 3 × DDR3	мар.10
		Core i7-970				130 Вт			июл.10
Nehalem	Bloomfield	Core i7-9xx Extreme Edition	4	8 МБ	LGA 1156		45 нм	DMI, PCI-e, 2 × DDR3	ноя.08
		Core i7-9xx							
	Lynnfield	Core i7-8xx				95 Вт			сен.09
		Core i7-8xxS				82 Вт			
	Clarksfield	Core i7-9xxXM Extreme Edition				55 Вт			сен.09
		Core i7-8xxQM				45 Вт			
Core i7-7xxQM	6 МБ	µPGA-988							
Westmere	Arrandale	Core i7-6xxM	2	4 МБ		35 Вт	32 нм	DMI, PCI-e, FDI, 2 × DDR3	янв.10
		Core i7-6xxLM				25 Вт			
		Core i7-6xxUM				18 Вт			

Intel Core i3 – семейство двухъядерных процессоров x86-64 фирмы Intel (выпускаются с января 2010 года). Позиционируются как процессоры начального и среднего уровня цены и производительности. В новом модельном ряду призваны заменить морально устаревшие Pentium Dual-Core на архитектуре Intel Core 2. Имеют встроенный графический процессор и встроенный контроллер памяти. Процессоры Core i3 соединяются с чипсетом через шину DMI или DMI 2.0. Поддерживают инструкции: MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2. Поддерживают технологии: Enhanced Intel Speed Step Technology (EIST), Intel 64, Smart-Cache, а также технологию Hyper Treading, из-за чего операционная система распознаёт данный двухъядерный процессор как четырёхъядерный. Не поддерживают технологию Turbo Boost (автоматический разгон процессора под нагрузкой). Частота ЦП: 1,2 – 3,33 ГГц. Скорость системной шины (QPI): 2,5 Гпередач/с. Количество ядер: 2. Кэш второго уровня составляет 256 Кбайт на одно ядро, кэш третьего уровня – 3 или 4 Мбайт.

Intel Core i5 – семейство процессоров x86-64 от Intel. Позиционируется как семейство процессоров среднего уровня цены и производительности между более дешёвым Intel Core i3 и более дорогим Core i7. Они имеют встроенный контроллер памяти и поддерживают технологию *Turbo Boost (автоматический разгон процессора под нагрузкой)*. Многие имеют встроенный графический процессор. Как и другие процессоры для разъема LGA 1156, Core i5 соединяются с чипсетом через шину DMI. Первые Core i5 для настольных компьютеров появились в сентябре 2009 года и используют ядро Lynnfield микроархитектуры Nehalem. В 2010 году появились Core i5 с ядром Clarkdale и со встроенным графическим процессором (в корпусе процессора, но на отдельном кристалле). Мобильные версии Core i5 используют ядро Arrandale. Частота ЦП: 1,2 – 3,6 ГГц. Скорость системной шины (QPI): 2,5 Гпередач/с. Количество ядер: 2 или 4. Кэш второго уровня составляет 256 Кбайт на одно ядро, кэш третьего уровня – 4 или 8 Мбайт.

Процессоры Intel Core второго поколения:

Процессор Intel® Core™ i7 второго поколения поддерживает

8 вычислительных потоков и имеет дополнительную кэш-память 3-го уровня, а также обеспечивает адаптируемую производительность и имеет встроенные графические функции, расширяющие возможности ПК. Процессоры Intel Core i7 второго поколения имеют следующие встроенные функции:

- *технология Intel® Turbo Boost 2.0* – динамически повышает тактовую частоту процессора при необходимости, используя дополнительные ресурсы мощности и охлаждения, при работе не в режиме максимальной нагрузки;
- *технология Intel® HT* – позволяет каждому ядру процессора выполнять две задачи одновременно;
- *Intel® Smart Cache* – общая кэш-память динамически распределяется между ядрами процессора в зависимости от нагрузки, значительно ускоряя работу и повышая производительность;
- *команды Intel® AES-NI* – обеспечивают аппаратное ускорение алгоритмов AES, ускоряя выполнение приложений, использующих AES.

Процессор Intel® Core™ i5 второго поколения поддерживает

4 вычислительных потока и обеспечивает высокую скорость работы, когда она требуется, а также функции защиты информации и данных. Процессоры Intel Core i5 второго поколения имеют следующие встроенные функции:

- *технология Intel® Turbo Boost 2.0* – динамически повышает тактовую частоту процессора при необходимости, используя дополнительные ресурсы мощности и охлаждения, при работе не в режиме максимальной нагрузки;
- *Intel® Smart Cache*- общая кэш-память динамически распределяется между ядрами процессора в зависимости от нагрузки, значительно ускоряя работу и повышая производительность;

- команды *Intel® AES-NI* – обеспечивают аппаратное ускорение алгоритмов AES, ускоряя выполнение приложений, использующих AES.

Процессор Intel® Core™ i3 второго поколения разрабатывался как основа для создания недорогих ПК. Этот двухъядерный процессор с поддержкой 4 вычислительных потоков имеет достаточный запас вычислительных ресурсов для эффективной работы с программным обеспечением будущего, что гарантирует высокую окупаемость вложений. Процессоры Intel Core i3 второго поколения имеют следующие встроенные функции:

- *технология Intel® HT* – позволяет каждому ядру процессора выполнять две задачи одновременно;
- *Intel® Smart Cache* – общая кэш-память динамически распределяется между ядрами процессора в зависимости от нагрузки, значительно ускоряя работу и повышая производительность.

Процессоры семейства Intel® Xeon® серии 7000 обеспечивают оптимальную производительность для решения самых сложных задач за счет высокой масштабируемости и увеличенного объема системной памяти и ресурсов подсистемы ввода/вывода. Процессоры Intel® Xeon® 7000 имеют следующие особенности:

- *поддержка до 10 ядер и 20 потоков и 30 МБ кэш-памяти* последнего уровня обеспечивают достаточный потенциал для увеличения производительности для самых важных и ресурсоемких приложений;
- *поддержка до 2 ТБ памяти DDR3* на четырехпроцессорную систему и пропускной способности памяти на уровне 102 ГБ/с позволяет осуществлять масштабное развертывание и выполнение критически важных рабочих задач;
- *новые команды Intel® AES (Intel® AES-NI)* помогают защитить важные ресурсы предприятия и частные данные посредством быстрых

защищенных операций на уровне предприятия и распределенных систем;

- технология Intel® Trusted Execution (Intel® TXT) позволяет создать защищенную виртуальную среду, помогающую защитить виртуальные платформы от вредоносного ПО до запуска ВМ.

Номера процессоров Intel® Core™ 2-го поколения имеют буквенно-числовой идентификатор, за которым идет четырехзначная числовая последовательность (рис. 3.6) или трёхзначная (для процессоров Intel® Core™ предыдущего поколения, рис. 3.7).



Рис. 3.6. Нумерация процессоров Intel® Core™ 2-го поколения



Рис. 3.7. Нумерация процессоров Intel® Core™ предыдущего поколения

Также может присутствовать буквенный суффикс, зависящий от процессора. В табл. 3.4 разъясняются значения буквенных суффиксов названий процессоров Intel® Core™ 2-го поколения.

Таблица 3.4

Буквенный суффикс	Описание	Пример
К	Со снятой защитой от повышения тактовой частоты	i7-2600K/i5-2600K
S	Оптимизированная производительность	i5-2500S/i5-2400S
T	Оптимизированное энергопотребление	i5-2500T/i5-2390T

Процессорам семейства Intel® Core™2 присваиваются четырехзначные номера, предваряемые буквенным префиксом (рис. 3.8). В табл. 3.5 описывается значение буквенных префиксов, используемых с процессорами Intel® Core™2.



Рис. 3.8. Нумерация процессоров Intel® Core™ 2

Таблица 3.5

Буквенный префикс	Описание
QX	Четырехъядерные процессоры с экстремальной производительностью для настольных или мобильных ПК
X	Двухъядерные процессоры с экстремальной производительностью для настольных или мобильных ПК
Q	Четырехъядерные высокопроизводительные процессоры для настольных ПК
E	Энергоэкономичные двухъядерные процессоры с расчетной мощностью не менее 55 Вт
T	Энергоэкономичные процессоры для мобильных ПК с расчетной мощностью 30-39 Вт
P	Энергоэкономичные процессоры для мобильных ПК с расчетной мощностью 20-29 Вт
L	Исключительно энергоэкономичные процессоры для мобильных ПК с расчетной мощностью 12-19 Вт
U	Процессоры для мобильных ПК с минимальным энергопотреблением с расчетной мощностью не более 11,9 Вт
S	Малый форм-фактор мобильных ПК в корпусе 22x22 BGA

Процессорам семейства Intel® Core™2 Quad присваиваются четырехзначные номера, предваряемые буквенным префиксом (рис. 3.9). Кроме того, процессоры Intel® Core™2 Quad с низким энергопотреблением обозначаются буквенным суффиксом *S*, означающим малое значение расчетной мощности.



Рис. 3.9. Нумерация процессоров Intel® Core™ 2 Quad

3.2. Микропроцессоры AMD

В табл. 3.6 приведен ряд процессоров и некоторые их характеристики, выпускаемых корпорацией AMD в период 1982 по 2010 года.

Таблица 3.6

Семейство	Модель МП AMD	Разрядность, бит	Тактовая частота, МГц	Число эл-тов; технология	Кэш-память, Кбайт			Тип разъёма	Кол-во ядер	Частота системной шины, МГц	Год выпуска
					L1	L2	L3				
Am286	Am286	16	12 – 16		-	-	-		1		1982
Am386	Am386	32	16 – 32	275000	-	-	-	100 PQFP	1		1991
Am486	Am486	32	20-120	1,25*10 ⁶	8	-	-	168 pin PGA, 208 SQFP	1		1993
Am586	Am586	32	133	1,6*10 ⁶ ; 0,35 мкм	16	-	-	Socket 3, Socket 2, Socket 1	1	33	1995
K5	AMD K5	32	75–133	4,3*10 ⁶ ; 0,5, 0,35 мкм	24	-	-	Socket 5, Socket 7	1	50, 60, 66	1996
K6	AMD K6	32	166-300	8,8*10 ⁶ ; 0,35, 0,25 мкм	64	-	-	Socket 7	1	50, 60, 66	1997
	AMD K6-2	32	166-550	9,3*10 ⁶ ; 0,25, 0,18 мкм	64	128	-	Super Socket 7	1	66, 95, 97, 100	1998
	K6-3	32	400-550	21,3*10 ⁶ ; 0,25, 0,18 мкм	64	256	-	Super Socket 7	1	66, 95, 96,2, 100	1999
K7	Athlon	32	500-1400	22*10 ⁶ ; 0,25, 0,18 мкм	128	256, 512	-	Slot A, Socket A	1	100	1999
	Athlon XP/MP	32	1000-2333	0,18, 0,13 мкм	128	256, 512	-	Socket A	1	100-200	2001
	Duron	32	600-1800	25*10 ⁶ ; 0,18, 0,13 мкм	128	64	-	Socket A	1	100, 133	2000
	Athlon 4, Athlon XP-M	32	850-2200	0,18, 0,13 мкм	128	256, 512	-	Socket A	1	100, 133	2001
	Mobile Duron	32	600-1200	0,18 мкм	128	64	-	Socket A	1	100	2001

Семейство	Модель МП AMD	Разрядность, бит	Тактовая частота, МГц	Число эл-тов; технология	Кэш-память, Кбайт			Тип разъёма	Кол-во ядер	Частота системной шины, МГц	Год выпуска
					L1	L2	L3				
	Sempron	32	1500-2200	0,13, 0,09, 0,065, 0,045 мкм	128	256, 512	-	Socket A, Socket 754	1	333, 400, 800	2004
K8	Opteron	64	1400-3200	0,13, 0,09 мкм	128	1024	-	Socket 940 Socket 939, AM2, F	1, 2	800, 1000	2003
	Athlon 64 FX	64	2200-3000	0,13, 0,09 мкм	128	1024	-	940, 939, AM2, F	1, 2	800, 1000	2003
	Athlon 64 (X2)	64	1800-3200	0,13, 0,09, 0,065 мкм	128	512, 1024	-	754, 939, AM2	1, 2	800, 1000	2003
	Sempron	64	1400-2300	0,13, 0,09, 0,065 мкм	128	128, 256, 512	-	754, 939, AM2	1	800	2004
	Turion 64 (X2)	64	1600-2400	0,09, 0,065 мкм	128	512, 1024	-	Socket 754, Socket S1	1, 2	800	2005
K10	Opteron	64	1700-2500	450*10 ⁶ ; 0,065 мкм	128	256, 512	2048	Socket F, Socket AM2	4	1000	2007
	Phenom	64	1800-3300	0,065 мкм	128	512	2048	Socket AM2+	3, 4, 6	1600, 1800, 2000	2007
K10.5	Phenom II	64	2500-3700	0,045 мкм	128	512	6144	Socket AM2+, Socket AM3, Socket AM3+	2 – 6	1800, 2000	2008
Bulldozer	Zambezi	64	3100-4000	0.032 мкм	384	8192	8192	Socket AM3+	4, 6, 8	4000	2011

В настоящее время наиболее современными процессорами AMD являются процессоры семейства *Opteron*, *FX (Zambezi)*, *Turion X2 Ultra*.

Opteron – первый микропроцессор фирмы AMD, основанный на 64-битной технологии AMD64 (также называемой x86-64). AMD создала этот процессор в основном для применения на рынке серверов, поэтому существуют варианты *Opteron* для использования в системах с 1-8 процессорами. Процессоры *Opteron* имеют интегрированный контроллер памяти DDR SDRAM. Это позволило существенно уменьшить задержки при обращении к памяти и исключить необходимость в отдельном чипе северного моста на

материнской плате. Процессор поддерживает следующие технологии: MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64, Cool'n'Quiet 2.0, NX-Bit, AMDVirtualization. В марте 2010 года компания AMD выпустила первые в мире 12-ядерные серверные процессоры Opteron 6100 архитектуры x86, под 1974-контактный Socket G34.

AMD FX. Процессоры AMD FX Series, известные также под кодовым именем *Zambezi*, построены по нормам 32 нм технологии и совместимы с материнскими платами с сокетом AM3+, а также обладают разблокированным множителем, что заметно повышает их разгонный потенциал и делает эти CPU привлекательными для оверклокеров. Кроме того, присутствует встроенный контроллер двухканальной памяти DDR3 1866.

Линейка AMD FX Series включает в себя девять моделей процессоров, включающих четыре, шесть или восемь вычислительных ядер. В десктопных процессорах *Zambezi* отсутствует интегрированная графика. В табл.3.7 представлены основные характеристики процессоров FX-серии.

Таблица 3.7

Модель	FX-8170	FX-8150	FX-8120	FX-8100	FX-6120	FX-6100	FX-4170	FX-4120	FX-4100
Кодовое Имя	Zambezi								
Ядра/Модули	8/4				6/3		4/2		
Стандартная Частота	3.9 GHz	3.6 GHz	3.1 GHz	2.8 GHz	3.6 GHz	3.3 GHz	4.2 GHz	3.9 GHz	3.6 GHz
В режиме Turbo	4.5 GHz	4.2 GHz	4.0 GHz	3.7 GHz	4.2 GHz	3.9 GHz	4.3 GHz	4.1 GHz	3.8 GHz
Кэш 2 уровня	8MB				6MB		4MB		
Кэш 3 уровня	8MB								
Тепловыделение (TDP)	125W			95W			125W	95W	
Память	максимальная частота памяти 1866MT/s								
Версия Black Edition	Да								
Поддержка Turbo Core	Да								
Сокет	AM3+								
Техпроцесс	32 nm								

Ниже, в качестве примера, приводятся характеристики одного из процессоров FX-серии (AMD FX – 8170):

- сегмент рынка: Desktop;
- семейство: AMD FX-Серии;
- номер модели: FX-8170;
- частота (МГц): 3900(4500);
- кол-во контактов: 938;
- тип сокета: Socket AM3+;
- микроархитектура: Bulldozer;
- ядро: Zambezi;
- тех. процесс: 0.032 мкм;
- ширина данных: 64 бит;
- количество ядер: 8;
- размер кэш-памяти 1 уровня: 4 x 64 КБ;
- размер кэш-памяти 2 уровня: 4 x 2 МБ;
- размер кэш-памяти 3 уровня: 8 МБ;
- поддерживаемая память: DDR3-1866;
- реализованные технологии: MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSE4, SSE4a, AES

инструкции, Advanced Vector

Extensions, AMD64, виртуализация, защита от

вирусов, Turbo Core 2.0, поддержка Hyper

Transport 3.1.

Turion X2 Ultra – марка двухъядерных мобильных (с низким энергопотреблением) 64-битных процессоров производства компании AMD. Конкурирует с процессорами Intel Core 2. Анонсирован в составе платформы Puma, призванной конкурировать с Intel Centrino 2. Процессор располагает кэшем первого и второго уровней, двухканальным контроллером памяти DDR2 и поддерживает технологии: MMX, Extended 3D Now!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64, PowerNow!, NXBit. Фактически новые процессоры представляют собой 65 нм процессор поколения K8. Однако они обладают некоторыми

чертами, свойственными более новому поколению K10, а также совершенно ноу-хау, в частности:

- контроллер памяти оптимизирован, появились функции предварительной выборки данных из памяти;
- контроллер памяти и процессорные ядра имеют отдельное питание;
- ядра независимо друг от друга меняют частоту работы (AMD Independent Dynamic Core Technology);
- частота ядра в режиме покоя может снижаться до 1/8 максимального значения;
- поддержка Hyper-Transport 3.0.

Вопросы для самопроверки к главе 3

1. Какие функции выполняет центральный процессор?
2. Дайте краткое описание операционной и интерфейсной частям микропроцессора.
3. Опишите назначение и принцип работы устройства управления микропроцессора.
4. Опишите назначение и принцип работы арифметико-логического устройства микропроцессора.
5. Что такое регистр?
6. Перечислите и дайте краткую характеристику регистрам микропроцессора 8088.
7. Сравните RISC-, CISC-, MISC- и VLIW-процессоры между собой.
8. Перечислите и сравните современные центральные процессоры разных производителей между собой.
9. Каково назначение технологии Intel® Turbo Boost?
10. Каково назначение технологии Intel® HT?
11. Каково назначение технологии Intel® Smart Cache?

Глава 4. Системные платы и чипсеты

§ 1. Системные платы

Системная плата (systemboard, SB), также часто называемая материнской платой (*motherboard, MB*) или главной платой (*mainboard*) – это сложная многослойная печатная плата, на которой устанавливаются основные компоненты компьютера. Существует две разновидности конструкции системных плат:

- *одноплатные* – на плате жёстко закреплены все необходимые для работы микросхемы (в настоящее время применяются только в простейших «детских» компьютерах);
- *системы с шинной архитектурой* – непосредственно на системной плате размещается лишь минимальное число микросхем, а все остальные компоненты объединяются при помощи системной шины и конструктивно устанавливаются на дополнительных платах (платах расширения), устанавливаемых в специальные разъёмы (слоты), имеющиеся на материнской плате (в настоящее время к этому типу относятся все современные компьютеры).

На системной плате непосредственно расположены:

- *разъём для подключения центрального процессора (сокет)* указывает на виды поддерживаемых материнской платой процессоров;
- *набор системной логики (chipset)* – набор микросхем, обеспечивающих подключение центрального процессора к оперативному запоминающему устройству (ОЗУ) и контроллерам периферийных устройств. Как правило, наборы системной логики строятся на базе двух СБИС: «северного» и «южного мостов»;
- *микросхема постоянного запоминающего устройства (ПЗУ)* хранит ПО, которое исполняется сразу после включения питания. Как правило, загрузочное ПЗУ содержит программу базовой системы ввода-вывода (Basic Input-Output System – BIOS). В настоящее время почти все

системные платы комплектуются Flash BIOS, т.е. BIOSом, который в любой момент может быть перезаписан в микросхеме ROM при помощи специальной программы;

- *микросхема энергонезависимой памяти CMOS* (питается от автономного расположенного на системной плате аккумулятора);
- *микросхемы кэш-памяти 3-го уровня* (если не реализовано в центральном процессоре);
- *разъёмы для подключения модулей оперативной памяти;*
- *наборы микросхем и разъёмы для системных, локальных и периферийных интерфейсов и контроллеров;*
- *микросхемы мультимедийных устройств* и т.д.

