

Развитие вычислительной техники. Функциональная схема ЭВМ

1. Иметь представление о функциональной организации ЭВМ, работе основных блоков компьютера и его периферии.
2. Знать основные этапы (поколения) и перспективы развития вычислительной техники.
3. Иметь представление о современной компьютерной технике; знать основные ее характеристики и области применения.

Историческая справка

Идея создания вычислительной машины, способной автоматически решать сложные математические задачи, требующие значительных арифметических вычислений, была провозглашена еще в 19 веке английским ученым Чарльзом Бэббиджем.

Аналитическая машина (как ее назвал Бэббидж) должна была не просто решать определенные математические задачи, а выполнять разнообразные вычислительные операции в соответствии с инструкциями, записанными оператором, хранить полученные результаты и даже печатать результат. По замыслу машина должна была иметь устройства, которые Бэббидж назвал “мельница” и “склад”, по современной терминологии - арифметическое устройство и память. Инструкции или команды должны были поступать в машину при помощи перфокарт, иначе говоря, предполагалось наличие устройства ввода и носителя информации.

История реализации этой идеи не так оптимистична. Бэббиджу удалось создать упрощенную модель, названную Разностная машина. Продемонстрировав ее в Королевском обществе, он получил субсидию Британского правительства на дальнейшую работу, но полностью идею так и не осуществил. Правительство прекратило финансирование, в дальнейшем Бэббидж потратил все свои сбережения, но и это не привело к успеху. Неудачи были вызваны не ошибками в принципах организации структуры машины и не в ошибках конструкции, а несоответствием возможностей техники того времени замыслам Бэббиджа. В своем окончательном виде машина была бы не меньше железнодорожного локомотива. Ее внутренняя конструкция представляла нагромождение стальных, медных, деревянных деталей, шестеренок, сложных механических узлов, приводимых в движение паровым двигателем. Малейшая нестабильность в работе ка-

кой-нибудь крошечной детали привела бы к стократно усиленным нарушениям в других частях, а найти ошибку было бы просто невозможно.

Помощником Бэббиджа и пропагандистом его идей была графиня Ада Лавлейс, дочь поэта Дж. Гордона Байрона. В честь нее назван один из современных языков программирования АДА.

Идеи Бэббиджа в той или иной мере нашли свое воплощение в конструкциях различных вычислительных устройств, созданных изобретателями в 19 веке: Пер Георг Шуйц (Швеция) получил медаль на Всемирной выставке в Париже в 1855 году за создание Разностной машины по чертежам Бэббиджа; американский изобретатель Герман Холлерит изобрел статистический табулятор (1890) и организовал фирму по производству табуляторов, которая в 1924 была переименована в IBM (International Business Machines). А создатель одной из первых электронно-вычислительных машин “Марк-1” Говард Эйкен, который также пользовался идеями Бэббиджа, сказал: “Если бы Бэббидж жил на 75 лет позже, то я остался бы без работы”

Таким образом, основные принципы автоматической вычислительной машины были провозглашены еще в 19 веке:

- автоматический принцип работы;
- наличие арифметического устройства - “мельница”;
- наличие запоминающего устройства - “склад”;
- работа по программе;
- ввод данных с перфокарт;
- вывод результата на печать.

Невозможность воплощения идей объясняется главным образом, несоответствием уровня развития техники того времени за-

мыслам Бэббиджа, и, в первую очередь, отсутствием электричества.

В полной мере идеи Бэббиджа воплотились лишь в 20-м веке после разработки надежных электронных элементов, которые стали основой создания электронно-вычислительных машин.

В годы Второй мировой войны во многих странах велись разработки по созданию мощных вычислительных устройств, направленные главным образом на потребности военной промышленности: расчет баллистических таблиц, шифровальные аппараты. Работы были засекречены по понятным соображениям, и потому каждый работал как бы в одиночку.

