

## Общие сведения об устройстве и работе ЭВМ

**Структура** — это совокупность функциональных элементов ЭВМ и связей между ними.

Модель структуры устанавливает состав, порядок и принципы взаимодействия основных функциональных частей ЭВМ. Структура ЭВМ является одним из определяющих факторов их характеристик.

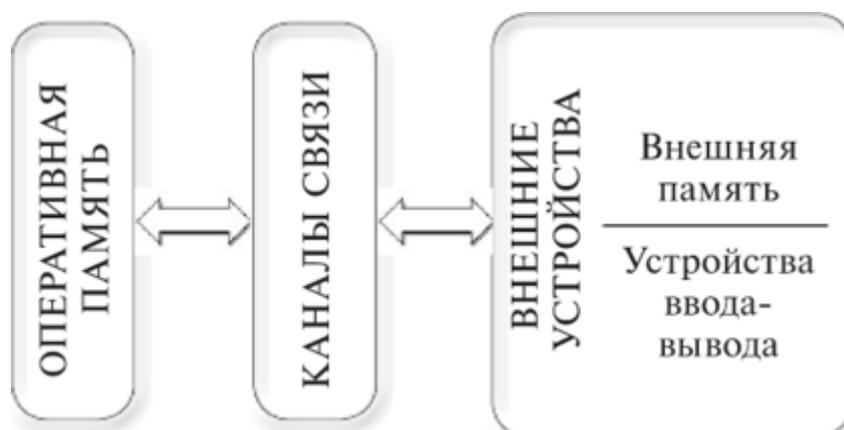
Любую ЭВМ можно представить как сложный комплекс, состоящий из разнообразных электронных функциональных устройств, взаимодействующих между собой.

К основным устройствам ЭВМ (рис. 2.23) относят:

- устройство ввода (УВ);
- арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- память (ОЗУ, ПЗУ, ВЗУ);
- устройство управления (УУ);
- устройство вывода (УВыв).

Арифметико-логическое устройство

Устройство управления и интерфейс



Процессорная память

Рис. 2.23. Классическая упрощенная структурная схема ЭВМ

Информационное взаимодействие процессоров происходит на уровне либо оперативной памяти, либо регистров микропроцессорной памяти. В многоядерных процессорах их взаимодействие происходит на уровне поля оперативной памяти. Важным является то, что многопроцессорная вычислительная система работает под управлением единой операционной системы. При такой реализации все процессоры имеют оперативное запоминающее устройство, что значительно повышает быстродействие, надежность и эффективность работы ЭВМ. Это значительно улучшает динамические свойства системы, но требования к возможностям операционной системы возрастают.

Структура взаимодействия процессоров в вычислительной системе с общей оперативной памятью приведена на рисунке 2.24.



Рис. 2.24. Взаимодействие нескольких процессоров в вычислительной системе

Структура любой ЭВМ может быть представлена упрощенной функциональной схемой (рис. 2.25), которая включает в себя память, комбинационное АЛУ, устройство управления, устройства ввода-вывода.

Центральный процессор



управление управление

## Рис. 2.25. Функциональная схема ЭВМ

Характерными особенностями ЭВМ являются достаточная точность вычисления для большинства практических задач, высокое быстродействие и универсальность. Высокая точность вычисления, кроме точности самого метода решения, определяется количеством разрядов чисел, с которыми производятся арифметические действия.

**Разрядная сетка** — количество разрядов, используемых в ЭВМ для представления чисел. Для более точного результата вычислений задачу можно решить с удвоенной точностью, но при этом уменьшится количество выполненных математических операций. Быстрота расчетов обусловлена их полной автоматизацией и скоростью работы элементов ЭВМ.

Универсальность применения ЭВМ заключается в том, что на одной и той же вычислительной машине можно решать разнообразные задачи. При переходе от одной задачи к другой меняется лишь ее программная реализация.