Некоторые виды разъёмов для подключения центрального процессора описаны ниже.

Socket 478 (Intel Pentium 4, Celeron, Celeron D) – первый сокет Intel для Pentium 4 (423) оказался временным решением, которое очень быстро исчезло с рынка, уступив место сокету 478 (рис. 4.1). Под него выпущены процессоры от 1,6 до 3,4 ГГц. На смену Socket 478 был выпущен новый сокет LGA 775.



Рис.4.1. Socket 478

LGA 775 (Intel Pentium 4, Pentium D, Celeron D, Core 2 Duo, Core 2 Quad, Xeon) – ответом Intel на проблему роста энергопотребления самых скоростных моделей Pentium 4 как раз и стало увеличение числа ножек сокета, чтобы лучше распределять энергию. Но у сокета Land Grid Array 775 (рис. 4.2) не просто увеличилось число ножек. Они перешли с процессора непосредственно на сам сокет. Контакты очень хрупкие.

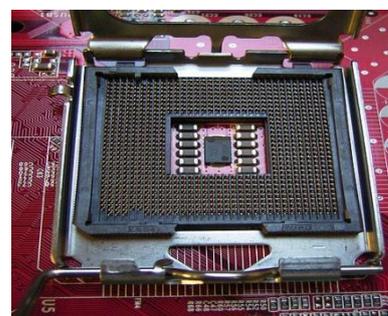


Рис. 4.2. LGA 775

LGA 1156 или *Socket H* (Intel Core i3, i5, i7, Xeon) – преемник процессорного разъема LGA 775 для настольных систем и процессорного разъема LGA 771 для серверов среднего и начального уровня от Intel. Является альтернативой более дорогой платформе на основе чипсета X58 и сокета LGA 1366. Представляет собой разъём (рис. 4.3) для установки центрального процессора с подпружиненными или мягкими контактами, к которым с помощью специального держателя с захватом и рычага прижимается процессор, имеющий контактные площадки.



Рис. 4.3. LGA 1156

LGA 1366 или *Socket B* (Intel Core i7, Xeon) – преемник процессорного разъема LGA 775 для высокопроизводительных настольных систем и процессорного разъема LGA 771 для серверов от Intel. LGA 1366 представлен на рис. 4.4. Поддерживает работу с обновленным модулем стабилизатора напряжения – Voltage Regulator Module 11.1. Последний поддерживает ряд новых функций таких, как Power on Configuration (POC), Market Segment Identification (MSID) и Power State Indicator Input (PSII).

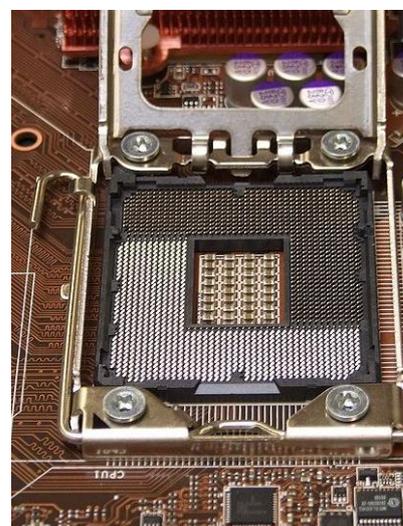


Рис. 4.4. LGA 1366

Увеличение количества контактных площадок связано с переносом контроллера памяти непосредственно на кристалл процессора и использования нового протокола QuickPath Interconnect вместо ранее использовавшегося Quad-Pumped Bus.

Socket 754 (AMD Athlon 64 и Sempron) поддерживает одноканальную память DDR SDRAM через встроенный контроллер памяти (рис. 4.5). Повышение числа ножек было связано с тем, что процессор отдельно связывается с памятью и чипсетом, а не использует традиционное обращение к памяти через контроллер чипсета. У Sockets 754 и 939 впервые параллельная шина уступила место последовательному интерфейсу HyperTransport с базовой частотой 200 МГц.

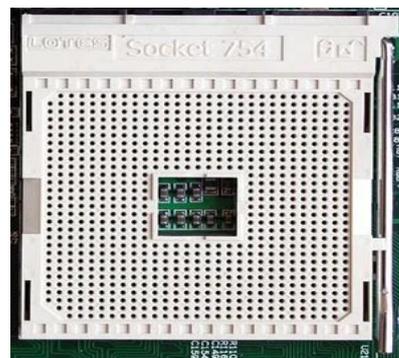


Рис. 4.5. Socket 754

Socket 939 (AMD Athlon 64, Athlon 64 X2, Athlon 64 FX) – подобно Socket 754, у Socket 939 (рис. 4.6) увеличенное число контактов используется для прямого интерфейса памяти. Socket 939 стал первым, получившим двухядерные процессоры AMD Athlon 64 X2, причём два ядра больше выигрывают от дополнительной пропускной способности памяти, чем одно.

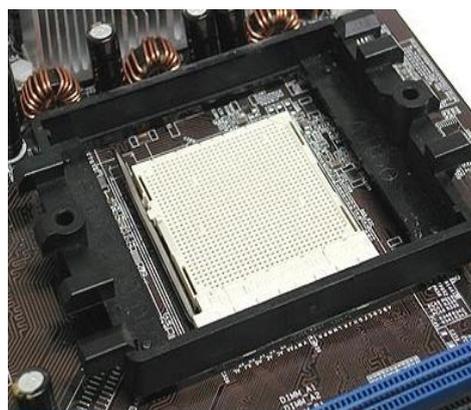


Рис. 4.6 Socket 939

Socket AM2 (AMD Athlon 64, Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, Sempron) – изменение встроенного контроллера памяти AMD до поддержки DDR2 потребовало также и смены сокета (рис. 4.7) CPU. Одновременно AMD улучшила модуль крепления кулера, но многие модели кулеров остались совместимыми. И хотя переход с DDR на DDR2 не дал ощутимого прироста производительности, эта мера всё же была необходима, чтобы будущие скоростные модели процессоров получили достаточную пропускную способность памяти.



Рис. 4.7. Socket AM2

Socket AM3 (AMD Phenom II)— процессорное гнездо (рис. 4.8), разработанное фирмой AMD для настольных процессоров. Является дальнейшим развитием Socket AM2, отличия заключаются в поддержке памяти DDR3 и более высокой скоростью работы шины HyperTransport. AMD объявила, что процессоры для Socket AM3 будут работать на материнских платах с гнездом Socket AM2+ (реже – на Socket AM2), но не наоборот.

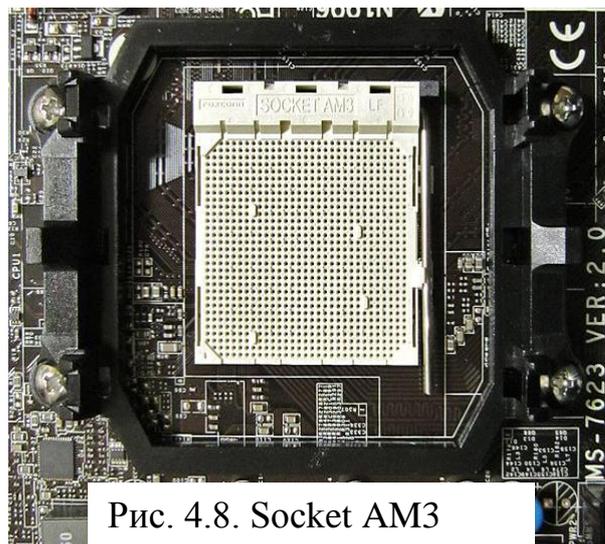


Рис. 4.8. Socket AM3

Socket AM3+ (FX-series) представляет собой модификацию Socket AM3, разработанную для процессоров с кодовым именем Zambezi, которые будут использовать новую микроархитектуру Bulldozer. На некоторых материнских платах с сокетом AM3 можно будет обновить BIOS и использовать процессоры с сокетом AM3+ (рис. 4.9), хотя AMD официально не поддерживает этого.

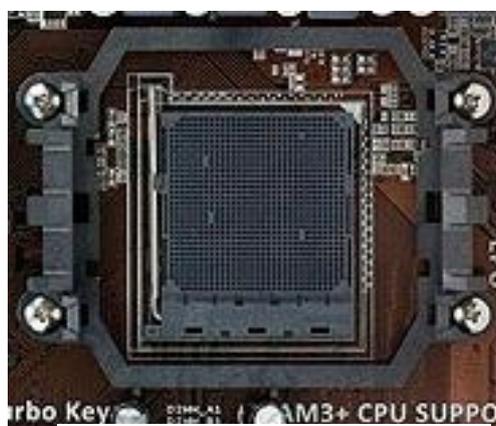


Рис. 4.9. Socket AM3+

Сокет AM3+ на материнских платах чёрного цвета, в то время, как AM3 – белого цвета. Также его можно узнать по маркировке «AM3b».

Наиболее важными параметрами системной платы являются:

- тип сокета центрального процессора;
- тактовая частота системной шины;
- разновидность чипсета;
- поддерживаемый тип, объём и режим работы (одно-, двух-, трёх-канальный) оперативной памяти;

- поддерживаемые интерфейсы;
- количество разъёмов оперативной памяти и плат расширения;
- форм-фактор системной платы.

Пример системной платы и размещение основных компонентов показаны на рис. 4.10.



Рис. 4.10. Системная плата:

1 – сокет центрального процессора; 2 – северный мост; 3 – южный мост; 4 и 5 – слоты двухканальной памяти (каналы различаются по цветам слотов); 6 – разъём флоппи-дисков; 7 – IDE разъёмы; 8 – четыре разъёма Serial ATA; 9 – два разъёма PCI; 10 – два разъёма PCI-Express x16; 11 – два разъёма PCI-Express x1, 12 – 24-х пиновый разъём питания системной платы; 13 – дополнительный 8-ми пиновый разъём питания; 14 – дополнительный разъём питания видеокарты; 15 – управляющие питанием центрального процессора микросхемы; 16 – микросхема контроллера интерфейса IEEE 384 FireWire; 17 – микросхема аудио кодека; 18 – микросхемы сетевого контроллера; 19 – микросхема BIOS; 20 – аккумуляторная батарея.

Форм-фактор системной платы – стандарт, определяющий размеры системной платы для компьютера, места ее крепления к корпусу; расположение на ней интерфейсов шин, портов ввода/вывода, разъема центрального процессора (если он есть) и слотов для оперативной памяти, а также тип разъема для подключения блока питания. Форм-фактор (как и любые другие стандарты) носит рекомендательный характер (табл. 4.1). Спецификация форм-фактора определяет обязательные и опциональные компоненты. Однако подавляющее большинство производителей предпочитают соблюдать спецификацию, поскольку ценой соответствия существующим стандартам является совместимость системной платы и стандартизированного оборудования (периферии, карт расширения) других производителей.

Устаревшими форм-факторами считаются: Baby-AT, Mini-ATX, полноразмерная плата AT, LPX.

К современным форм-факторам можно отнести: ATX, microATX, Flex-ATX, NLX, WTX, SEB, Mini-ITX, Nano-ITX, Pico-ITX, VTX, MicroVTX, PicoVTX.

Существуют системные платы, не соответствующие общепринятым форм-факторам. Обычно это обусловлено либо тем, что производимый компьютер узкоспециализирован, либо желанием производителя системной платы самостоятельно производить и периферийные устройства к ней, либо невозможностью использования стандартных компонентов (так называемый «бренд», например Apple Computer, Commodore, Silicon Graphics, Hewlett Packard, Compaq чаще других игнорировали стандарты).

Наиболее известными производителями системных плат на российском рынке в настоящее время являются фирмы Asus, Gigabyte, MSI, Intel, Elitetgroup, ASRock. Ранее большой известностью пользовались платы фирм Abit и Epox. На сегодня обе фирмы прекратили выпуск системных плат. Из российских производителей системных плат можно упомянуть компанию Формоза.

Таблица 4.1

Форм-фактор	Физические размеры		Спецификация, год	Примечание
	дюймы	миллиметры		
XT	8,5 × 11	216 × 279	IBM, 1983	Архитектура IBM PC XT
AT	12 × 11/13	305 × 279/330	IBM, 1984	Архитектура IBM PC AT (Desktop/Tower)
Baby-AT	8,5 × 10/13	216 × 254/330	IBM, 1990	Архитектура IBM PC XT (форм-фактор считается недействительным с 1996 года)
LPX	9 × 11/13	229 × 279/330	Western Digital, 1987	Для системных блоков типа Slim
Mini-LPX	8/9 × 10/11	203/229 × 254/279	Western Digital, 1987	Для системных блоков типа Slim
ATX	12 × 9,6	305 × 244	Intel, 1995	Для системных блоков типов MiniTower, Miditower, Bigtower, FullTower
Mini-ATX	11,2 × 8,2	284 × 208	Intel	Для системных блоков типа Tower и компактных Desktop
Micro ATX	9,6 × 9,6	244 × 244	Intel, 1997	Имеет меньше слотов, чем ATX, также возможно использование меньшего PSU
eATX	12 × 13	305 × 330	Intel	Для системных блоков Bigtower, FullTower
NLX	8/9 × 10/13,6	203/229 × 254/345	Intel, 1997	Предусмотрен AGP, лучшее охлаждение чем у LPX
FlexATX	9,6 × 7,5/9,6	244 × 190,5/244	Intel, 1999	Разработан как замена для форм-фактора MicroATX
WTX	14 × 16,75	355,6 × 425,4	1999	Для высокопроизводительных рабочих станций и серверов среднего уровня
Mini-ITX	6,7 × 6,7	170 × 170	VIA Technologies, 2003	Допускаются только 100 Вт блоки питания
Nano-ITX	4,7 × 4,7	120 × 120	VIA Technologies, 2004	
BTX	12,8 × 10,5	325 × 267	Intel, 2004	Допускается до 7 слотов и 10 отверстий для монтажа платы
Micro BTX	10,4 × 10,5	264 × 267	Intel, 2004	Допускается до 4 слотов и 7 отверстий для монтажа платы
Pico BTX	8,0 × 10,5	203 × 267	Intel, 2004	Допускается 1 слот и 4 отверстия для монтажа платы
CEB	12 × 10,5	305 × 267	2005	Для высокопроизводительных рабочих станций и серверов среднего уровня
Pico-ITX	3,9 × 2,7	100 x 72	VIA, 2007	Используются в ультракомпактных встраиваемых системах

§ 2. Чипсеты

Чипсет (ChipSet) – набор микросхем. Это одна или несколько микросхем (таймеры, системы управления), специально разработанных для "обвязки" микропроцессора. Они содержат в себе контроллеры прерываний, прямого доступа к памяти, памятью и шиной – все те компоненты, которые в оригинальной IBM PC были собраны на отдельных микросхемах. Обычно в одну из микросхем набора входят также часы реального времени с CMOS-памятью и иногда – клавиатурный контроллер, однако эти блоки могут присутствовать и в виде отдельных чипов. В последних разработках в состав микросхем наборов для интегрированных плат стали включаться и контроллеры внешних устройств. По размеру микросхемы чипсета являются самыми большими после процессора, с количеством выводов от нескольких десятков до двух сотен. Название набора обычно происходит от маркировки основной микросхемы – OPTi495SLC, SiS471, UMC491, i82C437VX и т.п. Тип набора в основном определяет функциональные возможности платы:

- типы поддерживаемых процессоров,
- структура/объем кэша,
- возможные сочетания типов и объемов модулей памяти,
- поддержка режимов энергосбережения,
- возможность программной настройки параметров и т.п.

На одном и том же наборе может выпускаться несколько моделей системных плат – от простейших до довольно сложных с интегрированными контроллерами портов, дисков, видео и т.п. Как правило, наборы системной логики строятся на базе двух базовых микросхем: «северного» (*Northbridge*) и «южного мостов» (*Southbridge*).

Северный мост (Northbridge), МСН (Memory controller hub), системный контроллер – обеспечивает подключение центрально процессора к узлам, использующим высокопроизводительные шины: ОЗУ, графический контроллер. Для подключения центрального процессора к системному

контроллеру могут использоваться шины: FSB (Front Side Bus), HT (HyperTransport) для процессоров AMD, QPI (Quick Path Interconnect) для процессоров Intel. Обычно к системному контроллеру подключается ОЗУ. В таком случае он содержит в себе контроллер памяти. Таким образом, от типа применённого системного контроллера обычно зависит максимальный объём ОЗУ, а также пропускная способность шины памяти персонального компьютера. Но в настоящее время имеется тенденция встраивания контроллера ОЗУ непосредственно в ЦПУ (например, контроллер памяти встроен в процессор в AMD K8 и Intel Core i7), что упрощает функции системного контроллера и снижает тепловыделение. В качестве шины для подключения графического контроллера на современных системных платах используется PCI Express.

Южный мост (Southbridge), ICH (I/O controller hub), периферийный контроллер – содержит контроллеры периферийных устройств (жёсткого диска, Ethernet, аудио), контроллеры шин для подключения периферийных устройств (шины PCI, PCI-Express и USB), а также контроллеры шин, к которым подключаются устройства, не требующие высокой пропускной способности.

Как правило, северный и южный мосты реализуются в виде отдельных СБИС, однако в последнее время стали выпускаться и однокиповые решения. Именно набор системной логики определяет все ключевые особенности системной платы и то, какие устройства могут подключаться к ней.

Схематическое изображение традиционного чипсета (с двумя мостами) приведено на рис. 4.11.

Схема чипсета на базе одной микросхемы (графический контроллер и контроллер памяти встроены в центральный процессор) приведена на примере чипсета Intel P67 (рис. 4.12).