В 1944 году к группе, работавшей над созданием компьютера "Эдвак" (США), подключился известный американский ученый Джон фон Нейман. Он понимал, что компьютер может стать универсальным ин-

струментом для научных исследований. В 1945 году фон Нейман представил широкой научной общественности доклад, в котором, отвлекшись от радиоламп и схем, сумел обрисовать формальную логическую организацию компьютера. Эта работа передавалась из университета в университет, из страны в страну, и многие читатели полагали, что все содержащееся в нем идеи исходили от самого фон Неймана. И поэтому до сих пор многие называют классическую структуру компьютера "неймановской". Мало кто знал о работе первых создателей компьютеров Мочли и Экерте, о работах Алана Тьюринга. Многие из них не могли опубликовать свои исследования из соображений секретности. А ведь были еще идеи Бэббиджа.

В борьбе за признание авторских прав на разработку ЭВМ началась и не прекращается до сих пор жестокая конкуренция между производителями компьютеров.

Классическая (неймановская) структура ЭВМ

Исторически, компьютер рассматривался как устройство, способное решать вычислительные задачи, стоящие перед человеком. Позже компьютер стали рассматривать как устройство, моделирующее основные информационные функции человека:

- прием и передача информации;
- хранение информации;
- обработка информации.

Таким образом, *компьютер - это комплекс технических устройств для приема, передачи, хранения и обработки информации.*

Примечание. Иногда в литературе делают различие между названиями "ЭВМ" и "компьютер". Под ЭВМ понимают комплекс устройств для решения чисто вычислительных задач (именно таковы были первые созданные машины), а словом "компьютер" обозначают более универсальный инструмент, предназначенный для работы с различными видами информации. Однако за рубежом и самые первые машины и современные называются "компьютер": "Эниак" (ENIAC - Electronic Numerical Integrator And Computer); "Эдвак" (EDVAC - Electronic Discrete Automatic Variable Computer).

Классические принципы функциональной организации и работы ЭВМ (компьютера), обозначенные в докладе фон Неймана заключаются в следующем:

- наличие основных устройств: УУ, АЛУ, ОЗУ, устройств ввода-вывода;
- хранение данных и команд в памяти;
- принцип программного управления;
- последовательное выполнение операций;
- двоичное кодирование;
- использование электронных элементов и электрических схем.

Остановимся на каждом пункте подробнее.

Основные компоненты ЭВМ

Чтобы быть эффективным, универсальным инструментом, компьютер должен включать в себя следующие основные устройства:

- центральное устройство управления (УУ),
- арифметико-логическое устройство (АЛУ),
- запоминающее устройство,
- устройства ввода-вывода информации.

Взаимодействие этих основных устройств представлено на схеме (рис. 1). Стрелками на схеме показаны направления потоков информации и управляющих команд.



Рис. 1. Взаимодействие основных устройств компьютера

Назначение основных устройств

Устройство управления (УУ) позволяет управлять всем ходом процесса обработки информации, координирует работу всех устройств. На самом деле управление работой компьютера производит программа, хранящаяся в памяти. А что же делает тогда устройство управления? Устройство управления - это техническое воплощение идеи, заложенной в программе. Функция устройства управления заключается в том, чтобы прочесть очередную команду, расшифровать ее и подключить необходимые цепи и устройства для ее выполнения. Таким образом, работу УУ можно представить как циклическое повторение следующих действий (рис. 2)



Рис. 2. Работа устройства управления

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) предназначено для выполнения арифметических и логических операций в процессе обработки информации.

Оперативное запоминающее устройство, или просто память, предназначено для временного хранения информации - данных и команд, в процессе обработки.

Память можно представить как набор ячеек, в которых в закодированном виде хранится информация, при этом команды и данные на равноправных началах могут храниться в любой ячейке. Информация хранится в ОЗУ до тех пор, пока компьютер не выключен или пока не выполнена команда очистки памяти. В процессе обработки информации АЛУ и ОЗУ непрерывно взаимодействуют между собой: данные выбираются из памяти и пересылаются в АЛУ для обработки, а результаты обработки из АЛУ пересылаются в память для хранения (данная связь обозначена на схеме стрелками).