ЭВМ могут различаться конструктивным исполнением, быстродействием, а также точностью. Одинаковым будет набор основных устройств, но с различными характеристиками.

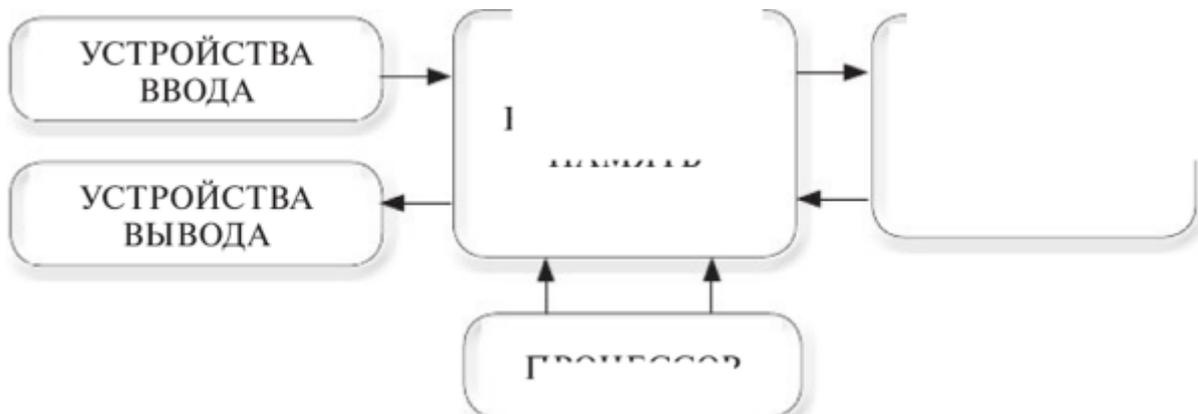
В настоящее время широко распространены однопроцессорные ЭВМ с многоядерным процессором. Аналогичный принцип реализован в мобильных телефонах, планшетах и современных телевизорах.

### Память ЭВМ

Одно из основных мест в структуре ЭВМ занимает память (запоминающее устройство), которое хранит информацию, передаваемую из других устройств, в том числе поступающую извне через устройство ввода, и выдает во все другие устройства информацию, необходимую для протекания вычислительного процесса (рис. 2.26).

ВНЕШНЯЯ ПАМЯТЬ

ВНУТРЕННЯЯ ПАМЯТЬ



ПРОЦЕССОР

Рис. 2.26. Память в структуре ЭВМ

Именно здесь хранятся исходные данные для расчетов, программы обработки этих данных, а также промежуточные и окончательные результаты вычислений.

**Память** — место, где хранится разнообразная информация (данные, программные коды), предназначенная для центрального процессора (и не только), а также результаты произведенных им вычислений.

Память ЭВМ состоит из нескольких частей. В состав компьютерной памяти входят:

- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- сверхоперативное запоминающее устройство СОЗУ;
- съемные ЗУ.

Каналы связи передают информацию между устройствами и являются неотъемлемыми элементами в структуре функционирования памяти.

Наличие в ЭВМ памяти позволяет развернуть вычислительный процесс в реальном времени. Любую задачу, которую необходимо решить на ЭВМ, необходимо представить в виде последовательности определенных команд, включаемых в различные операции. Перечень команд, выполняемых машиной, называют *системой команд вычислительной машины*.

**Оперативное запоминающее устройство** — быстродействующее оперативное запоминающее устройство.

В ОЗУ хранится вся информация, необходимая для работы компьютера в данный момент времени. После выключения питания информация, содержащаяся в ОЗУ, пропадает.

Информацию ОЗУ можно не только считывать, но и записывать. Скорость работы ОЗУ прямо влияет на производительность всей компьютерной системы в целом.

Физически ОЗУ выполняется в виде отдельных модулей, которые устанавливаются в специальные разъемы (слоты) материнской платы.