Перечень функциональных возможностей чипсета P67:

- поддержка всех новых процессоров на ядре Sandy Bridge при подключении к этим процессорам по шине DMI 2.0 (с пропускной способностью ≈ 4 ГБ/с);

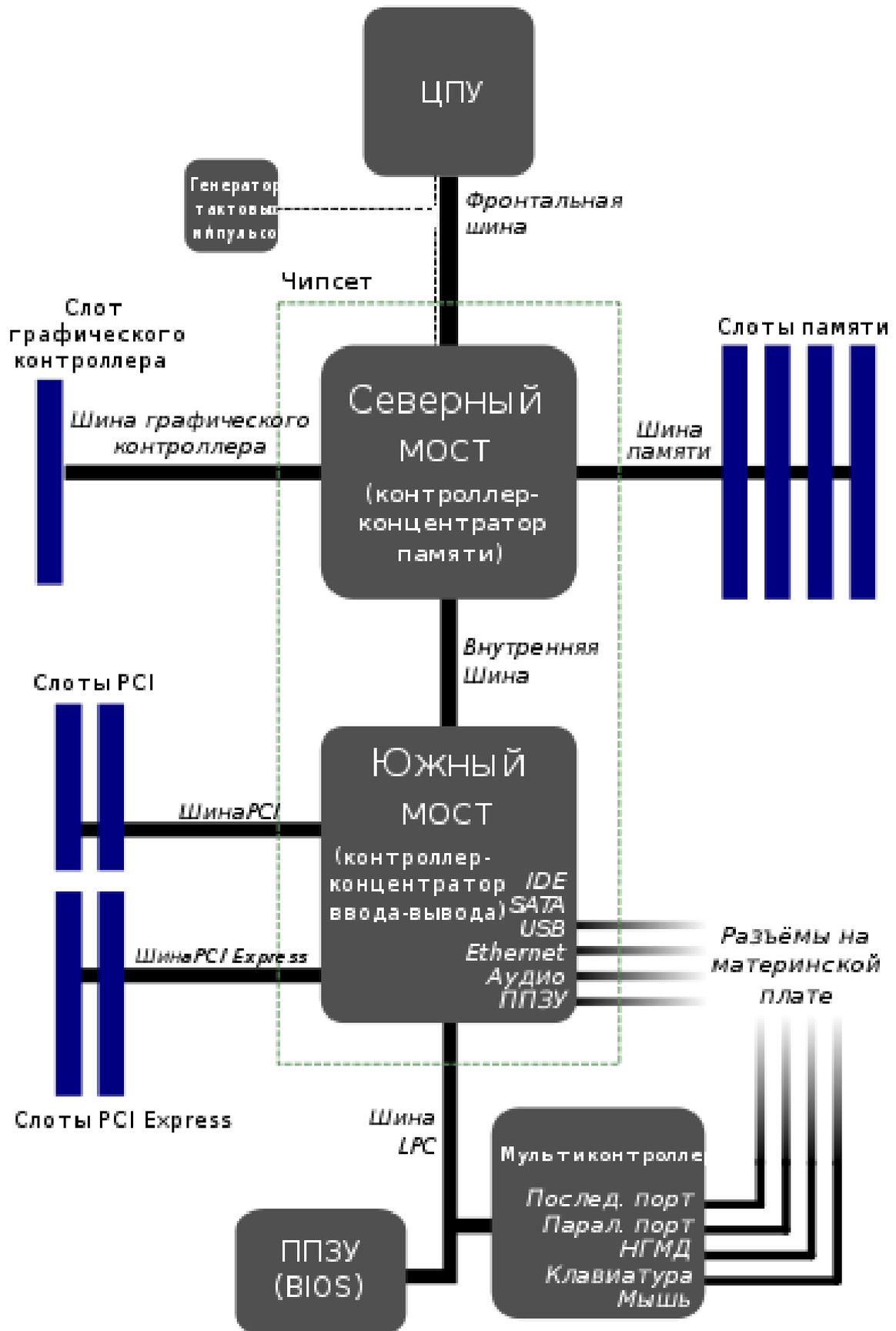


Рис. 4.11. Схематическое изображение традиционного чипсета материнской платы

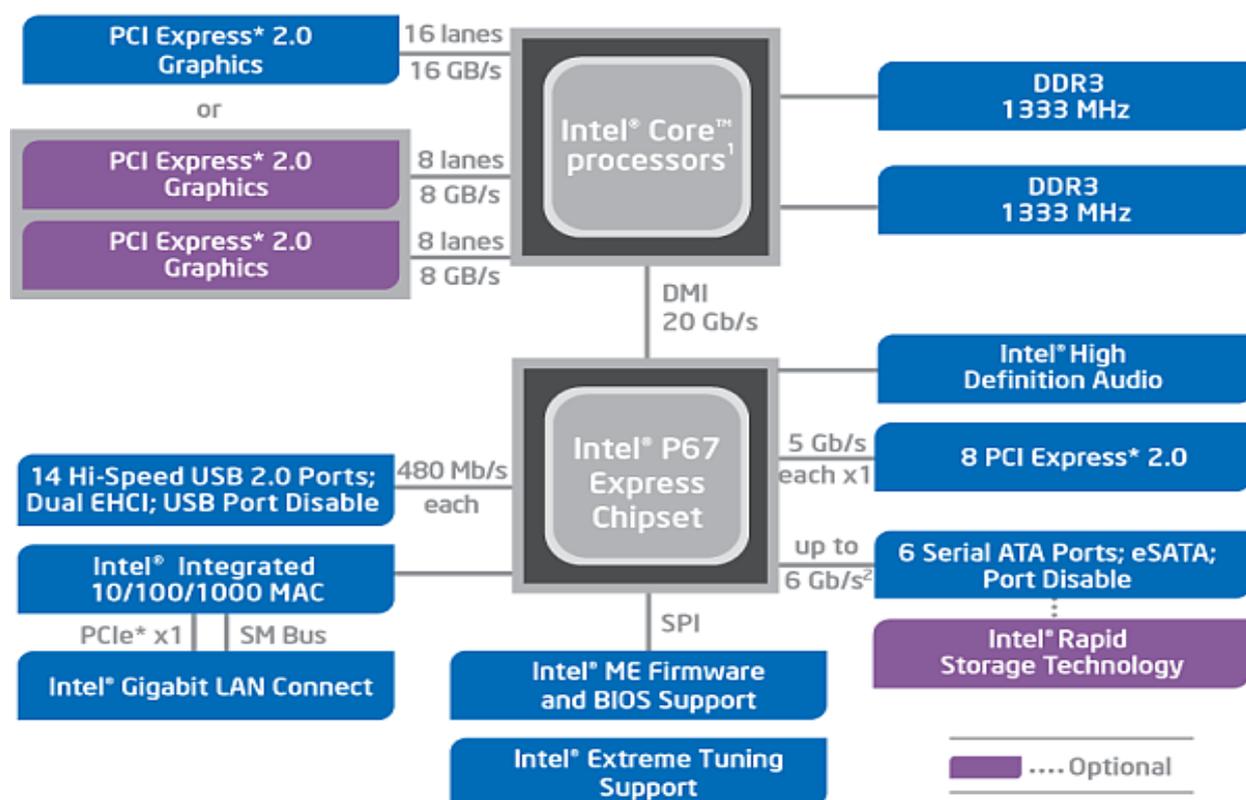


Рис. 4.12. Функциональная схема чипсета Intel P67

- интерфейс FDI для получения полностью отрисованной картинки экрана от процессора и блок вывода этой картинки на устройство(-а) отображения;
- до 8 портов PCIe x1 (PCI-E 2.0);
- 2 порта Serial ATA III на 2 устройства SATA600 и 4 порта Serial ATA II на 4 устройства SATA300, с поддержкой режима AHCI и функций вроде NCQ, с возможностью индивидуального отключения, с поддержкой eSATA и разветвителей портов;
- возможность организации RAID-массива уровней 0, 1, 0+1 (10) и 5 с функцией Matrix RAID (один набор дисков может использоваться сразу в нескольких режимах RAID – например, на двух дисках можно организовать RAID 0 и RAID 1, под каждый массив будет выделена своя часть диска);
- 14 устройств USB 2.0 (на двух хост-контроллерах EHCI) с возможностью индивидуального отключения;

- MAC-контроллер Gigabit Ethernet и специальный интерфейс (LCI/GLCI) для подключения PHY-контроллера (i82579 для реализации Gigabit Ethernet, i82562 для реализации Fast Ethernet);
- High Definition Audio (7.1);
- обвязка для низкоскоростной и устаревшей периферии, прочее.

Вопросы для самопроверки к главе 4

1. Что такое системная плата?
2. Какие типы сокетов Вы знаете?
3. Перечислите наиболее важные параметры системной платы.
4. Что такое форм-фактор системной платы?
5. Какие типы форм-факторов системных плат Вы знаете?
6. Какие функции выполняет чипсет?
7. Чем отличается южный мост от северного?

Глава 5. Интерфейсная система ПК

Интерфейс – совокупность средств сопряжения и связи, обеспечивающая эффективное взаимодействие систем или их частей. В рамках интерфейса обычно рассматривается сопряжение на двух уровнях:

- *физическом* (число и параметры проводов, типы соединений, разъёмы и т.п.),
- *логическом* (сигналы, их длительность, частоты и амплитуда, протоколы взаимодействия).

Внутримашинный интерфейс – система связи и сопряжения узлов и блоков компьютера между собой. Представляет собой совокупность микросхем, линий связи, схем сопряжения с компонентами компьютера, протоколов передачи и преобразования сигналов. Выделяется два варианта организации внутримашинного интерфейса:

- *многосвязный интерфейс* – каждый блок ПК связан с прочими блоками локальными линиями связи; обычно применяется в качестве периферийного интерфейса;
- *односвязный интерфейс* – все блоки ПК связаны друг с другом через общую (системную) шину.

Шина – совокупность линий связи, по которым информация передаётся одновременно. Важнейшими характеристиками шины являются количество обслуживаемых ею устройств и её пропускная способность (максимально возможная скорость передачи информации). Пропускная способность шины зависит от её *разрядности* (2-, 4-, 8-, 16-, 32-, 64-разрядные) и *тактовой частоты шины*.

Разрядность (ширина) шины – количество каналов связи в шине, т.е. число бит, которое может быть передано по шине одновременно.

Тактовая частота шины – частота, с которой передаются последовательные биты информации по каналам связи.

Компьютерные шины можно разделить на *внутренние* и *внешние*. Внутренние шины служат для обеспечения связи между внутренними устройствами (центральный процессор, память, графический адаптер), а внешние (периферийные) обеспечивают связь с внешними устройствами (накопители, клавиатура, мышь и др.). Однако это разделение условно, поскольку современные шины позволяют использовать как большие скорости, необходимые для памяти, видеокарт и межпроцессорного взаимодействия, так и небольшие при работе с медленными устройствами, например, приводами дисков. Также они стремятся к большей гибкости в терминах физических подключений, позволяя использовать себя и как внутренние, и как внешние шины, например, для объединения компьютеров. Кроме того существуют и беспроводные интерфейсы, например: IrDA, Bluetooth, WiFi и др.

§ 1. Внутренние шины

К внутренним шинам можно отнести *системную* и *локальную* шины.

1.1. Системные шины

Под системной шиной понимается *шина между процессором и подсистемой памяти*. К системным можно отнести такие шины, как *FSB*, *DMI*, *HT*, *QPI*.

Front Side Bus (FSB) – шина, обеспечивающая соединение между x86-совместимым центральным процессором и внутренними устройствами. Микропроцессор через FSB подключается к системному контроллеру (северному мосту), к которому подключаются наиболее производительные периферийные устройства, например, видеокарты, а менее производительные устройства подключаются к южному мосту, который соединяется с северным мостом специальной шиной, например, DMI. Таким образом, FSB работает в качестве магистрального канала между процессором и чипсетом.

Direct Media Interface (DMI) – последовательная шина, разработанная фирмой Intel для соединения южного моста с северным (MCH или GMCH). В

материнских платах для процессоров с разъёмом LGA 1156 (то есть для Core i3, Core i5 и некоторых серий Core i7 и Xeon) и со встроенным контроллером памяти, DMI используется для подсоединения чипсета непосредственно к процессору.

HyperTransport (HT) – двунаправленная последовательно/параллельная компьютерная шина с высокой пропускной способностью и малыми задержками. Шина HyperTransport нашла широкое применение в основном в качестве замены шины процессора. Также эта технология используется в наборах системной логики, серверах, суперкомпьютерах и маршрутизаторах.

Intel Quick Path Interconnect (QPI)- последовательная шина для соединения процессоров между собой и с чипсетом, разработанная фирмой Intel для замены применявшейся ранее шины Front Side Bus, которая осуществляла связь между центральным процессором и северным мостом материнской платы. QPI создавался в ответ на разработанную ранее консорциумом во главе с фирмой AMD шину HyperTransport.

1.2. Локальные шины

К локальным шинам можно отнести, например: *PCI, AGP, PCI Express*.

Peripheral component interconnect (PCI) – универсальный параллельный интерфейс для подключения различных устройств. Первая версия была разработана компанией Intel в 1992 году. Шина децентрализована, нет главного устройства, любое устройство может стать инициатором транзакции. PCI-устройства с точки зрения пользователя самонастраиваемы (Plug and Play). После старта компьютера системное программное обеспечение обследует конфигурационное пространство PCI каждого устройства, подключённого к шине, и распределяет ресурсы. Спецификация шины PCI:

- частота шины – 33,33 или 66,66 МГц, передача синхронная;
- разрядность шины – 32 или 64 бита, шина мультиплексированная (адрес и данные передаются по одним и тем же линиям);

- адресное пространство памяти – 32 бита (4 байта);
- адресное пространство портов ввода-вывода – 32 бита (4 байта);
- конфигурационное адресное пространство (для одной функции) 256 байт;
- напряжение 3,3 или 5 В.

В настоящее время интерфейс PCI практически вытеснен интерфейсом PCI Express.

Accelerated Graphics Port (AGP) – специализированная параллельная 32-битная системная шина для видеокарты, разработанная в 1997 году компанией Intel. Основной задачей разработчиков было увеличение производительности и уменьшение стоимости видеокарты, за счёт уменьшения количества встроенной видеопамяти. Спецификация шины AGP:

- частота шины – 66,66 МГц;
- пропускная способность шины достигает 2 ГБ/с (AGP 8x – спецификация AGP 3.0);
- напряжение 1,5 В;
- возможность использования видеокарт с большим энергопотреблением, чем у PCI.

В настоящее время материнские платы со слотами AGP не выпускаются; стандарт AGP был повсеместно вытеснен на рынке более быстрым и универсальным PCI Express.

Peripheral component interconnect Express (PCI Express) – шина, использующая программную модель шины PCI и высокопроизводительный физический протокол, основанный на последовательной передаче данных. Разработка стандарта PCI Express была начата фирмой Intel после отказа от шины InfiniBand. Официально первая базовая спецификация PCI Express появилась в июле 2002 года. PCI Express в общем случае является пакетной сетью с топологией типа звезда. Устройства PCI Express взаимодействуют между собой через среду, образованную коммутаторами. При этом каждое устройство напрямую связано соединением типа точка-точка с коммутатором. Для подключения устройства PCI Express используется двунаправленное

последовательное соединение типа точка-точка, называемое линией, что принципиально отличается от PCI, где все устройства подключаются к общей 32-разрядной параллельной двунаправленной шине. PCI Express пересылает всю управляющую информацию, включая прерывания, через те же линии, которые используются для передачи данных. Кроме того, шиной PCI Express поддерживается горячая замена карт, гарантированная полоса пропускания, управление энергопотреблением, контроль целостности передаваемых данных. 15 января 2007 года PCI Special Interest Group (PCI-SIG) выпустила спецификацию PCI Express 2.0. Пропускная способность одной линии увеличилась до 5 Гбит/с, при этом сохранена совместимость с PCI Express 1.1. В ноябре 2010 года были утверждены спецификации версии PCI Express 3.0. Интерфейс обладает скоростью передачи данных 8 Гбит/с. PCI SIG заявила, что PCI Express 4.0 может быть стандартизирован до 2015 года. Он будет иметь пропускную способность 16 Гбит/с или более, т.е. будет в два раза быстрее PCIe 3.0. Кроме PCI Express существует ещё ряд высокоскоростных стандартизованных последовательных интерфейсов, например, HyperTransport, InfiniBand, RapidIO и StarFabric. Пропускная способность шины PCI Express представлена в табл.5.1.

Таблица 5.1

Версия PCI Express	Пропускная способность в одну/обе стороны, Гбит/с						
	Число связей						
	x1	x2	x4	x8	x12	x16	x32
PCIe 1.0	2/4	4/8	8/16	16/32	24/48	32/64	64/128
PCIe 2.0	4/8	8/16	16/32	32/64	48/96	64/128	128/256
PCIe 3.0	8/16	16/32	32/64	64/128	96/192	128/256	256/512

§ 2. Периферийные шины

Периферийные интерфейсы ориентированы на подключение различных внешних устройств, например, такие шины, как *IEEE 1284 (LPT)*, *PS/2*, *RS-232*, *IEEE 1394 (FireWire)*, *USB*. Также можно выделить ряд интерфейсов предназначенных только для внешних запоминающих устройств, например: *SCSI*, *ATA*, *SATA*, *eSATA*.

IEEE 1284 (LPT) – международный стандарт параллельного интерфейса для подключения периферийных устройств персонального компьютера. В основном используется для подключения к компьютеру принтера, сканера и других внешних устройств, однако может применяться и для других целей (организация связи между двумя компьютерами, подключение каких-либо механизмов телесигнализации и телеуправления). Название «LPT» образовано от наименования стандартного устройства принтера (Line Printer Terminal) в операционных системах семейства MS-DOS. Изначально этот порт был разработан только для симплексной (однаправленной) передачи данных, так как предполагалось, что порт Centronics должен использоваться только для работы с принтером. Впоследствии разными фирмами были разработаны дуплексные расширения интерфейса. Затем был принят международный стандарт IEEE 1284, описывающий как базовый интерфейс Centronics, так и все его расширения. Скорость передачи данных может варьироваться и достигать 1,2 Мбит/с. Порт на стороне управляющего устройства (компьютера) имеет 25-контактный 2-рядный разъём DB-25-female («мама») – IEEE 1284-A, а на периферийных устройствах обычно используется 36-контактный микроразъём ленточного типа Centronics IEEE 1284-B (рис. 5.1). Длина соединительного кабеля не должна превышать 3 метров. Конструкция кабеля: витые пары в общем экране, либо витые пары в индивидуальных экранах. Изредка используются ленточные кабели.

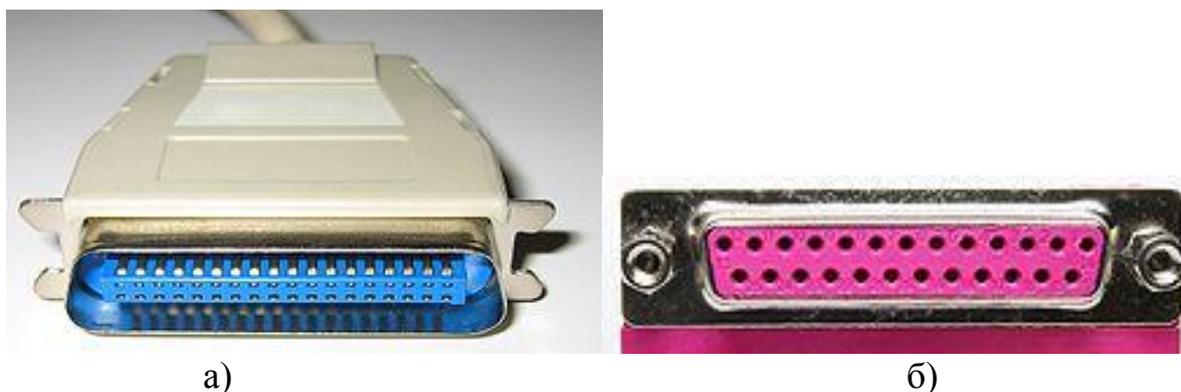


Рис. 5.1 а) кабельный 36-контактный разъём Centronics для подключения внешнего устройства (IEEE 1284-B); б) 25-контактный разъём DB-25, используемый как LPT-порт на персональных компьютерах (IEEE 1284-A)

В настоящее время стандарт IEEE-1284 не развивается. Окончательная стандартизация параллельного порта совпала с началом внедрения интерфейса USB, который позволяет подключать также и комбинированные аппараты (сканер-принтер-копир) и обеспечивает более высокую скорость печати и надёжную работу принтера.

PS/2 – разъем, применяемый для подключения клавиатуры и мыши (рис. 5.2). Впервые появился в 1987 году на компьютерах IBM PS/2 и впоследствии получил признание других производителей и широкое распространение в персональных компьютерах и серверах рабочих групп. Скорость передачи данных – от 80 до 300 Кб/с и зависит от производительности подключенного устройства и программного драйвера. Сейчас все больше компьютерных мышей и клавиатур имеют разъем USB, некоторые современные материнские платы (особенно миниатюрных форм-факторов) не имеют разъема PS/2 или имеют только один разъем. Современные ноутбуки не имеют разъемов PS/2 и для подключения к ним мыши или внешней клавиатуры используется USB.

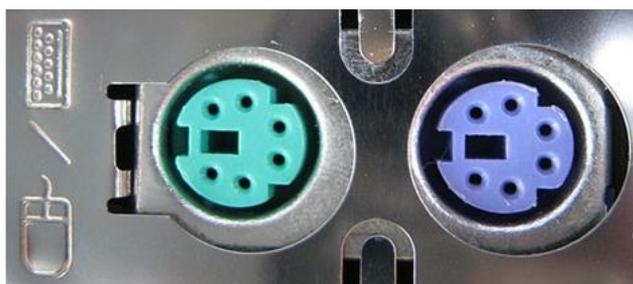


Рис. 5.2. Разъём PS/2

Recommended Standard 232 (RS-232)- стандарт последовательной асинхронной передачи двоичных данных между терминалом и коммуникационным устройством по COM-порту. RS-232 – интерфейс передачи информации между двумя устройствами на расстоянии до 15 метров. Информация передается по проводам цифровым сигналом с двумя уровнями напряжения. Логическому "0" соответствует положительное напряжение (от +5 до +15 В для передатчика), а логической "1" отрицательное (от -5 до -15 В для передатчика). Асинхронная передача данных осуществляется с фиксированной

скоростью при самосинхронизации фронтом стартового бита. Чаще всего Интерфейс RS-232 используется в промышленном и узкоспециальном оборудовании, встраиваемых устройствах. Иногда присутствует на современных персональных компьютерах. Устройства для связи по последовательному каналу соединяются кабелями с 9-ю или 25-ю контактными разъёмами типа D-sub (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Разъём RS-232

IEEE 1394 (FireWire, i-Link) – последовательная высокоскоростная шина, предназначенная для обмена цифровой информацией между компьютером и другими электронными устройствами. В конце 1995 года IEEE принял стандарт под порядковым номером 1394. В цифровых камерах Sony интерфейс IEEE 1394 появился раньше принятия стандарта и под названием iLink. Скорость передачи данных – 100, 200 и 400 Мбит/с, длина кабеля до 4,5 м. Различные компании продвигают стандарт под своими торговыми марками:

- Apple – FireWire,
- Sony – i.LINK,
- Yamaha – mLAN,
- TI – Lynx,
- Creative – SB1394.