Устройства ввода и вывода участвуют в процессе передачи информации от пользователя компьютеру и от компьютера пользователю. Поскольку через них информация поступает в компьютер из внешней среды и от компьютера пересылается во внешнюю среду, устройства

ввода-вывода называют внешними или периферийными. Устройство ввода воспринимает информацию в той или иной форме, преобразует ее в двоичный код и далее УУ направляет поток информации в обработку. Устройство вывода преобразует информацию к виду, удобному для пользователя.

Хранение данных и команд в памяти

Этот принцип реализован наличием ОЗУ. Это принципиально важное решение, т.к. первоначально автоматические вычислительные устройства разрабатывались так, что команды либо поступали из устройства ввода, либо зашивались прямо в электрические схемы, и для решения новой задачи надо было перепаявать схемы. Еще Чарльз Бэббидж предполагал, что на “складе” (памяти) должны храниться только числа, а команды должны вводиться при помощи перфокарт. Решение, что команды и данные хранятся в памяти на равноправных началах, было реализовано в первых электронно-вычислительных машинах.

Принцип программного управления

Этот принцип реализован наличием УУ. Принцип программного управления заключается в том, что компьютер работает по программе, хранящейся в памяти. Программа состоит из команд (ссылка на рисунок).

Последовательное выполнение операций

Последовательное выполнение операций заключается в том, что команды исполняются одна за другой, выполнение новой команды начинается после завершения выполнения предыдущей. В современных компьютерах наряду с последовательной обработкой существует возможность параллельной обработки нескольких процессов, что значительно убыстряет работу и расширяет возможности компьютера. Но в первых разработках этого не было.

Двоичное кодирование

Информация в компьютере хранится и обрабатывается в закодированном виде. Для кодирования используется двоичная система счисления. Это объясняется удобством технической реализации двоичных знаков 0 и 1, которые интерпретируются электрическими сигналами высокого и низкого напряжения, и простотой действий с двоичными числами. Надо заметить, что этот принцип был первоначально реализован не во всех ЭВМ. Первенец американской вычислительной техники - компьютер “Марк-1” производил вычисления в десятичной системе, но техническая реализация десятичной кодировки была очень сложна, и от нее в дальнейшем отказались.

Использование электронных элементов и электрических схем

Использование электронных элементов и электрических схем обеспечивает наибольшую надежность работы компьютера по сравнению с электромеханическими реле, которые использовались в первых конструкциях вычислительных устройств.

Поколения ЭВМ и перспективы развития вычислительной техники

В истории развития вычислительных средств можно выделить три исторических этапа, временные рамки которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Этапы развития вычислительных средств

№ этапа	Исторический этап	Временной период	Характерный представитель
1.	Приспособления для счета	до начала XVII века (несколько тысячелетий)	Абак
2.	Механические приспособления для счета	XVII век - середины XX века (несколько сотен лет)	Арифмометр
3.	Электронно-вычислительные машины	с 1945 года (50лет)	ЭВМ

Сравнивая эти временные периоды, можно сказать, что время, за которое человечество сделало колоссальный скачок от первых ЭВМ до современных супер-ЭВМ, является мигмом "между прошлым и будущим".

Период с 1945 года до сер. 90-х г.г. развития средств вычислительной техники принято разделять четыре этапа, которые характеризуются качественными изменениями в аппаратных и программных средствах. Эти этапы называют *поколениями*. Основные характеристики каждого поколения представлены в таблице 2. Однако, надо заметить, что границы между поколениями четко не очерчены. В процессе развития вычислительной техники разрабатывались модели ЭВМ, имеющие признаки нового поколения.