Решение многих задач требует памяти большой емкости для хранения необходимого количества информации. Поэтому ЭВМ обычно помимо ОЗУ емкостью в несколько тысяч или десятков тысяч слов содержит ПЗУ, способное хранить миллионы машинных слов.

**Постоянное запоминающее устройство** — элемент электронной вычислительной техники, обеспечивающий эффективное хранение массива неизменяемых данных пользователя. ПЗУ — энергонезависимая память. Такое устройство менее быстродействующее, чем ОЗУ, но способное хранить большой объем информации.

ПЗУ можно только считывать. Как правило, ПЗУ применяют для начальной загрузки компьютера. В ПЗУ хранятся специальные инструкции, которые управляют в момент включения питания работой компьютера и посылают сигналы (инструкции) для его дальнейшей работы.

В современных ПК в качестве ПЗУ используется HDD/SSD емкостью около сотни миллиардов машинных слов. ОЗУ и ПЗУ имеют адресную организацию. Доступ к их ячейкам памяти для 116 записи и чтения информации осуществляется с помощью многоадресного адреса, воздействующего на групповое управление.

**Сверхоперативное запоминающее устройство** представляет собой набор быстродействующих регистров, имеющих индивидуальное управление. Эти регистры обеспечивают работу АЛУ, фиксируя его входные и выходные коды. СОЗУ используют для временного хранения данных в процессе их обработки.

Непосредственно в вычислительном процессе участвует только ОЗУ и лишь после окончания отдельных этапов вычислений в ОЗУ передается информация, необходимая для следующего этапа решения задачи.

Для сопряжения центральных узлов ЭВМ с ее внешними устройствами служат **каналы связи** (информационные линии), называемые также **шинами**, по которым отдельные модули и блоки компьютера обмениваются между собой информацией.

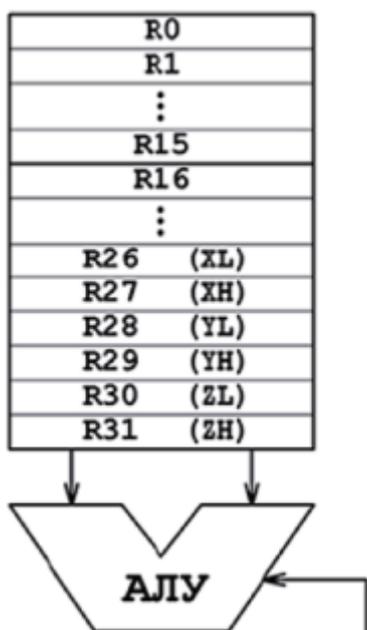
**Арифметико-логическое устройство** позволяет реализовать выполнение арифметических и логических операций над двоичными кодами. АЛУ производит математические операции и логические преобразования над введенными в машину данными.

АЛУ играет основную роль по переработке информации, хранящейся в оперативной памяти. АЛУ вырабатывает управляющие сигналы, позволяющие ЭВМ автоматически выбирать путь вычислительного процесса в зависимости от получаемых результатов.

Операции выполняют с помощью электронных схем, каждая из которых состоит из миллионов элементов. Микросхемы (логические схемы) имеют высокое быстродействие и необходимы для выполнения операций с фиксированной и плавающей запятой, логических операций.

В определенной степени уровень сложности ЭВМ отражается в конструкции АЛУ, так как некоторые высокопроизводительные системы (современные ПК, планшеты, телефоны, микропроцессорная бытовая техника и др.) содержат несколько устройств для выполнения операций с фиксированной и плавающей запятой, а также логических операций, что позволяет выполнять эти операции параллельно.

АЛУ состоит из отдельных запоминающих ячеек, называемых рабочими регистрами, и блоков, выполняющих раз-117 личные элементарные операции над содержимым этих регистров (рис. 2.27).