Шина IEEE 1394 может использоваться для:

- создания компьютерной сети;
- подключения аудио и видео мультимедийных устройств;

- подключения принтеров и сканеров;
- подключения жёстких дисков, массивов RAID.

Преимуществами данной шины являются:

- *горячее подключение* – возможность переконфигурировать шину без выключения компьютера;
- *различная скорость передачи данных* – 100, 200 и 400 Мбит/с в стандарте IEEE 1394/1394a, дополнительно 800 и 1600 Мбит/с в стандарте IEEE 1394b и 3200 Мбит/с в спецификации S3200;
- *гибкая топология* – равноправие устройств, допускающее различные конфигурации (возможность «общения» устройств без компьютера);
- *высокая скорость* – возможность обработки мультимедиа-сигнала в реальном времени;
- *открытая архитектура* – отсутствие необходимости использования специального программного обеспечения;
- *наличие питания на шине* (маломощные устройства могут обходиться без собственных блоков питания): до 1,5 ампер и напряжение от 8 до 40 вольт;
- *подключение до 63 устройств.*

В 2000 году был утверждён стандарт *IEEE 1394a*. Был проведён ряд усовершенствований, что повысило совместимость устройств.

В 2002 году появляется стандарт *IEEE 1394b* с новыми скоростями: S800 – 800 Мбит/с и S1600 – 1600 Мбит/с. Соответствующие устройства обозначаются FireWire 800 или FireWire 1600 в зависимости от максимальной скорости. Изменились используемые кабели и разъёмы. Для достижения максимальных скоростей на максимальных расстояниях предусмотрено использование оптики: пластмассовой – для длины до 50 метров и стеклянной – для длины до 100 метров. 12 декабря 2007 года была представлена

спецификация S3200 с максимальной скоростью – 3,2 Гбит/с. Максимальная длина кабеля может достигать 100 метров.

В 2004 году увидел свет стандарт *IEEE 1394.1*. Этот стандарт был принят для возможности построения крупномасштабных сетей и резко увеличивает количество подключаемых устройств – до 64 449.

Появившийся в 2006 году стандарт *1394c* позволяет использовать кабель Cat 5e от Ethernet. Возможно использовать параллельно с Gigabit Ethernet, то есть использовать две логические и друг от друга не зависящие сети на одном кабеле. Максимальная заявленная длина – 100 м. Максимальная скорость соответствует S800 – 800 Мбит/с.

Существуют четыре вида разъёмов для FireWire:

- *4pin (IEEE 1394a без питания)* – стоит на ноутбуках и видеокамерах. Два провода для передачи сигнала (информации) и два для приема;
- *6pin (IEEE 1394a)* – дополнительно два провода для питания (рис. 5.4);
- *9pin (IEEE 1394b)* – дополнительные провода для приёма и передачи информации;
- *RJ-45 (IEEE 1394c)*.

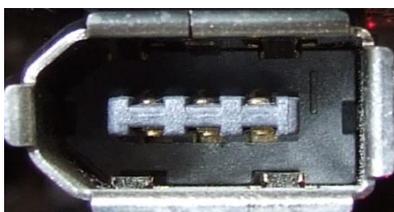


Рис. 5.4. Разъём IEEE 1394a

Universal Serial Bus (USB) – это популярная универсальная последовательная шина. Предназначена для легкого подключения различного вида устройств (клавиатуры, мыши, джойстики, колонки, модемы, мобильные телефоны, ленточные, дисковые, оптические и магнитооптические накопители, флэш-диски, сканеры и принтеры и пр.).

Разработка шины началась в 1995 году, когда многие компании, стремясь следовать провозглашенному принципу Plug'n'Play, стремились создать нечто,

позволяющее сделать процедуру добавления новых устройств в систему максимально простой, к тому же универсальное, пригодное для большого числа разного вида устройств. При подключении устройства система автоматически определяет, какой ресурс, включая программный драйвер и пропускную способность, нужен каждому периферийному устройству, и делает этот ресурс доступным без вмешательства пользователя.

Спецификация протоколов USB:

USB 1.1 – 12 Мбит/с,

USB 2.0 – 480 Мбит/с,

USB 3.0 – 4,8 Гбит/с.

USB разъёмы со стороны хост-контроллера (тип А) (рис. 5.5) и со стороны подключаемого устройства (тип В) (рис. 5.6) различаются по форме. Разъёмы типа В выпускаются в трёх исполнениях: Standart, Mini(рис.5.7) и Micro (рис. 5.8). Разъёмы USB 2.0 имеют 4 контакта (Standart) или 5 контактов (Mini и Micro).

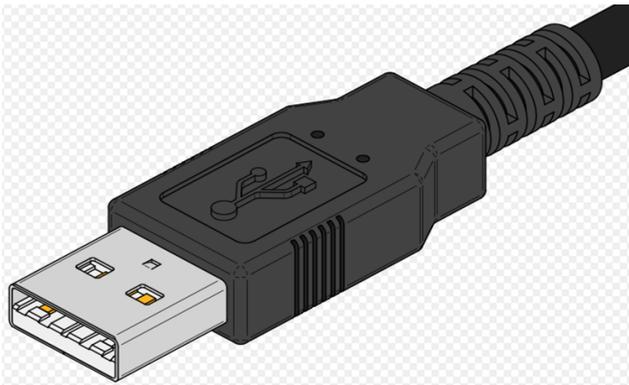


Рис. 5.5. USB 2.0 Standart A

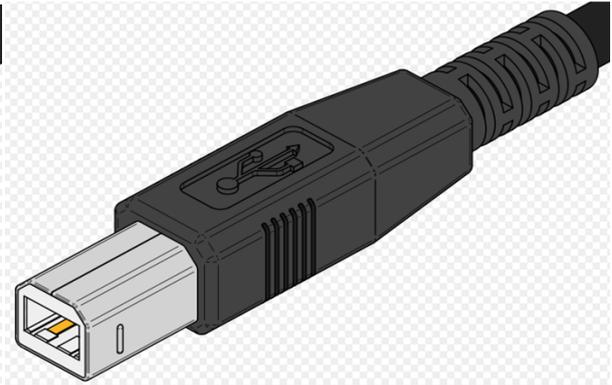


Рис. 5.6. USB 2.0 Standart B



Рис. 5.7. USB 2.0 Mini B



Рис. 5.8. USB 2.0 Micro B

Разъёмы USB 3.0 имеют 9 контактов (Standart) и 10 контактов (Mini, Micro). Разъёмы USB 3.0 Standart A, USB 3.0 Standart B, USB 3.0 MicroB представлены на рис. 5.9 – 5.11.

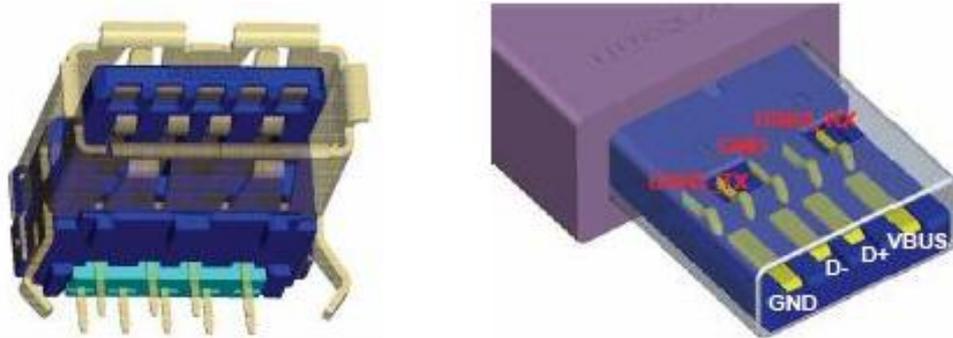


Рис. 5.9. USB 3.0 Standart A

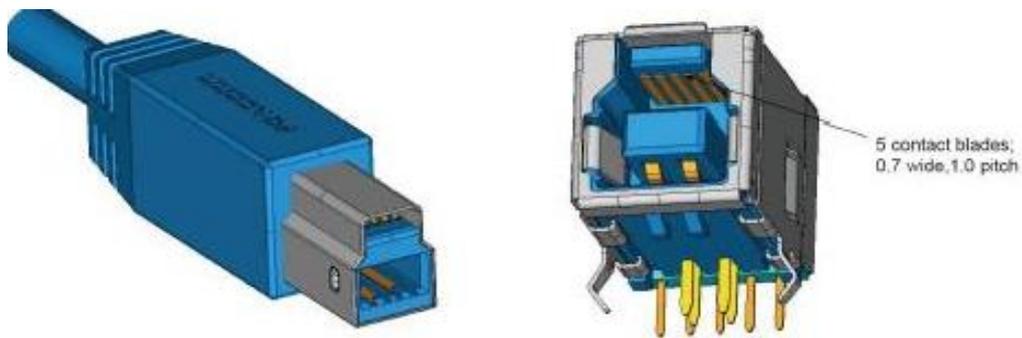


Рис. 5.10. USB 3.0 Standart B

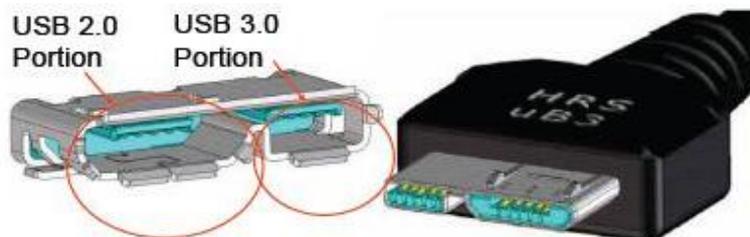


Рис. 5.11. USB 3.0 Micro B

Подключаемые устройства, потребляющие небольшой ток, могут быть запитаны от шины USB. Максимальный ток, который может обеспечить шина, равен 500 мА (USB 2.0), 900 мА (USB 3.0) или 1000 мА (USB 3.0 Powered-B). Это ток, доступный всем устройствам на шине (при этом на стадии подключения и конфигурирования потребляемый ток не должен превышать 100 мА, в противном случае устройство просто не будет инициировано).

Архитектурная особенность шины USB в том, что её логическая топология – многоуровневая звезда (рис. 5.12).

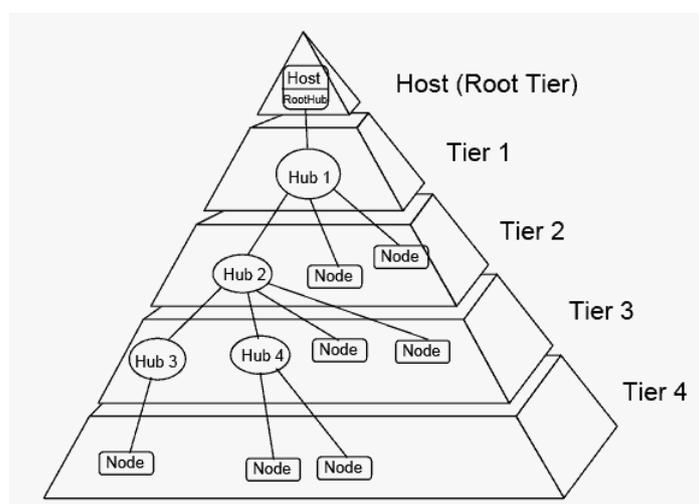


Рис. 5.12. Логическая топология USB –шины

Допускается организация до пяти уровней. USB шина позволяет подключать до 127 устройств. Архитектура USB шины включает в себя *хост*, *концентратор (хаб)* и *функциональное устройство*.

Хост – программно-аппаратный комплекс, в обязанности хоста входит:

- слежение за подключением и отключением устройств;
 - организация управляющих потоков между USB-устройством и хостом;
 - организация потоков данных между USB-устройством и хостом;
 - контроль состояния устройств и ведение статистики активности;
- снабжение подключенных устройств электропитанием.

Хост контроллер – аппаратная часть, посредник между хостом и устройствами на шине.

Концентратор (хаб) позволяет множественные подключения к одному порту, создавая дополнительные порты. Каждый хаб имеет один восходящий порт, предназначенный для подключения к имеющемуся в наличии свободному порту, и несколько нисходящих, к которым могут быть подключены или снова концентраторы, или конечные устройства, либо совмещенные устройства. Хаб должен следить за подключением и отключением устройств, уведомляя хост об изменениях, управлять питанием портов.

Функциональное устройство. С точки зрения USB, устройство – это набор конечных точек, с которыми возможен обмен данными. Число и функции

точек зависят от устройства и выполняемых им функций, и определяются при производстве. В обязательном порядке присутствует точка с номером 0 для контроля состояния устройства и управления им. До осуществления конфигурирования устройства через точку 0 остальные каналы не доступны.

Все передачи данных инициируются хостом в соответствии с определенной временной программой. Функциональные устройства сами не могут инициировать передачу, а лишь отвечают на запросы хоста. Если у устройства возникла необходимость передать данные, оно не может никаким образом дать знать об этом хосту. Для того чтобы выполнить такую передачу, хост должен обратиться к устройству с вопросом, не имеет ли оно желание чего-либо ему сказать (послав пакет in). В ответ устройство вышлет ему имеющиеся данные и дождетя получения подтверждения. Соответственно, если хост не обратится с таким вопросом, то данные никогда не будут переданы.

Small Computer System Interface (SCSI) – интерфейс малых компьютерных систем, разработанный для объединения на одной шине различных по своему назначению устройств, таких как жёсткие диски, накопители на магнитооптических дисках, приводы CD, DVD, стримеры, сканеры, принтеры и т. д. Теоретически возможен выпуск устройства любого типа на шине SCSI. После стандартизации в 1986 году SCSI начал широко применяться в компьютерах Apple Macintosh и Sun Microsystems. В компьютерах, совместимых с IBM PC, SCSI не пользуется такой популярностью в связи со своей сложностью и сравнительно высокой стоимостью и применяется преимущественно в серверах (однако в серверах нижнего ценового диапазона всё чаще применяются RAID-массивы на основе SATA), высокопроизводительных рабочих станциях и т.д. Все устройства SCSI подключаются по цепочке, причем первое (то есть SCSI хост-адаптер) и последнее устройства в цепочке должны иметь так называемые терминаторы для согласования электрических характеристик в цепи. Через интерфейс SCSI

чаще всего подключаются высокоскоростные устройства такие, как жесткие диски, CD дисководы, сканеры. Для обеспечения работы компонентов с интерфейсом SCSI требуется наличие на компьютере специального SCSI хост-адаптера, вставляемого в слот расширения материнской платы или встроенного в системную плату. Существует несколько вариантов интерфейса SCSI, отличающихся количеством подключаемых устройств, максимальной пропускной способностью и максимальной длиной шлейфа. Основные реализации SCSI представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Наименование	Разрядность шины	Частота шины	Пропускная способность	Максимальная длина кабеля	Максимальное количество устройств
SCSI	8 бит	5 МГц	5 МБайт/сек	6 м (25 м с HVD)	8
Fast SCSI	8 бит	10 МГц	10 МБайт/сек	3 м (25 м с HVD)	8
Wide SCSI	16 бит	10 МГц	20 МБайт/сек	3 м (25 м с HVD)	16
Ultra SCSI	8 бит	20 МГц	20 МБайт/сек	1,5 -3 м (25 м с HVD)	4 – 8
Ultra Wide SCSI	16 бит	20 МГц	40 МБайт/сек	1,5 – 3 м (25 м с HVD)	4 – 16
Ultra2 SCSI	8 бит	40 МГц	40 МБайт/сек	12 м (25 м с HVD)	8
Ultra2 Wide SCSI	16 бит	40 МГц	80 МБайт/сек	12 м (25 м с HVD)	16
Ultra3 SCSI	16 бит	40 МГц DDR	160 МБайт/сек	12 м	16
Ultra-320 SCSI	16 бит	80 МГц DDR	320 МБайт/сек	12 м	16
Ultra-640 SCSI	16 бит	160 МГц DDR	640 МБайт/сек		16

Также существует реализация системы команд SCSI поверх оборудования (контроллеров и кабелей) IDE/ATA/SATA, называемая ATAPI – ATA Packet Interface. Все используемые в компьютерной технике, подключаемые по IDE/ATA/SATA приводы CD/DVD/Blu-Ray используют эту технологию. Также система команд SCSI реализована поверх протокола USB, что является частью

спецификации класса Mass Storage device. Это позволяет подключать через интерфейс USB любые хранилища данных (от флеш-накопителей до внешних жёстких дисков), не разрабатывая для них собственного протокола обмена, а вместо этого используя имеющийся в операционной системе драйвер SCSI. В настоящее время устройства на шине SAS постепенно вытесняют устаревшую шину SCSI.

Advanced Technology Attachment (ATA) – параллельный интерфейс подключения накопителей (жёстких дисков и оптических приводов) к компьютеру. Первоначальная версия стандарта была разработана в 1986 году фирмой Western Digital и по маркетинговым соображениям получила название *IDE (Integrated Drive Electronics* – «электроника, встроенная в привод»). Оно подчеркивало важное нововведение: контроллер привода располагается в нём самом, а не в виде отдельной платы расширения, как в предшествующем стандарте и существовавшем тогда интерфейсе SCSI. Имеется в виду способ передачи данных по параллельному 40- или 80-жильному кабелю. Разъемы АТА-контроллера представлены на рис.5.13.



Рис. 5.13. Разъемы АТА-контроллера на материнской плате

В большинстве случаев контроллер IDE/ATA встроен в системную плату и поддерживает два разъема IDE (Primary – Первичный и Secondary – Вторичный), к каждому из которых можно подключать по два устройства (Master и Slave – ведущий и ведомый). Максимальная пропускная способность интерфейса IDE – до 66 Мбайт/с (по протоколу Ultra DMA-66). Для обеспечения совместимости с накопителями, отличными от жестких дисков, существует протокол обмена данными АТАPI (ATA Packet Interface – Пакетный

интерфейс ATA). ATAPI практически полностью совпадает со SCSI на уровне команд, и по сути есть "SCSI по ATA-кабелю". В 1990-е годы он был стандартом на платформе IBM PC; в настоящее время практически полностью вытеснен своим последователем – SATA и с его появлением получил название *PATA (Parallel ATA)*. Для подключения жёстких дисков с интерфейсом PATA обычно используется 40-проводный кабель (именуемый также шлейфом). Каждый шлейф обычно имеет два или три разъёма, один из которых подключается к разъёму контроллера на материнской плате, а один или два других подключаются к дискам. В один момент времени шлейф PATA передаёт 16 бит данных. Иногда встречаются шлейфы IDE, позволяющие подключение трёх дисков к одному IDE каналу, но в этом случае один из дисков работает в режиме read-only. Долгое время шлейф ATA содержал 40 проводников, но с введением режима *Ultra DMA/66 (UDMA4)* появилась его 80-проводная версия. Все дополнительные проводники – это проводники заземления, чередующиеся с информационными проводниками. Таким образом, вместо одного проводника заземления их стало 41. Такое чередование проводников уменьшает ёмкостную связь между ними, тем самым сокращая взаимные наводки. Ёмкостная связь является проблемой при высоких скоростях передачи, поэтому данное нововведение было необходимо для обеспечения нормальной работы установленной спецификацией *UDMA4* скорости передачи 66 МБ/с (мегабайт в секунду). Более быстрые режимы *UDMA5* и *UDMA6* также требуют 80-проводного кабеля. У 80-проводных кабелей разъёмы обычно имеют различную расцветку (синий, серый и чёрный) в отличие от 40-проводных, где обычно все разъёмы одного цвета (чаще чёрные). Синий разъём предназначен для подключения к контроллеру, чёрный – к ведущему устройству, серый – к ведомому. Стандарт ATA всегда устанавливал максимальную длину кабеля равной 46 см. Это ограничение затрудняет присоединение устройств в больших корпусах, или подключение нескольких приводов к одному компьютеру, и почти полностью исключает возможность использования дисков PATA в качестве внешних дисков.