Таблица 2. Поколения ЭВМ

Поколение ЭВМ	I	II	III	IV
Хронологические границы периода	сер. 40-х - сер. 50-х гг.	сер. 50-х -сер. 60-х гг.	сер. 60-х - 70-е годы	80-е годы
Элементная база	Электронно-вакуумные лампы (в одной машине до 20 тыс. ламп)	Полупроводниковые транзисторы. Схемы монтируются на отдельных платах.	Микросхемы - электронная схема из нескольких тысяч элементов, реализующая определенную функцию (размер до 0.3 - 0.5 см ²).	Микропроцессоры - интегральная схема высокой степени интеграции выполняющая функции УУ и АЛУ.
Надежность	Частые перегревы, трудный поиск неисправности, замена » 2000 ламп в месяц	Перегревы устранены. При неисправности заменяется целиком плата. Большая надежность, долговечность (до миллиона оп/сек)	Большая надежность, долговечность по сравнению	
Быстродействие (количество операций в секунду)	(10-20 тыс. оп/сек)		(неск-ко миллионов оп/сек)	(десятки миллионов оп/сек)
Емкость ОЗУ	1 КБ	10 КБ	до 100 КБ	до 500 КБ
Производство	Единичные экз.	Серийное	Системы совместимых машин	Массовое производство
Габариты	Громоздкие шкафы занимают большой машинный зал	Однотипные стойки крупных размеров выше человеческого роста занимают машинный зал	Машина выполнена в виде двух стоек; не требует специального помещения	Основное достижение - появление персональных компьютеров, размещающихся на рабочем столе
Программирование	Машинные коды. Требуется высокий профессионализм и знания структуры ЭВМ	Алгоритмические языки	Дальнейшее развитие и разнообразие языков программирования	Языки для решения специализированных задач управления, баз данных, текстовые редакторы
Модели	ЭНИАК ЭДСАК (США) МЭСМ (Россия)	БЭСМ-*; "Минск ***" (Россия)	ЕС (единая система): ЕС-1060; СМ (серия малых ЭВМ): СМ-2....	IBM-8080,088, *286 (США); "Искра 1030", "Нейрон" (Россия)

Современные компьютеры и перспективы развития средств вычислительной техники

Компьютеры, выпускаемые с середины 90-х годов, принято называть компьютерами пятого поколения. Элементной базой стали микропроцессоры сверхвысокой степени интеграции (до нескольких миллионов компонентов на одном кристалле). Однако ученые, работающие над разработкой современных микропроцессоров, стали сталкиваться с проблемами, свидетельствующими, что миниатюризация не бесконечна. По мере того как размеры транзистора, постоянно уменьшаясь, приближаются по своим размерам чуть ли не к длине световой волны, гравировка поверхности кристаллов даже при самых современных методах, например, с использованием лазеров, наталкивается на все большие трудности. До 70% произведенных микросхем не выдерживают строгой проверки, применяемой на предприятиях микроэлектронной промышленности.

К тому же физики предостерегают: меньше - это не обязательно лучше. Самые крошечные транзисторы - иногда по размерам меньше бактерий - потребляют иногда так мало энергии, что становятся уязвимыми для случайных микроскопических воздействий. Например, космические лучи, представляющие потоки элементарных частиц очень высоких энергий, которые непрерывно бомбардируют Землю, могут нарушить работу транзистора, вызвав его ошибочное переключение. К случайным переключениям могут привести даже такие процессы, как медленная диффузия атомов примеси в кремнии, а также микроскопические разрушения материала, обусловленные колебаниями температур.

Исследователи надеются обойти эти трудности, создав совершенно новые типы переключателей. Один из таких перспективных переключателей основан на эффекте Джозефсона и теории сверхпроводимости.

Многие исследователи предвидят появление еще более радикальных подходов. Например, создание оптических компьютеров на основе современных керамических материалов, где вместо электронов будут "работать" фотоны (частицы света).

Высказывается также идея создания "биочипа" на основе теории генной инженерии. "Биочип" - комок органического материала, состоящий из миллиардов транзисторов, каждый из которых представляет собой одну единственную белковую молекулу.

Основные характеристики современного компьютера

Основными характеристиками компьютеров пятого поколения являются:

- тип микропроцессора и его тактовая частота;
- емкость оперативной памяти (RAM - Random Access Memory);
- емкость сверхоперативной памяти (Cache);
- емкость жесткого диска (HDD - Hard Disk Drive);
- видеопамять.