### Регистр SREG

| I | T | H | S | V | n | Z | C

Рис. 2.27. Арифметико-логическое устройство

К числу таких операций относятся сложение содержимого двух регистров, вычитание, умножение, сравнение и др. Выполнению операции предшествуют выборка информации из ячеек памяти и занесение ее в рабочие регистры. Результат операции фиксируется также в рабочем регистре и затем пересылается в одну из ячеек ЗУ.

АЛУ имеет большое быстродействие — до нескольких сотен миллиардов операций в секунду. Высокое быстродействие достигается благодаря размещению СОЗУ в непосредственной близости от решающих блоков, применению высокочастотных элементов и оптимальному схемному решению.

В зависимости от построения и характера работы различают АЛУ последовательного, параллельного и параллельно-последовательного действия.

В АЛУ *последовательного действия* операции над кодами осуществляются последовательно, разряд за разрядом. Код числа представляется в виде серии сигналов, действующих в одной и той же цепи в различные моменты времени. Сигнал, проходящий

2.5. Структурные схемы ЭВМ и вычислительных систем в данный момент времени по цепи, соответствует определенному разряду кода числа, в следующий момент — другому разряду.

В АЛУ *параллельного действия* операции над кодами чисел осуществляются параллельно по всем разрядам. Коды чисел в таких АЛУ изображаются в виде совокупности сигналов, каждый из которых действует по своей определенной цепи. Число цепей при этом соответствует числу разрядов. Такие АЛУ получили наиболее широкое распространение.

В АЛУ *параллельно-последовательного* действия коды чисел разбиваются на группы из определенного количества разрядов. Операция над кодами чисел осуществляется параллельно операциям над разрядами данной группы. Сами же группы разрядов обрабатываются последовательно.

В зависимости от логической структуры АЛУ могут быть комбинационного и блочного типов.

АЛУ *комбинационного типа* универсальны, так как все арифметические и логические операции выполняются с помощью одних и тех же элементов и узлов. Основу таких АЛУ составляют сумматор и регистры, которые при выполнении отдельных операций коммутируются между собой определенным образом посредством групп логических элементов (рис. 2.28).



Рис. 2.28. Структурная схема АЛУ (Рг — регистр)

АЛУ *блочного типа* состоят из отдельных блоков сложения, умножения, деления и т. д. Такие АЛУ имеют большее быстродействие, чем АЛУ комбинационного типа, однако для своей реализации требуют больше оборудования (рис. 2.29).

Арифметика

ЧФЗ

Десятичная арифметика

Логические операции

Арифметика ЧПЗ

Специальная арифметика

Индексная арифметика

Рис. 2.29. Блочные АЛУ:  $X$ — входные данные;  $5$ — управляющие сигналы;  $Z$ — результат операции;  $P$  — извещение о завершении работы; ЧФЗ, ЧПЗ — числа с фиксированной и плавающей запятой соответственно

Блочные АЛУ характерны для больших ЭВМ, где главным является максимальное быстродействие, а не аппаратные затраты и стоимость.

### Устройство управления (УУ)

Общее управление всеми элементами ЭВМ и синхронизацию их работы обеспечивает УУ, управляющее потоками информации, задаваемой командами пользователя.

УУ автоматически управляет вычислительным процессом, посылая всем другим устройствам управляющие импульсы, предписывающие им те или иные действия. Это могут быть команды внешнего управления, поданные, например, с пульта, либо команды программы, заранее занесенные в память.

УУ предназначено для выработки управляющих сигналов, под воздействием которых происходят преобразование информации в АЛУ, а также операции по записи и чтению информации в/из запоминающего устройства (рис. 2.30).

Устройства управления разделяют:

- 1) на УУ с жесткой, или схемной, логикой;
- 2) УУ с программируемой логикой (микропрограммные УУ).

В устройствах управления первого типа для каждой команды, задаваемой кодом операции, строится набор комбинационных схем, которые в нужных тактах вырабатывают необходимые управляющие сигналы.