Serial ATA (SATA) – последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации. SATA является развитием параллельного интерфейса ATA (IDE). Первоначально стандарт SATA предусматривал работу шины на частоте 1,5 ГГц, обеспечивающей пропускную способность приблизительно в 1,2 Гбит/с (150 МБ/с). 20%-я потеря производительности объясняется использованием системы кодирования 8b/10b, при которой на каждые 8 бит полезной информации приходится 2 служебных бита. Пропускная способность SATA/150 незначительно выше пропускной способности шины Ultra ATA (UDMA/133). Следующий стандарт – SATA/300 работал на частоте 3 ГГц, обеспечивал пропускную способность до 2,4 Гбит/с (300 МБайт/с). Впервые был реализован в контроллере чипсета nForce 4 фирмы «NVIDIA». Часто стандарт SATA/300 называют *SATA II* или *SATA 2.0*. Теоретически устройства SATA/150 и SATA/300 совместимы. Третья спецификация стандарта – SATA Revision 3.0 предусматривает возможность передачи данных на скорости до 6 Гбит/с (600 Мбайт/с для данных с учетом 10b/8b кодирования). В числе улучшений SATA Revision 3.0 по сравнению с предыдущей версией спецификации помимо более высокой скорости можно отметить улучшенное управление питанием. Также сохранена совместимость как на уровне разъёмов и кабелей SATA, так и на уровне протоколов обмена. Главным преимуществом SATA перед PATA является использование последовательной шины вместо параллельной. Несмотря на то что последовательный способ обмена принципиально медленнее параллельного, в данном случае это компенсируется возможностью работы на более высоких частотах за счёт избежания необходимости синхронизации каналов и большей помехоустойчивости кабеля. Стандарт SATA отказался от традиционного для PATA подключения по два устройства на шлейф; каждому устройству полагается отдельный кабель. SATA использует 7-контактный разъём (рис. 5.14) вместо 40-контактного разъёма у PATA. SATA-кабель имеет меньшую площадь, за счёт чего уменьшается сопротивление воздуху, обдуваемому

комплектующие компьютера, упрощается разводка проводов внутри системного блока.

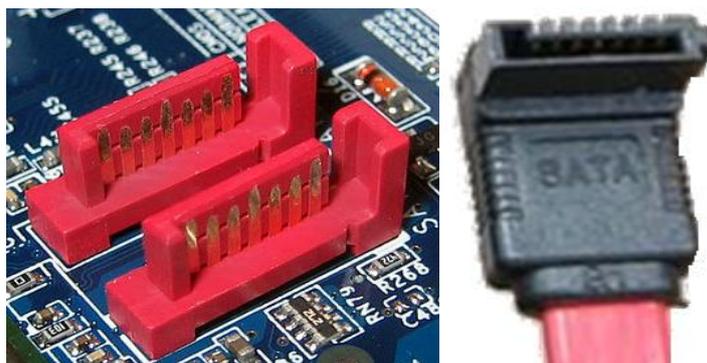


Рис. 5.14. 7-контактный кабель Serial ATA

External SATA (eSATA) – интерфейс подключения внешних устройств, поддерживающий режим «горячей замены». Был создан несколько позже SATA (в середине 2004). Основными отличительными особенностями eSATA от SATA являются:

- менее хрупкие разъёмы (рис. 5.15), конструктивно рассчитанные на большее число подключений, чем SATA, но физически не совместимые с обычными SATA (добавлено экранирование разъема);
- увеличенная длина кабеля (до 2 м) по сравнению с 1-метровым у SATA.



Рис. 5.15. Разъёмы SATA (слева) и eSATA (справа)

§ 3. Беспроводные интерфейсы

Среди беспроводных интерфейсов, позволяющих подключать внешние устройства к компьютеру, можно выделить следующие:

- *IrDA*,
- *Bluetooth*,
- *Wi-Fi*.

IrDA (Infrared Data Association) – инфракрасный порт – группа стандартов, описывающая протоколы физического и логического уровня передачи данных с использованием инфракрасного диапазона световых волн в качестве носителя. IrDA является разновидностью атмосферной оптической линии связи ближнего радиуса действия. Она была особо популярна в конце 1990-х начале 2000-х годов. В данное время практически вытеснена более современными способами связи, такими как Wi-Fi и Bluetooth. IrDA спецификации включают в себя ряд протоколов: IrCOMM, IrOBEX, IrLAN и др. Аппаратная реализация, как правило, представляет собой пару из передатчика, в виде светодиода и приемника в виде фотодиода, расположенных на каждой из сторон линии связи. Наличие и передатчика, и приемника на каждой из сторон является необходимым для использования протоколов гарантированной доставки данных. В ряде случаев, например при использовании в пультах дистанционного управления бытовой техникой, одна из сторон может быть оснащена только передатчиком, а другая только приемником. Через ИК-порт с помощью протокола высокого уровня – IrOBEX можно, например, передать цифровую визитную карточку, мелодию, картинку или файл на другой мобильник или компьютер, на котором также имеется ИК-порт. Этот же протокол позволяет организовывать синхронизацию данных. Протокол IrCOMM позволяет использовать мобильный телефон как беспроводной модем. А протокол IrLAN позволяет подключить и связать устройства в локальную сеть, наподобие Ethernet.

Bluetooth – производственная спецификация беспроводных персональных сетей (Wireless personal area network, WPAN). С помощью технологии Bluetooth реализуется обмен информацией между различными устройствами, такими как карманные и обычные персональные компьютеры, сотовые телефоны, ноутбуки, принтеры, цифровые фотоаппараты и наушники. Причем для этого используется надёжный, дешевый, повсеместно доступный радиочастотный диапазон ближней связи. Устройства с помощью Bluetooth могут общаться на

расстоянии в пределах 10 – 100 метров друг от друга (дальность связи очень зависит от преград и помех), будучи даже в разных помещениях (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Класс	Максимальная мощность, мВт	Максимальная мощность, дБм	Радиус действия (приблизительно), м
Класс 1	100	20	100
Класс 2	2,5	4	10
Класс 3	1	0	1

В разрабатываемом 4 классе данные могут передаваться на расстояние до 30-40 километров.

Спецификация Bluetooth была разработана компанией Ericsson. Для оформления этой спецификации 20 мая 1999 года была основана группа Bluetooth Special Interest Group (SIG), в нее вошли Sony Ericsson, IBM, Intel, Toshiba и Nokia, а затем множество других компаний стали ее ассоциированными членами.

Связь Bluetooth реализуется в свободном от лицензирования диапазоне 2,4 – 2,48 ГГц – это так называемый ISM-диапазон (Industry, Science and Medicine) для использования в различных бытовых приборах и беспроводных сетях. Сигнал представляет собой FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum – широкополосный сигнал по методу частотных скачков). Формирование сигнала FHSS просто и недорого в реализации, при этом имеется устойчивость к широкополосным помехам. По правилам FHSS в Bluetooth частота несущего сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду (для этого выделяется 79 рабочих частот). Это изменение частоты для каждого соединения происходит псевдослучайным способом и известно только передатчику и приёмнику. В соответствии с этим изменением они каждые 625 мкс (один временной слот) синхронно перестраиваются с одной несущей частоты на другую. Такой алгоритм позволяет работать рядом нескольким парам приёмник-передатчик, не мешая друг другу. Он также обеспечивает конфиденциальность передаваемой информации: переход происходит псевдослучайным образом и определяется отдельно для каждого соединения. Если передаются цифровые

данные и аудиосигнал (64 Кбит/с в обоих направлениях), то они кодируются различным способом: аудио-сигнал не повторяется (как правило), а цифровые данные при потере пакета информации передаются повторно. Такой способ обеспечивает передачу информации со скоростями 723,2 Кбит/с с обратным каналом 57,6 Кбит/с, или 433,9 Кбит/с в обоих направлениях.

В декабре 2009 года Bluetooth SIG анонсировала стандарт Bluetooth 4.0. Технология, прежде всего, предназначена для миниатюрных электронных датчиков (использующихся в спортивной обуви, тренажёрах, миниатюрных сенсорах, размещаемых на теле пациентов и т. д.). В Bluetooth 4.0 достигается низкое энергопотребление за счёт использования специального алгоритма работы. Передатчик включается только на время отправки данных, что обеспечивает возможность работы от одной батарейки типа CR2032 в течение нескольких лет. Стандарт предоставляет скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8-27 байт. В новой версии два Bluetooth-устройства смогут устанавливать соединение менее чем за 5 миллисекунд и поддерживать его на расстоянии до 100 м. Для этого используется усовершенствованная коррекция ошибок, а необходимый уровень безопасности обеспечивает 128-битное AES-шифрование.

Bluetooth поддерживает ряд профилей. *Профиль* – набор функций или возможностей, доступных для определённого устройства Bluetooth. Для совместной работы Bluetooth-устройств необходимо, чтобы все они поддерживали общий профиль. В табл. 5.4 указаны некоторые профили одобренные группой разработки Bluetooth SIG.

В июне 2006 года Авиша Вул и Янив Шакед опубликовали статью, содержащую подробное описание атаки на bluetooth-устройства. Материал содержал описание как активной, так и пассивной атаки, позволяющей заполучить PIN код устройства и в дальнейшем осуществить соединение с данным устройством.

Таблица 5.4

Название профиля	Краткое описание профиля
Advanced Audio Distribution Profile (A2DP)	Разработан для передачи двухканального стерео аудиопотока, например, музыки, к беспроводной гарнитуре или любому другому устройству
Audio / Video Remote Control Profile (AVRCP)	Разработан для управления стандартными функциями телевизоров, Hi-Fi оборудования и прочее, т.е. позволяет создавать устройства с функциями дистанционного управления, может использоваться в связке с профилями A2DP
Basic Imaging Profile (BIP)	Разработан для пересылки изображений между устройствами и включает возможность изменения размера изображения и конвертирование в поддерживаемый формат принимающего устройства
Basic Printing Profile (BPP)	Разработан для пересылки текста, e-mails, vCard и других элементов на принтер. Профиль не требует от принтера специфических драйверов
Common ISDN Access Profile (CIP)	Разработан для доступа устройств к ISDN
Cordless Telephony Profile (CTP)	Разработан для беспроводной телефонии
Device ID Profile (DIP)	Позволяет идентифицировать класс устройства, производителя, версию продукта
Dial-up Networking Profile (DUN)	Предоставляет стандартный доступ к интернету или другому телефонному сервису через Bluetooth
Fax Profile (FAX)	Предоставляет интерфейс между мобильным или стационарным телефоном и ПК, на котором установлено программное обеспечение для факсов
File Transfer Profile (FTP_profile)	Обеспечивает доступ к файловой системе устройства, включает стандартный набор команд FTP, позволяющий получать список директорий, изменения директорий, получать, передавать и удалять файлы
Hands-Free Profile (HFP)	Используется для соединения беспроводной гарнитуры и телефона, передаёт моносвук в одном канале
Human Interface Device Profile (HID)	Обеспечивает поддержку устройств с HID (Human Interface Device), таких как мышки, джойстики, клавиатуры и прочее, использует медленный канал, работает на пониженной мощности
Headset Profile (HSP)	Используется для соединения беспроводной гарнитуры (Headset) и телефона, поддерживает минимальный набор AT-команд спецификации GSM 07.07 для обеспечения возможности совершать звонки, отвечать на звонки, завершать звонок, настраивать громкость. Через профиль Headset, при наличии Bluetooth 1.2 и выше, можно выводить на гарнитуру всё звуковое сопровождение работы телефона. Гарнитуры, поддерживающие такой профиль, имеют возможность передачи стереозвука в отличие от моделей, которые поддерживают только профиль Hands-Free
Intercom Profile (ICP)	Обеспечивает голосовые звонки между Bluetooth-совместимыми устройствами
LAN Access Profile (LAP)	Обеспечивает возможность доступа Bluetooth-устройствам к сетям LAN, WAN или Internet посредством другого Bluetooth-

Название профиля	Краткое описание профиля
	устройства, которое имеет физическое подключение к этим сетям
Phone Book Access Profile (PBAP)	Позволяет обмениваться записями телефонных книг между устройствами
SIM Access Profile (SAP, SIM)	Позволяет получить доступ к SIM-карте телефона, что позволяет использовать одну SIM-карту для нескольких устройств

Wi-Fi (Wireless Fidelity – «беспроводная точность») – торговая марка Wi-Fi Alliance для беспроводных сетей на базе стандарта *IEEE 802.11*, созданная в 1991 году NCR Corporation/AT&T.

Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента. Также возможно подключение двух клиентов в режиме *точка-точка (Ad-hoc)*, когда точка доступа не используется, а клиенты соединяются посредством сетевых адаптеров «напрямую». Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с – наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. Зная SSID сети, клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала.

К *достоинствам Wi-Fi* можно отнести:

- возможность разворачивание сети без прокладки кабеля, что может уменьшить стоимость развёртывания и/или расширения сети;
- возможность получить доступ к сети мобильным устройствам;
- гарантированная совместимость оборудования благодаря обязательной сертификации оборудования с логотипом Wi-Fi;
- более низкое радиоизлучение от Wi-Fi устройств в момент передачи данных (на два порядка меньше, чем у сотового телефона).

Недостатками Wi-Fi являются:

- большое количество устройств (Bluetooth, микроволновые печи и др.), работающих на частоте 2.4 ГГц, создаёт помехи;

- различия в законодательствах разных стран в части, касающейся использования частотного диапазона, применяемого в Wi-Fi-устройствах (в России точки беспроводного доступа, а также адаптеры Wi-Fi, размещённые вне помещений и мощность которых превышает 100 мВт, подлежат обязательной регистрации).

11 сентября 2009 года был утверждён стандарт *IEEE 802.11n*, применение которого позволяет повысить скорость передачи данных практически вчетверо по сравнению с устройствами стандартов *802.11g* (максимальная скорость которых равна 54 Мбит/с), при условии использования в режиме *802.11n* с другими устройствами *802.11n*. Теоретически *802.11n* способен обеспечить скорость передачи данных до 600 Мбит/с.

29 июля 2011 года Институт инженеров по электротехнике и электронике *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers* – международная некоммерческая ассоциация специалистов в области техники, мировой лидер в области разработки стандартов по радиоэлектронике и электротехнике) выпустил официальную версию стандарта *IEEE 802.22*, называемого *Super Wi-Fi*, позволяющий передавать данные на скорости до 22 Мбит/с в радиусе 100 км от ближайшего передатчика.

Вопросы для самопроверки к главе 5

1. Что включает в себя внутримашинный интерфейс?
2. Какие виды внутримашинного интерфейса различают?
3. Чем отличаются разрядность шины от тактовой частоты шины?
4. Какие системные шины Вы знаете?
5. Чем системная шина отличается от локальной шины?
6. Сравните локальные шины между собой.
7. Перечислите периферийные шины и дайте их краткую характеристику.
8. В чём различие между стандартами USB 2.0 и USB 3.0?
9. Являются ли стандарты USB 2.0 и USB 3.0 совместимыми между собой?
10. Какова логическая топология USB-шины?
11. Чем SATA отличается от eSATA?
12. Какие беспроводные интерфейсы Вы знаете?

Глава 6. Основная память ПК

Внутреннюю память компьютера можно разделить на три вида:

- *постоянная (ПЗУ, ROM – Read Only Memory),*
- *оперативная (ОЗУ, RAM – Random Access Memory),*
- *кэш-память.*

§ 1. Постоянная память

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) – энергонезависимая память, используется для хранения массива неизменяемых данных: загрузочных программ операционной системы, программ тестирования устройств компьютера, некоторых драйверов базовой системы ввода-вывода (BIOS – Basic InputOutputSystem).

По технологии изготовления кристалла можно выделить следующие типы ПЗУ:

- *ROM – (read-only memory, постоянное запоминающее устройство), масочное ПЗУ, изготавливается фабричным методом. В дальнейшем нет возможности изменить записанные данные;*
- *PROM – (programmable read-only memory, программируемое ПЗУ (ППЗУ)) – ПЗУ, однократно «прошиваемое» пользователем;*
- *EPROM – (erasable programmable read-only memory, перепрограммируемое ПЗУ (ПППЗУ)), содержимое микросхемы может стираться, например, при помощи ультрафиолетовой лампы (для чего в корпусе микросхемы было предусмотрено окошко с кварцевым стеклом), и вновь записываться с помощью программатора;*
- *EEPROM – (electrically erasable programmable read-only memory, электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ) – разновидность EPROM. Память такого типа может стираться (электрическим*

импульсом) и заполняться данными несколько десятков тысяч раз. Используется в твердотельных накопителях. Одной из разновидностей EEPROM является флеш-память;

- *ПЗУ на магнитных доменах* – ПЗУ, хранящее данные в виде намагниченных областей кристалла и обеспечивающее неограниченное количество циклов перезаписи.

По способу программирования микросхем (записи в них прошивки) ПЗУ можно разделить на три вида:

- *непрограммируемые ПЗУ*;
- *ПЗУ, программируемые только с помощью специального устройства* – программатора ПЗУ (как однократно, так и многократно прошиваемые). Использование программатора необходимо, в частности, для подачи нестандартных и относительно высоких напряжений (до +/- 27 В) на специальные выводы;
- *внутрисхемно (пере)программируемые ПЗУ (ISP, in-system programming)* – такие микросхемы имеют внутри генератор всех необходимых высоких напряжений и могут быть перепрошиты без программатора и даже без выпайки из печатной платы программным способом.

Устанавливаемые на современных материнских платах модули ПЗУ по объёму, как правило, не превышают одного мегабайта. Быстродействие постоянной памяти меньше, чем у оперативной, поэтому для повышения производительности содержимое ПЗУ сначала копируется в ОЗУ и уже только эта копия, называемая теневой памятью ПЗУ (Shadow ROM), используется при работе системой.

§ 2. Оперативная память

Оперативную память (RAM) можно также разделить на два типа:

- *статическую (SRAM – Static RAM),*
- *динамическую (DRAM – Dynamic RAM).*

В *статической памяти* элементы (ячейки) построены с использованием различных вариантов схем (триггеров) с двумя устойчивыми состояниями. После записи бита в ячейку она может пребывать в этом состоянии неограниченно долго при условии наличия питания. Ячейки статической памяти имеют малое время срабатывания (единицы-десятки наносекунд), однако микросхемы на их основе имеют низкую удельную плотность данных (порядка единиц Мбит на корпус) и высокое энергопотребление. Поэтому статическая память используется в основном в качестве буферной (кэш-памяти).

В *динамической памяти* ячейки построены на основе областей (занимающих гораздо меньшую площадь, нежели триггеры) с накоплением зарядов и практически не потребляющих энергии при хранении. Носителем информации в динамической памяти является электрическая ёмкость или конденсатор. Ячейки памяти, в основе которых лежит конденсатор, объединяются в массив. Чтобы считать информацию из ячейки, подаётся адресный сигнал в соответствующую строку (Row). Данные считываются из соответствующей колонки (Column) массива. Для "перевода" аналогового сигнала электрической ёмкости используются специальные усилители. Кроме того, существуют специальные цепи для подзарядки конденсаторов и записи данных. Обычно на блок-схемах всё это объединяется и обозначается как "Sense Amplifiers" (рис. 6.1).

При считывании информации происходят следующие операции. Подаётся адресный сигнал в соответствующую строку. Данные целой строки попадают на усилители и через некоторое время могут быть считаны. Такая операция называется активацией строки (Activate). Данные считываются из

соответствующей колонки. Для этого подаётся команда на чтение (Read). Данные появляются на выходе с некоторой задержкой. В современной памяти используется чтение пакета данных (Burst), представляющего собой несколько последовательно расположенных данных. Обычно размер пакета равен 8.