Обязательной составной компонентой является наличие устройства накопления на гибких магнитных дисках НГМД (Floppy Flexible Drive).

Тип центрального микропроцессора CPU (Central Processing Unit)

Наиболее распространены компьютеры, имеющие микропроцессоры двух известных фирм Intel и Motorola. В компьютерах, выпускаемых фирмой IBM, установлены микропроцессоры фирмы Intel, фирма Apple выпускает компьютеры Macintosh с микропроцессором фирмы Motorola.

Марки компьютеров фирмы IBM 4-ого поколения имеют цифровой код: 80286, 80386, 80486 (первые цифры 80, как правило, опускаются); пятого поколения - Pentium.

Одной из важнейших характеристик микропроцессора является *тактовая частота*, которая отражает количество тактовых импульсов, генерируемых кристаллом кварца строго определен-

Фамилия студента

ных размеров, в секунду и измеряется в Герцах (Hz). За один такт выполняется как минимум одна элементарная операция, учитывая возможность параллельного выполнения операций, то возможно выполнение нескольких операций. Таким образом, тактовая частота является одной из характеристик быстродействия компьютера. Современных компьютерах 5-ого поколения тактовая частота составляет от 80 до 200 MHz (мегагерц - миллионов герц). Марки наиболее распространенных микропроцессоров представлены в таблице 3.

Таблица 3. Типы микропроцессоров

Фирма	Марка CPU + тактовая частота MHz	Некоторые сравнительные характеристики
Intel	386SX - 25	Имеет 16-разрядную внешнюю шину данных и обменивается с 32-разрядными данными с оперативной памятью и внешними устройствами в два этапа по 16 разрядов.
Intel	386DX - 33	По сравнению с 386SX за один этап.
Intel	486DX2 - 50	Имеет внутри себя схему удвоения частоты подаваемого на них тактового сигнала. Обмен с периферией происходит на частоте 25 MHz.
Intel	486DX - 50	Обмен с периферией происходит по сравнению с 486DX2 на большей частоте, поэтому обеспечивает производительность примерно на 10% больше.
Intel	486DX4 - 75	Имеет внутри себя схему утроения (но не учетверения) частоты подаваемого на них тактового сигнала. При этом в три раза возрастает скорость обработки информации внутри процессора, но не обмена с памятью и внешними устройствами.
Intel	Pentium - 66	Работает в среднем вдвое быстрее 486DX2 с той же частотой.
Intel	Pentium - 100	Процессоры марки Pentium способны одновременно выполнять две инструкции машинного кода.
Motorolla	68030 - 33	Процессоры фирмы Motorola производят умножение как одну операцию, а не путем последовательных сложений, что значительно повышает быстродействие на той же частоте, в этом их существенное отличие от процессоров фирмы Intel и ее клонов. □
Motorolla	68LC040 - 49	
Motorolla	Power Mac - 80	

Оперативная память

Оперативная память или ОЗУ или RAM (Random Access Memory) характеризуется емкостью - количеством байт одновременно хранящейся и участвующей в обработке информации. В системных платах раннего производства микросхемы памяти монтировались прямо на плате. В современных компьютерах на системной плате расположены разъемы для установки в них небольших съемных печатных плат с установленными на ней микросхемами памяти, которые называются SIMM - модули (Single In line Memory Module - плата с однорядным расположением микросхем памяти). Максимальный и наиболее распространенный размер памяти в различных микропроцессорах указан в таблице 4.

Стандартное время выборки из ОЗУ сейчас считается равным 70 нс (наносекунд). На него рассчитаны контроллер ОЗУ и кэш-память. Использование моделей памяти со временем выборки 80 нс приведет к появлению дополнительных тактов ожидания, а, следовательно, к снижению быстродействия. В последнее время появились модули со временем выборки 60 нс, но в большинстве системных плат эти модули не дают увеличения быстродействия, т.к. контроллер ОЗУ и кэш-память рассчитаны на 70 нс. Поэтому очень важна согласованность во всех устройствах.