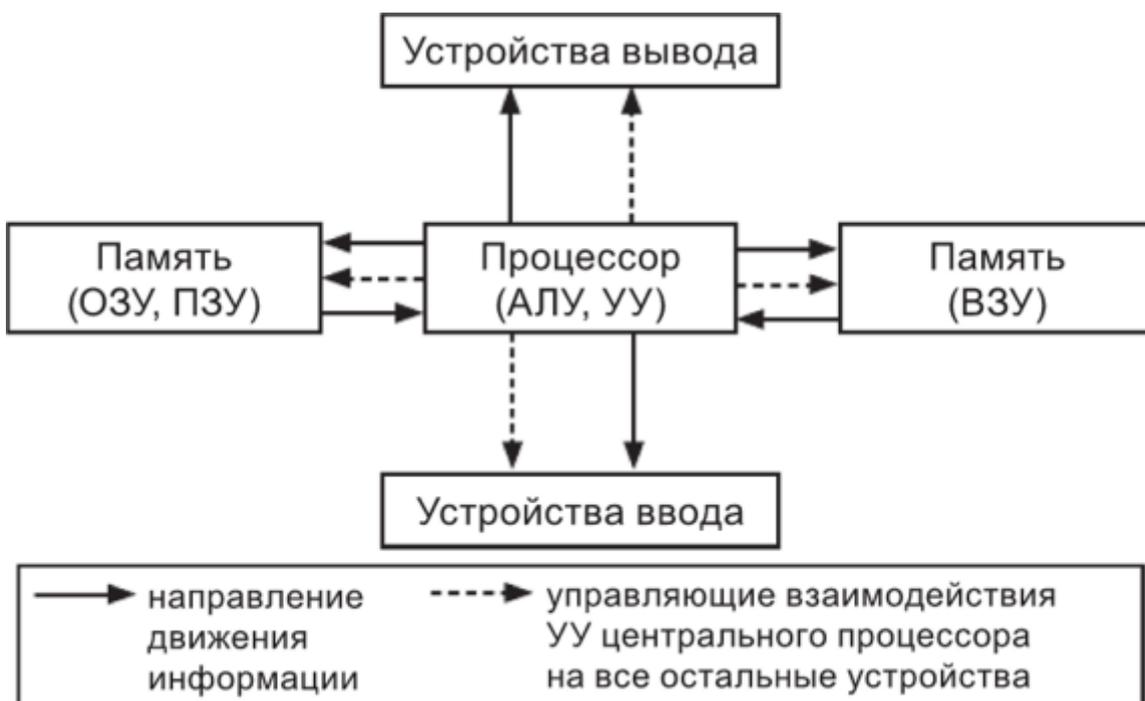


Рис. 2.30. Взаимодействие УУ и устройств ЭВМ

В микропрограммных УУ каждой команде ставится в соответствие совокупность хранимых в специальной памяти слов — микрокоманд. Каждая из микрокоманд содержит информацию о микрооперациях, подлежащих выполнению в данном такте, и указание, какое слово должно быть выбрано из памяти в следующем такте.

Команды программы представляют собой двоичные коды, которыми зашифрованы приказы исполнить те или иные операции математической обработки и пересылки данных, управления ходом исполнения программы.

Автоматическое управление процессом решения задачи достигается на основе принципа программного управления, являющегося основной особенностью ЭВМ.

УУ должно автоматически выбирать команду из соответствующей ячейки памяти, исполнять ее, выбирать следующую и т. д.

Обычно используют естественный порядок выполнения команд, когда последовательно друг за другом выполняются команды, занесенные в ячейки памяти с последовательно увеличивающимися адресами. Адрес самой первой ячейки программы устанавливается командой «Сброс» внешнего управления. Естественный порядок выполнения команд не требует каких-либо указаний в кодах команд, т. е. используется по умолчанию.

Существуют специальные команды передачи управления, позволяющие нарушать естественный порядок либо безусловно, либо условно (в зависимости от признака результата выполненной АЛУ операции). Такие команды определенным образом указывают УУ адрес следующей команды.