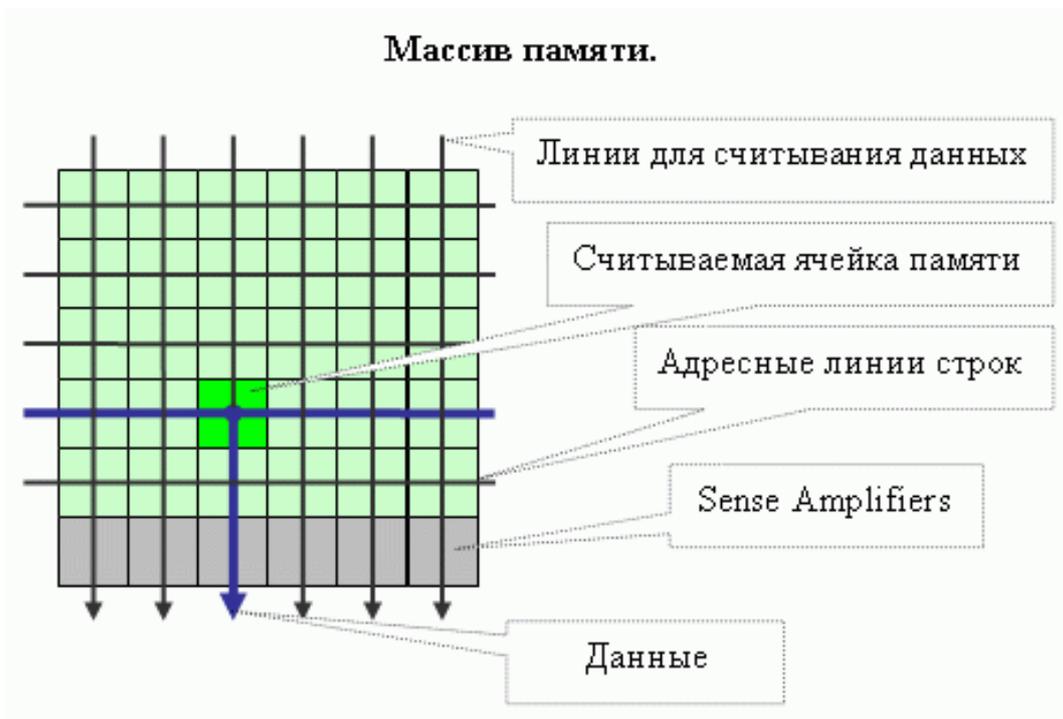


Рис. 6.1. Схема работы динамической памяти

Пока строка остаётся активной, возможно считывание или запись других ячеек памяти (текущей строки). Так как при чтении заряд ёмкостей ячеек памяти теряется, то производится подзарядка этих ёмкостей или *закрытие строки (Precharge)*. После закрытия строки дальнейшее считывание данных невозможно без повторной активации. Со временем конденсаторы ячеек разряжаются и их необходимо подзаряжать. Операция подзарядки называется *регенерацией (Refresh)* и выполняется каждые 64 мс для каждой строки массива памяти. При записи данных всё происходит точно так же, только чтение меняется на запись и при закрытии строки происходит непосредственная запись в массив памяти. Ячейка памяти может хранить только один бит информации. Чтобы хранить один байт, используется 8 элементарных ячеек памяти. При этом они адресуются одинаково и организованы с использованием шины данных шириной в 8 линий. Такие объединённые ячейки образуют слово.

Обычно чипы памяти имеют размер слова 4, 8, 16 бит. Ширина шины данных при этом равна 4, 8, 16 линий (или разрядность 4, 8, 16 бит). Простой модуль памяти DIMM имеет ширину шины данных 64 линий. Чтобы обеспечить возможность быстрой работы одновременно с разными участками памяти используется архитектура с несколькими массивами памяти или банками (рис. 6.2).

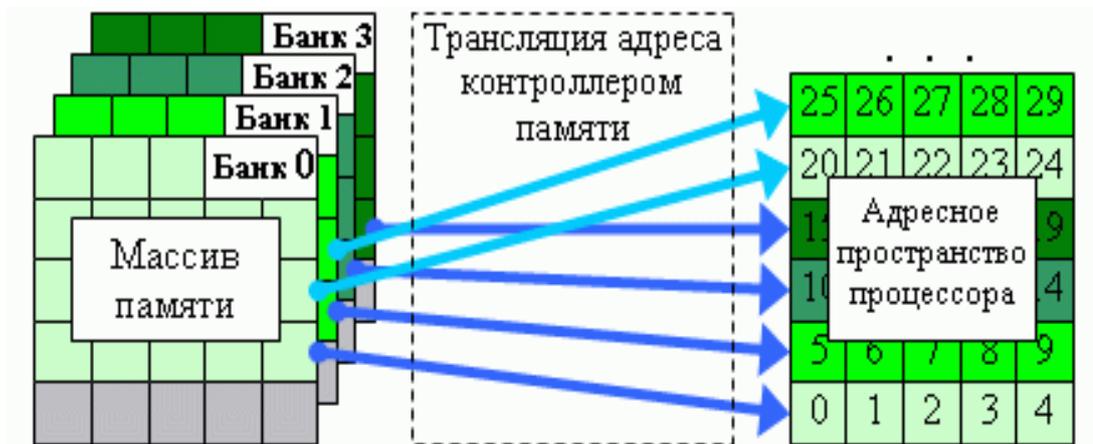


Рис. 6.2. Архитектура памяти с несколькими банками

Банки памяти работают полностью независимо. Например, данные можно считывать из памяти банка 1, обрабатывать и записывать в память банка 2. При этом будут отсутствовать задержки на активацию и закрытие строк данных в массиве памяти, что было бы в случае одного банка. Возможна различная организация использования банков. При этом по-разному выполняется трансляция адреса памяти, который использует процессор, в последовательность: номер банка, номер строки массива памяти, номер колонки массива памяти. В простейшем случае банки памяти идут последовательно. Соответственно преимущества от наличия нескольких банков будут только, если обращения к памяти сильно разнесены в адресном пространстве. Обычно программы работают с небольшим локальным участком памяти и не будут иметь ускорения. Возможна организация с чередованием банков (Interleaving). Сначала идёт строка первого банка, потом второго, потом опять первого и так далее до конца памяти. Вероятность, что будут использоваться участки памяти, принадлежащие разным банкам, значительно

увеличивается. Но всегда возможны "неудобные" случаи, когда рабочие участки памяти разбросаны так, что принадлежат одному банку. Тем не менее наличие нескольких банков повышает производительность. Чем больше банков, тем лучше. Ячейки динамической памяти имеют большее время срабатывания (десятки-сотни наносекунд) по сравнению со статической памятью, но большую удельную плотность (порядка десятков Мбит на корпус) и меньшее энергопотребление. Динамическая память в вычислительных устройствах используется в качестве основного вида памяти.

Существуют несколько видов модулей оперативной памяти, различаемых конструктивно (по внешнему виду): *DIP*, *SIP*, *SIPP*, *SIMM*, *DIMM*, *SO-DIMM*, *RIMM*.

DIP (*Dual In-line Package*, также *DIL*) – микросхема памяти прямоугольной формы с двумя рядами выводов по длинным сторонам (рис. 6.3). Может быть выполнена из пластика (PDIP) или керамики (CDIP). В настоящее время используется в составе более укрупнённых модулей, например, *SIMM*.



Рис. 6.3. DIP – модуль

SIP (*Single In-line Package*) – микросхема памяти с однорядным расположением контактов, устанавливаемая вертикально.

SIPP (*Single In-line Pin Package*) – 30-ти контактный модуль памяти, на котором установлено определенное количество чипов памяти. В настоящее время не используется (рис. 6.4).

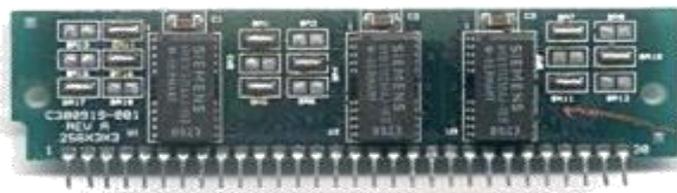


Рис. 6.4. SIPP-модуль

SIMM (*Single In-line Memory Module*) – представляют собой длинные прямоугольные платы с рядом контактных площадок вдоль одной из её сторон (рис. 6.5). Модули фиксируются в разъёме подключения с помощью защёлок,

путём установки платы под некоторым углом и нажатия на неё до приведения в вертикальное положение. Выпускались модули на 4, 8, 16, 32, 64, 128 Мбайт. Наиболее распространены 30- и 72-контактные модули SIMM.



Рис. 6.5. SIMM-модуль

DIMM (Dual In-Line Memory Module) – представляют собой длинные прямоугольные платы с рядами контактных площадок вдоль обеих её сторон, устанавливаемые в разъём подключения вертикально и фиксируемые по обоим торцам защёлками (рис. 6.6). Микросхемы памяти на них могут быть размещены как с одной, так и с обеих сторон платы. Модули памяти типа SDRAM наиболее распространены в виде 168-контактных DIMM-модулей, памяти типа DDR SDRAM – в виде 184-контактных, а модули типа DDR2 и DDR3 SDRAM – 240-контактных модулей.



Рис. 6.6. DIMM-модуль

SO-DIMM (Small Outline DIMM) – модули памяти, предназначенные для портативных и компактных устройств (материнских плат форм-фактора Mini-ITX, ноутбуков, планшетов и т. п.), а также принтеров, сетевой и телекоммуникационной техники и пр. (рис. 6.7). Модули SO-DIMM существуют в 72-, 100-, 144-, 200- и 204-контактном исполнении.



Рис. 6.7. SO-DIMM-модуль

RIMM (Rambus In-line Memory Module) – модули памяти, представленные 168-, 184- и 242-контактными разновидностями, причём на материнской плате такие модули обязательно должны устанавливаться только в парах, в противном случае в пустые разъёмы устанавливаются специальные модули-заглушки (это связано с особенностями конструкции таких модулей). Также существуют и уменьшенная версия RIMM – SO-RIMM, применяемая в портативных устройствах.

Кроме внешнего вида оперативная память различается и по принципу работы. Можно выделить типы памяти: *FPM DRAM, EDO RAM, BEDO RAM, SDRAM, ESDRAM, DDR SDRAM, DRDRAM*.

FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM) – быстрая страничная память, появившаяся в 1995 году. Данный тип памяти в основном применялся для компьютеров с процессорами Intel 80486 или аналогичных процессоров других фирм. Память могла работать на частотах 25 и 33 МГц с временем полного доступа 70 и 60 нс и с временем рабочего цикла 40 и 35 нс соответственно. Модули FPM DRAM в основном выпускались в конструктиве SIMM.

EDO DRAM (Extended Data Out DRAM) – память, появившаяся на рынке в 1996 году и активно использовавшаяся на компьютерах с процессорами Intel Pentium и выше. Её производительность оказалась на 10 – 15% выше по сравнению с памятью типа FPM DRAM. Её рабочая частота была 40 и 50 МГц, соответственно время полного доступа – 60 и 50 нс, а время рабочего цикла – 25 и 20 нс. Эта память содержит регистр-защелку (data latch) выходных данных, что обеспечивает некоторую конвейеризацию работы для повышения производительности при чтении. Модули EDO DRAM выпускались в конструктивах SIMM и DIMM.

BEDORAM (Burst Extended Data Output DRAM) – память, основанная на EDO DRAM и ставшая более дешёвой альтернативой памяти типа SDRAM. Её ключевой особенностью является технология поблочного чтения данных (блок

данных читался за один такт), что сделало её работу быстрее, чем у памяти типа SDRAM. Однако невозможность работать на частоте системной шины более 66 МГц не позволила данному типу памяти стать популярным.

SDRSDRAM (Single Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory) или SDRAM – динамическая память с синхронным доступом. В отличие от других типов DRAM, использовавших асинхронный обмен данными, ответ на поступивший в устройство управляющий сигнал возвращается не сразу, а лишь при получении следующего тактового сигнала. Память состоит из двух основных частей: матрицы запоминающих элементов (которая и работает на определенной частоте) и буферов ввода-вывода. Эти две части соединены шиной. В SDRAM по одной линии шины передавался один бит информации за такт (рис. 6.8).

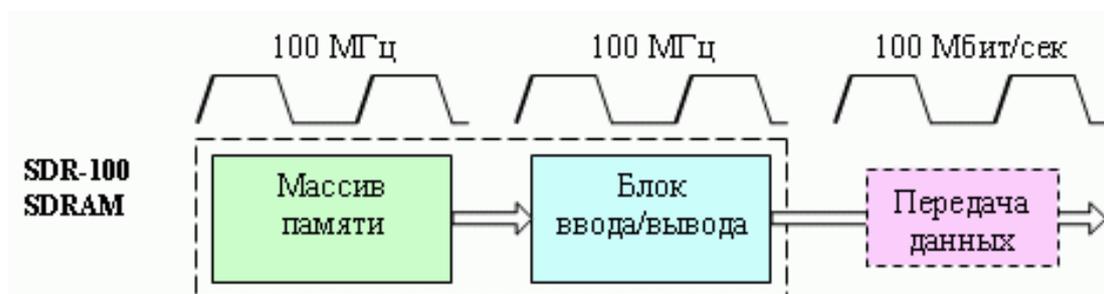


Рис. 6.8. Схема работы памяти SDR SDRAM

Тактовые сигналы позволяют организовать работу SDRAM в виде конечного автомата, исполняющего входящие команды. При этом входящие команды могут поступать в виде непрерывного потока, не дожидаясь, пока будет завершено выполнение предыдущих инструкций (конвейерная обработка): сразу после команды записи может поступить следующая команда, не ожидая, когда данные окажутся записаны. Поступление команды чтения приведёт к тому, что на выходе данные появятся спустя некоторое количество тактов. Это время называется *задержкой (SDRAM latency)* и является одной из важных характеристик данного типа устройств. Циклы обновления выполняются сразу для целой строки в отличие от предыдущих типов DRAM. Первый стандарт SDRAM с появлением последующих стандартов стал именоваться SDR (Single Data Rate – в отличие от Double Data Rate). За один

такт принималась одна управляющая команда и передавалось одно слово данных. Типичными тактовыми частотами были 66, 100 и 133 МГц. Микросхемы SDRAM выпускались с шинами данных различной ширины (обычно 4, 8 или 16 бит) но, как правило, эти микросхемы входили в состав 168-пинного модуля DIMM, который позволял прочесть или записать 64 бита (в варианте без контроля чётности) или 72 бита (с контролем чётности) за один такт.

ESDRAM (Enhanced SDRAM) – это, по существу, SDRAM с небольшим количеством SRAM. При малой задержке и пакетной работе достигается частота до 200 МГц. Как и в случае внешней кеш-памяти, SRAM-кеш предназначен для хранения и выборки наиболее часто используемых данных. Отсюда и уменьшение времени доступа к данным медленной DRAM.

DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM) – синхронная динамическая память с удвоенной скоростью передачи данных. Первоначально память такого типа применялась в видеоплатах, но позднее появилась поддержка DDR SDRAM со стороны чипсетов. При использовании DDR SDRAM достигается удвоенная скорость передачи данных без увеличения частоты тактового сигнала шины памяти, чем в SDRAM, за счёт считывания команд и данных не только по фронту, как в SDRAM, но и по спаду тактового сигнала. Чтобы обеспечить передачу данных дважды за такт, используется специальная архитектура «*2n Prefetch*». Внутренняя шина данных имеет ширину в два раза больше внешней. При передаче данных сначала передаётся первая половина шины данных по переднему фронту тактового сигнала, а затем вторая половина шины данных по заднему фронту (рис. 6.9). Таким образом, при работе DDR на частоте 100 МГц мы получим эффективную частоту 200 МГц (при сравнении с аналогом SDR SDRAM). Число, следующее за "DDR", указывает на скорость передачи данных.

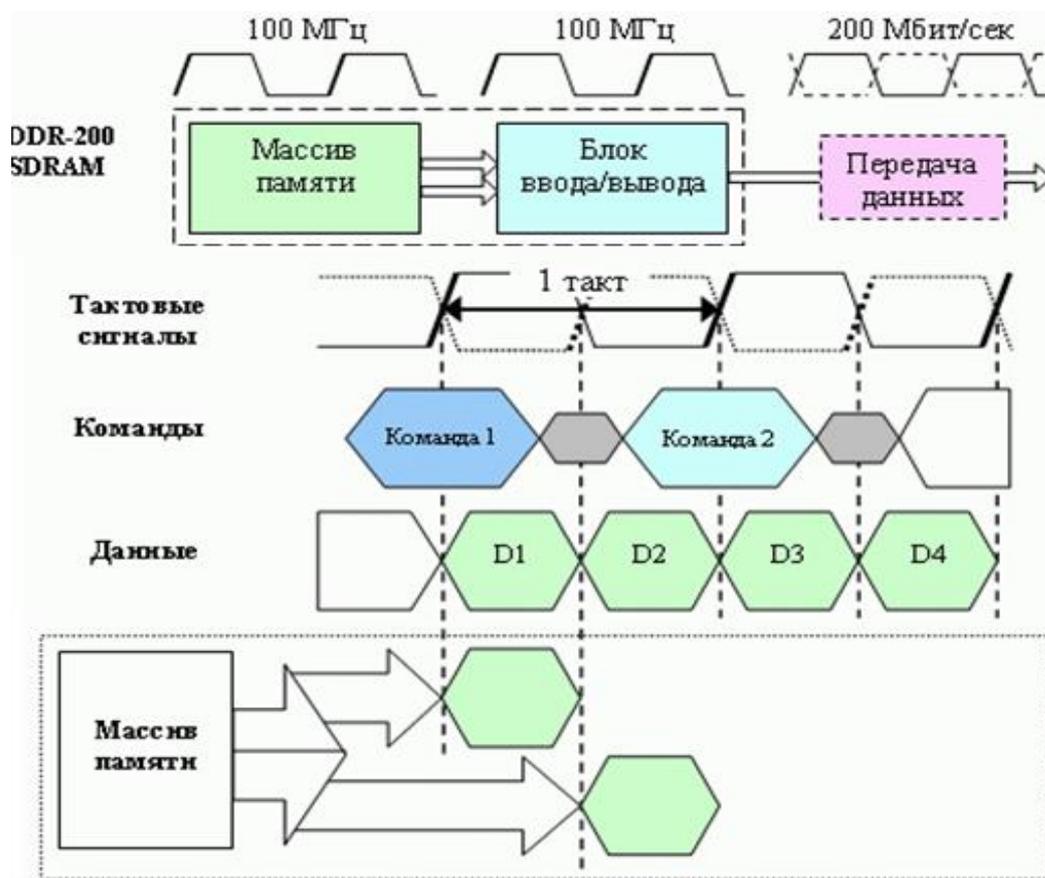


Рис. 6.9. Схема работы памяти DDR SDRAM

Например, у DDR 400 скорость передачи 400 МГц. В спецификации JEDEC есть замечание, что использовать термин «МГц» в DDR некорректно, правильно указывать скорость «миллионов передач в секунду через один вывод данных». Память DDR SDRAM работает на частотах в 100, 133, 166 и 200 МГц, её время полного доступа – 30 и 22,5 нс, а время рабочего цикла – 5, 3,75, 3 и 2,5 нс. Так как частота синхронизации лежит в пределах от 100 до 200 МГц, а данные передаются по 2 бита на один синхроимпульс, как по фронту, так и по срезу тактового импульса, то эффективная частота передачи данных лежит в пределах от 200 до 400 МГц. Такие модули памяти обозначаются DDR200, DDR266, DDR333, DDR400. Модули DDR SDRAM выполнены в форм-факторе DIMM. На каждом модуле расположено несколько одинаковых чипов памяти и конфигурационный чип SPD. В настоящее время модули DDR практически вытеснены модулями типов DDR2, DDR3 и DDR4, которые в результате некоторых изменений в архитектуре позволяют получить большую пропускную

способность подсистемы памяти. Ранее главным конкурентом DDR SDRAM являлась память типа RDRAM (Rambus), однако ввиду наличия некоторых недостатков со временем была практически вытеснена с рынка.