Таблица 4. Объем оперативной памяти

Тип микропроцессора	RAM (max), МВ	RAM (обычный)
286	16	640 КВ - 1 МВ
386	32	1 МВ-2 МВ
486	64	4 МВ
Pentium	свыше 64	8-16 МВ
Макинтош LC 475	36	4 МВ

Бытует мнение, что чем больше объем ОЗУ, тем выше ее производительность. Это верно только отчасти. В результате исследований было установлено, что при работе с большинством деловых приложений: текстовые процессоры, базы данных, ЭТ и т.д., увеличение ОЗУ с 8 до 16 МВ практически не вызывает увеличения производительности. Поэтому, если вы не собираетесь использовать компьютер для компьютерной верстки или анимации, то ОЗУ объемом 8 МВ будет достаточно.

КЭШ память

В системах с быстрыми процессорами на пересылку данных из оперативной памяти в процессор и обратно уходит много времени, зачастую больше, чем на обработку этих данных внутри процессора. В таких системах предусмотрено специальное промежуточное ОЗУ - кэш-память (cache). *Кэш-память* представляет собой быструю оперативную память со временем выборки 15-20 нс. Однако если считывать данные из обычного ОЗУ в кэш-память заранее, например, пока процессор обрабатывает ранее загруженные данные, то можно значительно повысить производительность. Все процессоры семейства 486 имеют внутреннюю кэш-память 8 КБ, а процессоры 486DX4 и Pentium - 16 КБ. Помимо этого устанавливают дополнительную кэш-память в виде микросхем в специальные гнезда на системной плате, которую обычно называют внешней кэш-памятью или кэш-памятью второго уровня. При выборе объема внешней кэш-памяти необходимо учитывать следующее. Для большинства приложений типа текстовых редакторов, электронных таблиц, баз данных, настольных издательских систем и т.п. применение в процессорах с высокой тактовой частотой встроенной кэш-памяти объемом 8 КБ увеличивает производительность компьютера в среднем в 2.5 - 3 раза. Дополнительное подключение внешней кэш-памяти объемом 64 КБ дает увеличение производительности еще в среднем на 7-10%. Дальнейшее увеличение объема кэш-памяти с 64 до 256 КБ повышает производительность еще на 1-3%. Таким образом основную нагрузку берет на себя внутренняя кэш-память.

Жесткий диск

Жесткий диск (HDD) представляет собой устройство для долговременного хранения больших объемов информации и является внешним запоминающим устройством. Современные программные приложения, особенно под Windows занимают большой объем памяти 10-30 МБ, поэтому и емкость жесткого диска должна быть велика. В современных компьютерах устанавливаются ЖД от 640 МБ до 1.2 ГБ (гигабайт). ЖД стационарно расположен в корпусе системного блока, т.е. не является средством транспортировки информации.

Устройство накопления на гибких магнитных дисках

В современных компьютерах в корпусе системного блока расположено также устройство накопления на гибких магнитных дисках (Floppy Flexible Drive). Гибкие магнитные диски предназначены для длительного хранения информации и для ее транспортировки. Устройство НГМД может быть рассчитано либо на дискеты 5.25 дюйма, либо на дискеты 3.5 дюйма. Дискеты 5.25 дюйма могут вмещать в себя до 1.2 МБ информации, 3.5 дюйма - до 1.44 МБ.

Развитие вычислительной техники. Функциональная схема ЭВМ	1
Историческая справка	1
Классическая (неймановская) структура ЭВМ	2
Основные компоненты ЭВМ	3
Хранение данных и команд в памяти.....	4
Принцип программного управления.....	4
Последовательное выполнение операций	4
Двоичное кодирование	4
Использование электронных элементов и электрических схем.....	4
Поколения ЭВМ и перспективы развития вычислительной техники	5
Современные компьютеры и перспективы развития средств вычислительной техники	7
Основные характеристики современного компьютера	7
Тип центрального микропроцессора CPU (Central Processing Unit)	7
Оперативная память.....	8
КЭШ память	9
Жесткий диск.....	9
Устройство накопления на гибких магнитных дисках.....	9