DDR2 SDRAM – тип оперативной памяти, способный за один такт пересылать вчетверо большее количество информации, чем обычная SDRAM. Это позволяет говорить об учетверенной частоте работы. Как и для DDR, число после "DDR2" указывает на скорость передачи данных. Поэтому DDR2 400 и DDR 400 имеют абсолютно одинаковую скорость передачи данных. Массив памяти DDR2 работает на частоте в 4 раза меньше скорости передачи (вернее скорость передачи данных в 4 раза больше частоты работы массива). Для того чтобы обеспечить передачу данных 4 раза за такт используется архитектура «*4n Prefetch*». При этом внутренняя шина данных имеет ширину в 4 раза больше внешней шины. Тем не менее вся управляющая логика ввода/вывода работает на частоте в 2 раза меньше скорости передачи, то есть на 200 МГц для DDR2 400 (рис. 6.10).

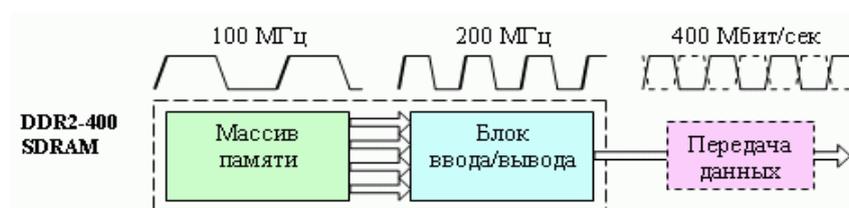


Рис. 6.10. Схема работы памяти DDR2 SDRAM

Непосредственно на сам чип памяти подаётся только эта частота. Тот факт, что чип памяти работает на пониженной частоте, очень важен, т.к. это позволяет уменьшить энергопотребление и тепловыделение модулей, а также увеличить выход годных чипов, а следовательно, снизить себестоимость памяти. Главным преимуществом DDR2 является возможность функционирования на значительно более высоких частотах. Становятся доступными большие скорости передачи данных. DDR2 может работать с тактовой частотой шины 200, 266, 333, 337, 400, 533, 575 и 600 МГц. При этом эффективная частота передачи данных соответственно будет 400, 533, 667, 675, 800, 1066, 1150 и 1200 МГц. Время полного доступа – 25, 11.25, 9, 7.5 нс и менее. Время рабочего цикла – от 5 до 1,67 нс.

DDR3 SDRAM – тип оперативной памяти, основанный на технологиях *DDR2 SDRAM*, у которой вдвое увеличена частота передачи данных по шине памяти. *DDR3 SDRAM* отличается пониженным энергопотреблением по сравнению с предшественниками. Частота полосы пропускания лежит в пределах от 800 до 2400 МГц (рекорд частоты – более 3000 МГц), что обеспечивает большую пропускную способность по сравнению со всеми предшественниками. Основная идея, позволившая нарастить частоты *DDR3* памяти по сравнению с *DDR2*, заключается в удвоении размера выборки данных, выполняемой непосредственно из устройств хранения информации в буфера ввода-вывода. В то время как в *DDR2 SDRAM* используется 4-битная выборка, в *DDR3 SDRAM* применяется выборка размером 8 бит, называемая также «*8n Prefetch*» (рис. 6.11).

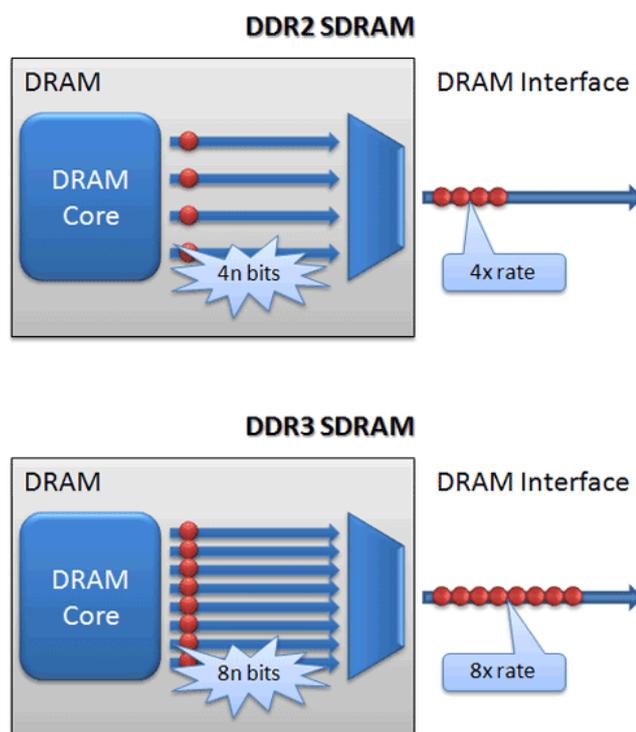


Рис. 6.11. Сравнение памяти DDR2 и DDR3

Иными словами, технология *DDR3 SDRAM* подразумевает двукратное увеличение ширины внутренней шины, соединяющей собственно устройства хранения данных и буфера ввода вывода. В результате увеличение эффективной частоты передачи данных, происходящее с вводом *DDR3*

SDRAM, не требует ускорения работы ядра памяти. Возрастает лишь скорость работы внешних буферов. Частота же ядра чипов памяти оказывается в 8 раз меньше частоты внешней шины и буферов DDR3 (в DDR2 эта частота была в 4 раза меньше частоты внешней шины).

DDR4 SDRAM – новый тип оперативной памяти, отличающийся от предыдущих поколений более высокими частотными характеристиками и низким напряжением, будет поддерживать частоты от 2133 до 4266 МГц, в массовое производство выйдет предположительно в 2013 году. 4 января 2011 на выставке CES компания Samsung официально представила новые модули, работающие в режиме DDR4-2133 при напряжении 1,2 В.

RDRAM – стандарт оперативной памяти, разработанный компанией Rambus в сотрудничестве с Intel в 1996 году. Высокие частоты памяти обеспечивали 99% загрузку канала, в то время когда у конкурирующих стандартов загрузка достигала максимум 70%. Пропускная способность памяти 1 Гб/с, а позже и 4 Гб/с. Первоначальная очень высокая стоимость памяти RDRAM привела к тому, что производители мощных компьютеров предпочли менее производительную, зато более дешёвую память DDR SDRAM. Кроме того, в спецификации RDRAM определены очень жесткие требования к конструкции, терминированию, длине проводников и размещению сигнальных цепей по слоям печатной платы. Минусом памяти RDRAM было также и то, что модули необходимо устанавливать парно, а в свободные слоты устанавливать специальные заглушки. В настоящее время подобная память не пользуется спросом ввиду больших цен на неё. RDRAM используется в приставках PlayStation 2 и PlayStation 3. Рабочие частоты памяти – 400, 600 и 800 МГц, время полного доступа – до 30 нс, время рабочего цикла – до 2,5 нс.

Среди основных характеристик модулей памяти можно выделить следующие:

- *объём* в Мб или Гб;
- *количество чипов* (максимальное уместяющееся на DIMM – 36);

- *максимальная частота.* Модули памяти DDR и DDR2 маркируются по классификации DDRxxx/PCyyyy. Первое число – xxx – указывает максимальную тактовую частоту, на которой могут работать чипы памяти. Например, максимальная частота, на которой могут работать модули DDR400 – 400 МГц, а модули DDR2-667 могут работать на частотах до 667 МГц. Второе число – yyyy – указывает максимальную скорость передачи данных в МБ/с. Максимальная скорость передачи данных у модулей DDR400 равна 3200 МБ/с, следовательно, их маркируют PC3200. Модули DDR2-667 передают данные со скоростью 5336 МБ/с, и их маркируют как PC2-5400. После “DDR” или “PC” ставится цифра “2”, чтобы указать, что речь идет о памяти DDR2, а не DDR. Максимальную скорость передачи данных модуля памяти можно рассчитать по следующей формуле: $V = f * n / 8$, где V – максимальная теоретическая скорость передачи данных, f – тактовая частота, n – число бит. Так как DIMM модули передают одновременно 64 бита, то “число бит” будет 64. Так как $64 / 8$ равно 8, то эту формулу можно упростить: $V = f * 8$.

- *задержки (тайминги).* Из-за разницы в таймингах два модуля памяти, имеющие одну и ту же теоретическую максимальную скорость передачи данных, могут иметь разную пропускную способность. Для выполнения каждой операции чипу памяти нужно вполне определенное время – тайминги как раз и определяют это время, выраженное в количестве циклов тактовой частоты шины памяти. Приведем пример. Рассмотрим самый известный параметр, который называют CAS Latency (или CL, или “время доступа”), который указывает, через сколько тактовых циклов модуль памяти выдает запрошенные центральным процессором данные. Модуль памяти с CL 4 запаздывает с ответом на 4 тактовых цикла, тогда как модуль памяти с CL 3 запаздывает на 3 тактовых цикла. Хотя оба модуля могут работать на одной и той же тактовой частоте, второй модуль будет работать быстрее, поскольку он будет выдавать данные быстрее, чем первый. Эта проблема известна под названием “время ожидания”. Тайминги памяти обозначаются рядом чисел, например, так: 2-3-2-6-T1, 3-4-4-8 или 2-2-2-5. Каждое из этих чисел указывает,

за сколько тактовых циклов память выполняет определенную операцию. Чем меньше эти числа, тем быстрее память. Числа таймингов указывают параметры следующих операций: CL – tRCD – tRP – tRAS – CMD:

- CL – время, проходящее с момента посылки команды в память до начала ответа на этот запрос. То есть это время, которое проходит между запросом процессора некоторых данных из памяти и моментом выдачи этих данных памятью;
- tRCD – время, которое должно пройти с момента обращения к строке матрицы (RAS), до момента обращения к столбцу матрицы (CAS), в которых хранятся нужные данные;
- tRP – интервал времени с момента закрытия доступа к одной строке матрицы и началом доступа к другой строке данных;
- tRAS – пауза, которая нужна памяти, чтобы вернуться в состояние ожидания следующего запроса;
- CMD – время с момента активации чипа памяти до момента, когда можно будет обратиться к памяти с первой командой. Иногда этот параметр не указывается. Обычно это T1 (1 тактовый цикл) или T2 (2 тактовых цикла).

При конфигурации компьютера можно либо использовать стандартные тайминги памяти, либо выставить свои значения задержек. В большинстве случаев для этого при настройке материнской платы в пункте конфигурации памяти нужно выбрать параметр "авто". Можно также вручную сконфигурировать компьютер, выбрав более низкие тайминги, что может увеличить производительность системы. Нужно заметить, что не все материнские платы позволяют изменять тайминги памяти. Кроме того, некоторые материнские платы могут не поддерживать очень низкие тайминги, из-за чего они могут сконфигурировать модуль памяти так, что он будет работать с более высокими таймингами. При разгоне памяти может случиться так, что для того чтобы система работала устойчиво, придется в настройках увеличить тайминги работы памяти. Преимущество скоростных модулей

памяти, ориентированных на разгон, состоит в том, что помимо гарантии работы модуля памяти на маркированной тактовой частоте, изготовитель также гарантирует, что при этом можно сохранить паспортные тайминги модуля.

§ 3. Кэш-память

Кэш-память – промежуточный буфер с быстрым доступом, содержащий информацию, которая может быть запрошена с наибольшей вероятностью. Доступ к данным в кэше идёт быстрее, чем выборка исходных данных из оперативной (ОЗУ) и внешней (жёсткий диск или твердотельный накопитель) памяти, за счёт чего уменьшается среднее время доступа и увеличивается общая производительность компьютерной системы. Прямой доступ к данным, хранящимся в кэше, программным путем невозможен. Кэш использует небольшую, очень быструю память (обычно типа SRAM), которая хранит копии часто используемых данных из основной памяти. Если большая часть запросов в память будет обрабатываться кэшем, средняя задержка обращения к памяти будет приближаться к задержкам работы кэша.

Кэш состоит из набора записей. Каждая запись ассоциирована с элементом данных или блоком данных (небольшой части данных), которая является копией элемента данных в основной памяти. Каждая запись имеет идентификатор, определяющий соответствие между элементами данных в кэше и их копиями в основной памяти (рис. 6.12).

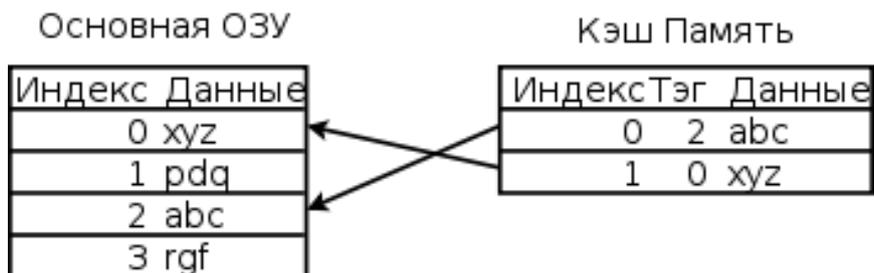


Рис. 6.12. Диаграмма кэша памяти ЦПУ

Большинство современных микропроцессоров для настольных компьютеров и серверов имеют как минимум три независимых кэша:

- *кэш инструкций* – для ускорения загрузки машинного кода;
- *кэш данных* – для ускорения чтения и записи данных, как правило, реализуется в виде многоуровневого кэша (L1, L2, L3);
- *кэш трансляций* (TLB – Translation Lookaside Buffer) – для ускорения трансляции виртуальных (математических) адресов в физические как для инструкций, так и для данных.

Когда процессор обращается к данным, прежде всего исследуется кэш. Если в кэше найдена запись с идентификатором, совпадающим с идентификатором затребованного элемента данных, то используются элементы данных в кэше. Такой случай называется *попаданием кэша*. Если в кэше не найдена запись, содержащая затребованный элемент данных, то он читается из основной памяти в кэш и становится доступным для последующих обращений. Такой случай называется *промахом кэша*. Процент обращений к кэшу, когда в нём найден результат, называется *уровнем попаданий* или *коэффициентом попаданий* в кэш.

Если кэш ограничен в объёме, то при промахе может быть принято решение отбросить некоторую запись для освобождения пространства. Для выбора отбрасываемой записи используются разные алгоритмы вытеснения. Алгоритм вытеснения существенно влияет на производительность кэша. Существуют следующие алгоритмы:

- *LRU (Least Recently Used)* – вытесняется буфер, неиспользованный дольше всех;
- *MRU (Most Recently Used)* – вытесняется последний использованный буфер;
- *LFU (Least Frequently Used)* – вытесняется буфер, использованный реже всех;

- *ARC (Adaptive Replacement Cache)* – алгоритм вытеснения, комбинирующий LRU и LFU, запатентованный IBM.

Применение того или иного алгоритма зависит от стратегии кэширования данных. LRU наиболее эффективен, если данные гарантированно будут повторно использованы в ближайшее время. MRU наиболее эффективен, если данные гарантированно не будут повторно использованы в ближайшее время. В случае если приложение явно указывает стратегию кэширования для некоторого набора данных, то кэш будет функционировать наиболее эффективно.

При модификации элементов данных в кэше выполняется их обновление в основной памяти. Задержка во времени между модификацией данных в кэше и обновлением основной памяти управляется так называемой *политикой записи*. Существуют две основные политики записи кэш-памяти – *сквозная запись (write-through)* и *отложенная запись (write-back)*:

- *сквозная запись* – запись производится непосредственно в основную память (и дублируется в кэш), т.е. запись не кэшируется;
- *отложенная (обратная) запись* – запись данных производится в кэш. Запись же в основную память производится позже (при вытеснении или по истечению времени), группируя в одной операции несколько операций записи в соседние ячейки. Технология обратной записи на некоторое время делает данные в основной памяти неактуальными, для самого ЦП эти неактуальности не заметны, но перед обращением к памяти другого устройства кэш должен быть записан в память принудительно. При использовании отложенной записи в многопроцессорной системе кэши различных ЦП должны быть согласованы (или процессоры должны использовать одну кэш-память).

В случае если данные в основной памяти могут быть изменены независимо от кэша, то запись кэша может стать *неактуальной*. Протоколы взаимодействия между кэшами, которые сохраняют согласованность данных, называются *протоколами когерентности кэша*.

Кэш центрального процессора разделён на несколько уровней. В универсальном процессоре в настоящее время число уровней может достигать трёх. Кэш-память уровня $N+1$, как правило, больше по размеру и медленнее по скорости доступа и передаче данных, чем кэш-память уровня N .

Самой быстрой памятью является кэш первого уровня – *L1-cache*. По сути, она является неотъемлемой частью процессора, поскольку расположена на одном с ним кристалле и входит в состав функциональных блоков. В современных процессорах обычно кэш L1 разделен на два кэша: кэш команд (инструкций) и кэш данных (Гарвардская архитектура). Большинство процессоров без L1 кэша не могут функционировать. L1 кэш работает на частоте процессора, и в общем случае обращение к нему может производиться каждый такт. Зачастую является возможным выполнять несколько операций чтения/записи одновременно. Латентность доступа обычно равна 2–4 тактам ядра. Объём обычно невелик – не более 128 Кбайт.

Вторым по быстродействию является *L2-cache* – кэш второго уровня, обычно он расположен на кристалле, как и L1. В старых процессорах – набор микросхем на системной плате. Объём L2 кэша от 128 Кбайт до 1–12 Мбайт. В современных многоядерных процессорах кэш второго уровня, находясь на том же кристалле, является отдельным для ядер. Обычно латентность L2 кэша, расположенного на кристалле ядра, составляет от 8 до 20 тактов ядра.

Кэш третьего уровня (*L3-cache*) наименее быстродействующий, но он может быть очень внушительного размера – более 24 Мбайт. L3 кэш медленнее предыдущих кэшей, но всё равно значительно быстрее, чем оперативная память, в многопроцессорных системах находится в общем пользовании и предназначен для синхронизации данных различных L2.

Иногда существует и 4 уровень кэша, обыкновенно он расположен в отдельной микросхеме. Применение кэша 4 уровня оправдано только для высокопроизводительных серверов и мейнфреймов.

Проблема синхронизации между различными кэшами (как одного, так и множества процессоров) решается когерентностью кэша. Существует три

варианта обмена информацией между кэш-памятью различных уровней, или, как говорят, кэш-архитектуры:

- *инклюзивная* – предполагает дублирование информации кэша верхнего уровня в нижнем (наиболее часто используется в процессорах Intel);
- *экслюзивная* – предполагает уникальность информации, находящейся в различных уровнях кэша (наиболее часто используется в процессорах AMD);
- *неэкслюзивная* – кэши могут вести себя как угодно.

Одна из фундаментальных характеристик кэш-памяти – уровень ассоциативности – отображающий её логическую сегментацию. Дело в том, что последовательный перебор всех строк кэша в поисках необходимых данных потребовал бы десятков тактов и свёл бы на нет весь выигрыш от использования встроенной в ЦП памяти. Поэтому ячейки ОЗУ жёстко привязываются к строкам кэш-памяти (в каждой строке могут быть данные из фиксированного набора адресов), что значительно сокращает время поиска.

Вопросы для самопроверки к главе 6

1. Какие виды внутренней памяти Вы знаете?
2. Какие типы ПЗУ Вы знаете?
3. Чем ROM отличается от EEPROM?
4. Чем статическая память отличается от динамической?
5. Опишите механизм считывания / записи данных в оперативную память.
6. Каково назначение нескольких банков памяти на одном модуле памяти?
7. Сравните между собой следующие виды модулей памяти: SIPP, SIMM, DIMM, SO-DIMM.
8. Чем DDR2 SDRAM отличается от DDR3 SDRAM?
9. Что характеризуют тайминги в модулях памяти?
10. Каково назначение кэш-памяти?
11. Какие алгоритмы вытеснения для кэш-памяти Вы знаете?

Глава 7. Блок питания

Блок питания (БП) – это устройство, преобразующее электрическую энергию, поступающую из сети переменного тока, в энергию, пригодную для питания узлов компьютера. Блок питания преобразует сетевое переменное напряжение 220 В, 50 Гц (120 В, 60 Гц) в постоянные напряжения +5 и +12 В, а в некоторых системах и в +3,3 В. Как правило, для питания цифровых схем (системной платы, плат адаптеров и дисковых накопителей) используется напряжение +3,3 или +5 В, а для двигателей (дисководов и различных вентиляторов) – +12 В, при этом источник питания по этой цепи должен обеспечивать большой выходной ток.

Классическим блоком питания является трансформаторный БП (рис. 7.1).

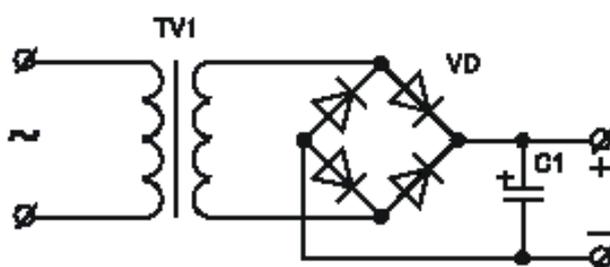


Рис. 7.1. Принципиальная схема простейшего трансформаторного блока питания

В общем случае он состоит из понижающего трансформатора, у которого первичная обмотка рассчитана на сетевое напряжение. Затем устанавливается выпрямитель, преобразующий переменное напряжение в постоянное (пульсирующее однонаправленное). В большинстве случаев выпрямитель состоит из одного диода (однополупериодный выпрямитель) или четырёх диодов, образующих диодный мост (двухполупериодный выпрямитель). Иногда используются и другие схемы, например, в выпрямителях с удвоением напряжения. После выпрямителя устанавливается фильтр, сглаживающий колебания (пульсации). Обычно он представляет собой просто конденсатор большой ёмкости. Также в схеме могут быть установлены фильтры высокочастотных помех, всплесков, защиты от КЗ, стабилизаторы напряжения и тока.

Достоинства трансформаторных БП: простота конструкции, надёжность, доступность элементной базы, большая ремонтпригодность.

Недостатки трансформаторных БП: большой вес, металлоёмкость, низкий КПД.

Другим типом БП, который и применяется в компьютерах, является *импульсный БП* (рис. 7.2).

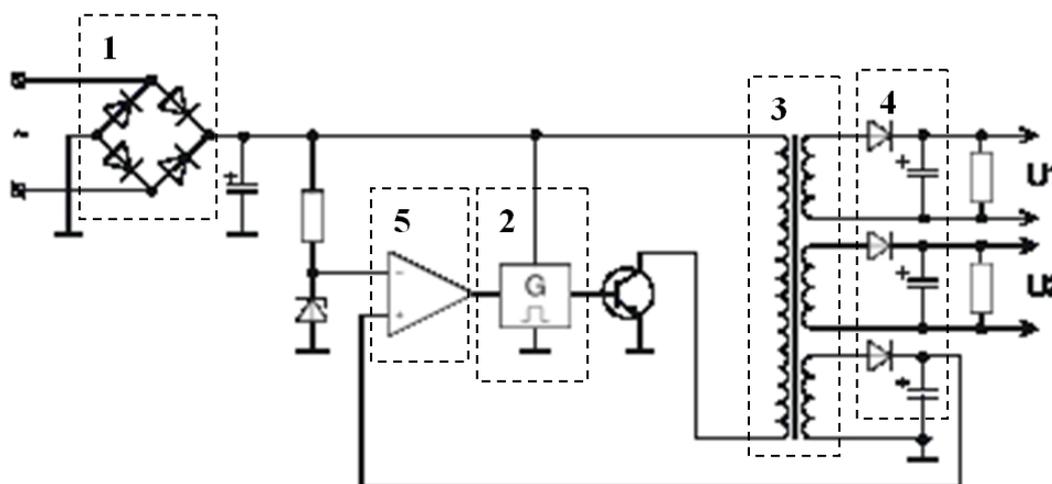


Рис. 7.2. Принципиальная схема простейшего импульсного блока питания

В импульсных блоках питания переменное входное напряжение сначала выпрямляется (блок 1, рис. 7.2). Полученное постоянное напряжение используется для питания генератора (блок 2, рис. 7.2), с помощью которого оно преобразуется в прямоугольные импульсы с частотой от 10 кГц до 1 МГц, подаваемые на трансформатор (блок 3, рис. 7.2). В таких БП могут применяться малогабаритные трансформаторы. Это объясняется тем, что с ростом частоты питающего напряжения уменьшаются требования к габаритам (сечению) сердечника. В большинстве случаев такой сердечник может быть выполнен из ферромагнитных материалов в отличие от сердечников низкочастотных трансформаторов, для которых используется сталь. После трансформатора импульсное напряжение вновь проходит через преобразующий фильтр (блок 4, рис. 7.2) и подаётся на выход.

Одна из выходных обмоток трансформатора используется для управления генератором. В зависимости от напряжения на ней (например, при изменении тока нагрузки) изменяется частота или скважность импульсов на выходе

генератора. Таким образом, с помощью этой обратной связи (блок 5, рис. 7.2) БП поддерживает стабильное выходное напряжение.

Достоинства импульсных БП: высокий КПД (до 80 – 90 %), небольшой вес, невысокая общая стоимость (достигнуто только в последние десятилетия благодаря массовому выпуску унифицированной элементной базы и разработке ключевых транзисторов высокой мощности), повышенная пиковая мощность при сравнимых габаритах, короткое замыкание на выходе не выводит БП из строя.

Недостатки импульсных БП: сложность конструкции, высокие требования к качеству компонентов, невозможность работы без нагрузки (может наступить пробой ключевого транзистора), импульсные блоки питания могут создавать высокочастотные помехи в сети, низкая надёжность.

Компьютер работает надёжно только в том случае, если значения напряжения в цепях не выходят за установленные пределы. Блок питания не только вырабатывает необходимое для работы узлов компьютера напряжение, но и приостанавливает функционирование системы до тех пор, пока величина этого напряжения не достигнет значения, достаточного для нормальной работы. Иными словами, блок питания не позволит компьютеру работать при "нештатном" уровне напряжения питания. В каждом блоке питания перед получением разрешения на запуск системы выполняется внутренняя проверка и тестирование выходного напряжения. После этого на системную плату посылается специальный сигнал *Power_Good* (питание в норме). Если такой сигнал не поступил, компьютер работать не будет. Напряжение сети может оказаться слишком высоким (или низким) для нормальной работы блока питания, и он может перегреться. В любом случае сигнал *Power_Good* исчезнет, что приведет либо к перезапуску, либо к полному отключению системы. Если сигнальную цепь *Power_Good* заземлить каким-либо переключателем, то генерация тактовых сигналов прекращается и процессор останавливается. После размыкания переключателя вырабатывается кратковременный сигнал начальной установки процессора и разрешается нормальное прохождение

сигнала `Power_Good`, В результате выполняется *аппаратная перезагрузка* компьютера. В компьютерах с форм-факторами системной платы (типа ATX, micro-ATX и NLX) предусмотрен другой специальный сигнал. Этот сигнал, называемый `PS_ON`, может использоваться программой для отключения источника питания (и, таким образом, всего компьютера). Сигнал `PS_ON` используется операционной системой (например, WindowsXP), которая поддерживает расширенное управление питанием (Advanced Power Management – APM). Когда вы выбираете команду Завершение работы из главного меню, Windows автоматически отключает источник питания компьютера.

Принципиальная схема блока питания ATX представлена на рис. 7.3.

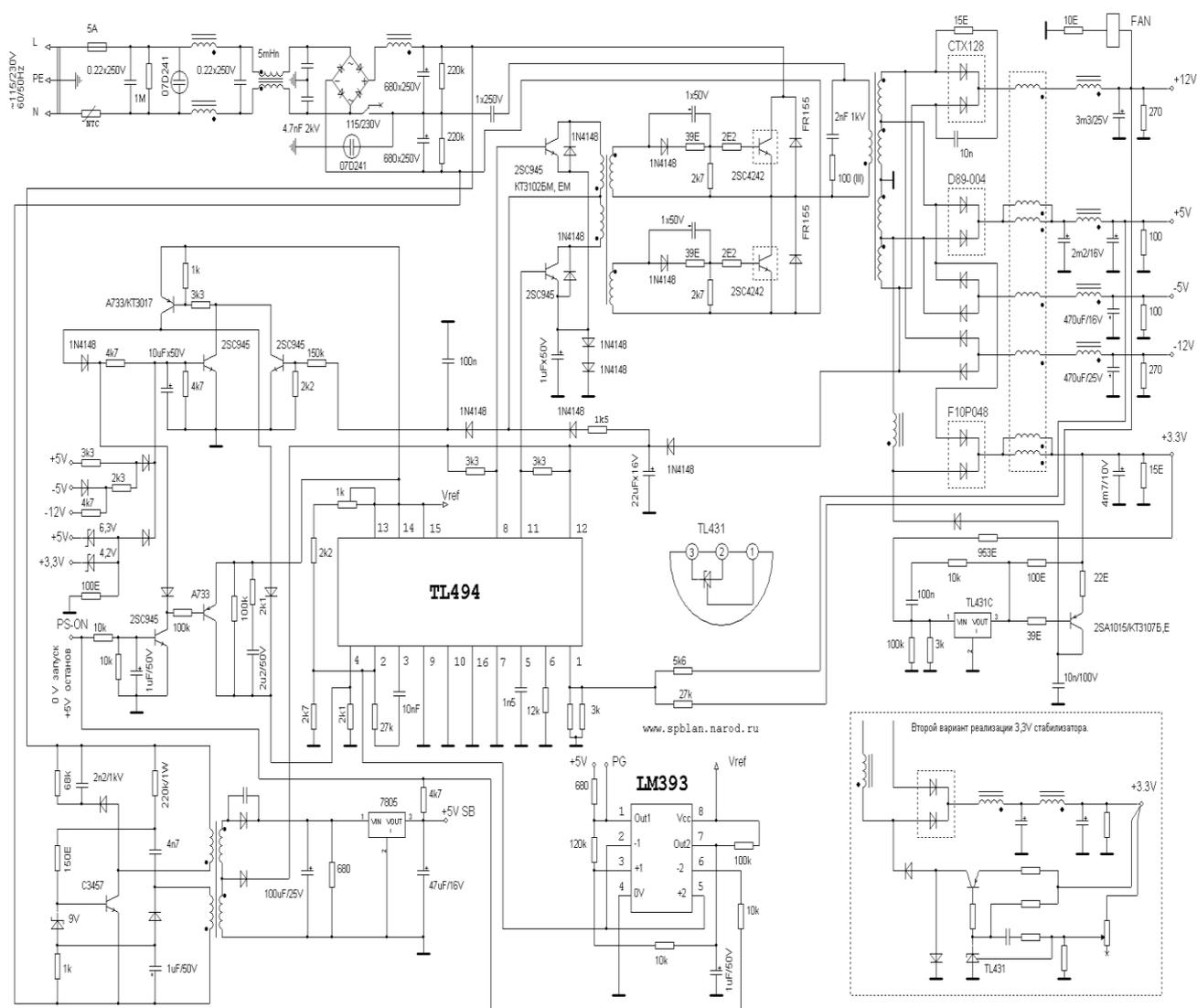


Рис. 7.3. Принципиальная схема блока питания ATX

Спецификой БП АТХ являются следующие характеристики:

- КПД не менее 65% при полной нагрузке на всех выходах;
- значительный диапазон изменения тока нагрузки – от 10 до 100%;
- низкий уровень шума и пульсаций всех выходных напряжений;
- низкий уровень излучения электромагнитных помех;
- хорошая изоляция выходных напряжений от питающей сети;
- широкий диапазон допустимого напряжения сети – 180...265 В для стандарта 220 В и 90...135 В для стандарта 110 В;
- рабочий диапазон изменения частоты питающего напряжения от 48 до 63 Гц;
- диапазон рабочих температур от 0 до 40°C при относительной влажности от 10 до 85% без выпадения конденсата.

При выборе БП необходимо обратить внимание на ряд параметров:

- *среднее время наработки на отказ (среднее время безотказной работы), или среднее время работы до первого отказа (параметр MTBF (Mean Time Between Failures) либо MTTF (Mean Time To Failure)).* Это расчетный средний интервал времени в часах, в течение которого ожидается, что источник питания будет функционировать корректно;
- *диапазон изменения входного напряжения (или рабочий диапазон), при котором может работать источник питания.* Для напряжения 110 В диапазон изменения входного напряжения обычно составляют значения от 90 до 135 В; для входного напряжения 220 В – от 180 до 270 В;
- *пиковый ток включения.* Это самое большое значение тока, обеспечиваемое источником питания в момент его включения; выражается в амперах (А). Чем меньше ток, тем меньший тепловой удар испытывает система;
- *время (в миллисекундах) удержания выходного напряжения в пределах точно установленных диапазонов напряжений после отключения входного напряжения.* Обычно 15-25 мс для современных блоков питания;

- *переходная характеристика.* Количество времени (в микросекундах), которое требуется источнику питания, чтобы установить выходное напряжение в точно определенном диапазоне после резкого изменения тока на выходе. Другими словами, количество времени, требуемое для стабилизации уровней выходных напряжений после включения или выключения системы. Источники питания рассчитаны на равномерное (в определенной степени) потребление тока устройствами компьютера. Когда устройство прекращает потребление мощности (например, в дисководе останавливается вращение дискеты), блок питания может подать слишком высокое выходное напряжение в течение короткого времени. Это явление называется выбросом; переходная характеристика – это время, которое источник питания затрачивает на то, чтобы значение напряжения возвратилось к точно установленному уровню;
- *защита от перенапряжений.* Это значения (для каждого вывода), при которых срабатывают схемы защиты и источник питания отключает подачу напряжения на конкретный вывод. Значения могут быть выражены в процентах (например, 120% для +3,3 и +5 В) или так же как и напряжения (например, +4,6 В для вывода +3,3 В; 7,0 В для вывода +5 В);
- *максимальный ток нагрузки.* Это самое большое значение тока (в амперах), который может быть подан на конкретный вывод (без нанесения ущерба системе). Этот параметр указывает конкретное значение силы тока для каждого выходного напряжения. По этим данным вычисляется не только общая мощность, которую может выдать блок питания, но и количество устройств, которые можно подключить к нему;
- *минимальный ток нагрузки.* Самое меньшее значение тока (в амперах), который может быть подан на конкретный вывод (без нанесения ущерба системе). Если ток, потребляемый устройствами на конкретном выводе, меньше указанного значения, то источник питания может быть поврежден или может автоматически отключиться;

- *стабилизация по нагрузке* (или стабилизация напряжения по нагрузке). Когда ток на конкретном выводе увеличивается или уменьшается, слегка изменяется и напряжение. Стабилизация по нагрузке – изменение напряжения для конкретного вывода при перепадах от минимального до максимального тока нагрузки (и наоборот). Значения выражаются в процентах, причем обычно они находятся в пределах от ± 1 до $\pm 5\%$ для выводов +3,3, +5 и +12 В;
- *стабилизация линейного напряжения*. Это характеристика, описывающая изменение выходного напряжения в зависимости от изменения входного напряжения (от самого низкого до самого высокого значения). Источник питания должен корректно работать при любом переменном напряжении в диапазоне изменения входного напряжения, причем на выходе оно может изменяться на 1% или меньше;
- *эффективность* (КПД). Отношение мощности, подводимой к блоку питания, к выходной мощности; выражается в процентах. Для современных источников питания значение эффективности обычно равно 65-85%. Оставшиеся 15-35% подводимой мощности преобразуются в тепло в процессе превращения переменного тока в постоянный. Хотя увеличение эффективности (КПД) означает уменьшение количества теплоты внутри компьютера (это всегда хорошо) и более низкие счета за электричество, оно не должно достигаться за счет точности стабилизации независимо от нагрузки на блок питания и других параметров;
- *пульсация* (*Ripple*) (или *пульсация и шум* (*Ripple and Noise*), или *пульсация напряжения* (*AC Ripple*), или *PARD* (*Periodic and Random Deviation* – *периодическая и случайная девиация*), или *шум, уровень шума*). Среднее значение пиковых (максимальных) отклонений напряжения на выводах источника питания; измеряется в милливольтках (среднеквадратичное значение). Эти колебания напряжения могут быть вызваны переходными процессами внутри источника питания,

колебаниями частоты подводимого напряжения и другими случайными помехами.

Недостаточно мощный БП может ограничить возможности расширения компьютера. Многие компьютеры выпускаются с довольно мощными БП, которые рассчитаны на то, что в будущем в систему будут установлены новые (дополнительные) узлы. Паспортное значение мощности, указанное на БП, не должно вводить в заблуждение. Не все БП одной и той же мощности одинаковы. Одни БП с трудом "вытягивают" свои параметры, а другие работают с большим запасом. Многим дешевым БП свойственны нестабильные выходные напряжения, в них также присутствуют шумы и помехи, что может привести к многочисленным проблемам. Кроме того, допустимая мощность БП, например, 300 Вт – также не постоянная, а пиковая. БП может ее выдать, но кратковременно, например, при запуске системы. В рабочем же режиме мощность, которую может обеспечить БП, значительно ниже пиковой, указанной в маркировке. Даже "честные" БП имеют рабочую мощность ниже заявленной пиковой.

Большинство специалистов рекомендуют заменять установленные в компьютерах штатные блоки питания более мощными. Поскольку конструкции этих блоков стандартизованы, найти замену для большинства систем не составит особого труда.

Проблемы, связанные с блоками питания

Чтобы найти неисправности в БП, не стоит его вскрывать и пытаться ремонтировать, поскольку через него проходят высокие напряжения. Подобные работы должны выполнять только специалисты. О неисправности БП можно судить по многим признакам. Например, сообщения об ошибках чётности часто свидетельствуют о неполадках в БП. Это может показаться странным, поскольку подобные сообщения должны появляться при неисправностях ОЗУ. Однако связь в данном случае очевидна: микросхемы памяти получают напряжение от БП, и, если это напряжение не соответствует определенным

требованиям, происходят сбои. Нужен некоторый опыт, чтобы достоверно определить, когда причина этих сбоев состоит в неправильном функционировании самих микросхем памяти, а когда скрыта в БП. Ниже перечислены проблемы, возникающие при неисправности БП:

- любые ошибки и зависания при включении компьютера;
- спонтанная перезагрузка или периодические зависания во время обычной работы;
- хаотичные ошибки четности или другие ошибки памяти;
- одновременная остановка жесткого диска и вентилятора (нет напряжения +12 В);
- перегрев компьютера из-за выхода из строя вентилятора;
- перезапуск компьютера из-за малейшего снижения напряжения в сети;
- удары электрическим током во время прикосновения к корпусу компьютера или к разъемам;
- небольшие статические разряды, нарушающие работу системы.

Практически любые сбои в работе компьютера могут быть вызваны неисправностью БП. Есть, конечно, и более очевидные признаки, например:

- компьютер вообще не работает (не работает вентилятор, на дисплее нет курсора);
- появился дым;
- на распределительном щитке сгорел сетевой предохранитель.

Вопросы для самопроверки к главе 7

1. Каково назначение компьютерного блока питания?
2. Опишите принцип действия трансформаторного блока питания.
3. Опишите принцип действия импульсного блока питания.
4. Опишите достоинства и недостатки трансформаторного и импульсного блоков питания.
5. Какие характеристики компьютерного блока питания Вы знаете?

Список рекомендованной литературы

1. Бройдо В.Л. Архитектура ЭВМ и систем: Учебник для вузов 2-е издание [Текст] / Бройдо В.Л., Ильина О.П. – СПб.: Питер, 2009.
2. Юров В.И. Assembler: Учебник для вузов 2-е издание [Текст] / Юров В.И. – СПб.: Питер, 2010.
3. ixbt.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com>.
4. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
5. Схемотехника блоков питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// bp.xsp.ru/](http://bp.xsp.ru/)
6. ФЗ РФ от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ Об информации, информационных технологиях и о защите информации.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2006/07/29/informacia-dok.html>.

Кислицын Дмитрий Игоревич

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.
ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО ЭВМ

Учебное пособие

Редактор
Н. П. Гришуткина

Подписано в печать _____ Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.
Уч.изд.л. _____. Усл.печ.л. _____. Тираж _____ экз. Заказ № _____.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65
Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н. Новгород, Ильинская, 65