*Схемное устройство управления.* Устройство управления схемного типа (рис. 2.31) состоит:

- из **генератора (датчика) сигналов**, вырабатывающего последовательность импульсов, равномерно распределенную во времени по своим шинам;
- **блока управления операциями**, осуществляющего выработку управляющих сигналов, т. е. коммутацию сигналов, поступающих с датчика сигналов, в соответствующем такте на нужную управляющую шину;
- **дешифратора кода**, который дешифрирует код операции команды, присутствующей в данный момент в регистре команд, и занимает одну шину, соответствующую данной операции; этот сигнал используется блоком управления операциями для выработки нужной последовательности управляющих сигналов.

Регистр команд

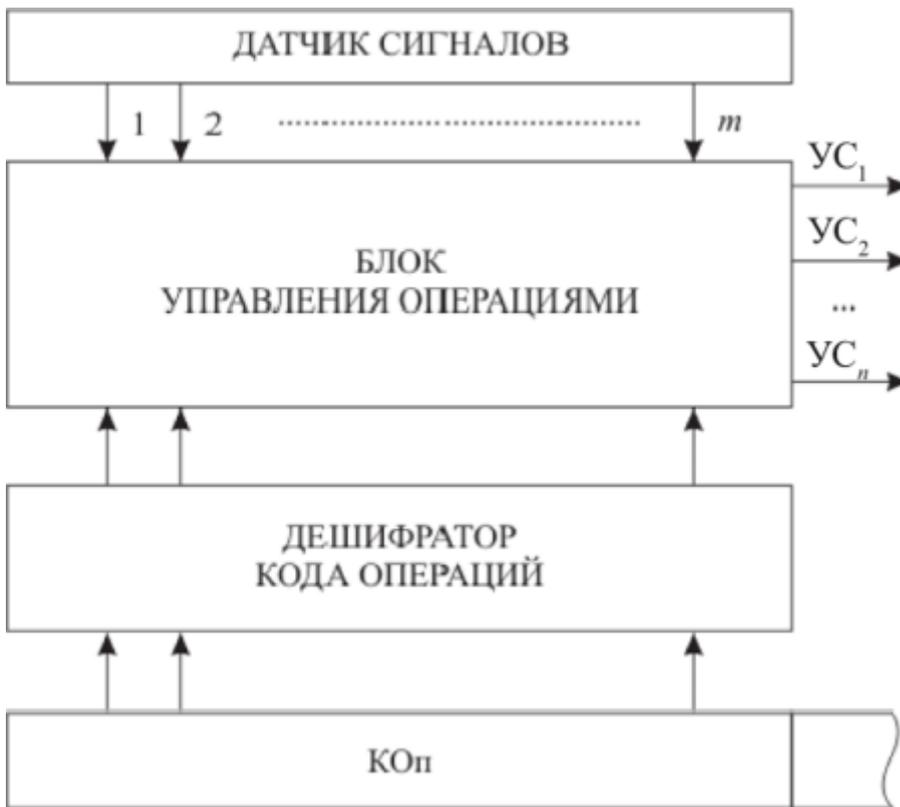


Рис. 2.31. Функциональная схема схемного устройства управления:  $m$  — количество тактов, за которое выполняется самая длинная операция;  $n$  — общее количество управляющих сигналов, необходимых для выполнения любой операции;

УС — управляющий сигнал; КОп — поле кода операции

Микропрограммное устройство управления представлено на рисунке 2.32.

Преобразователь адреса (А) микрокоманды преобразует код операции команды, присутствующей в данный момент в регистре команд, в начальный адрес микропрограммы, реализующей данную операцию, а также определяет адрес следующей микрокоманды выполняемой микропрограммы по значению адресной части текущей микрокоманды.



## Рис. 2.32. **Функциональная схема микропрограммного**

УУ (ВУ — внешнее устройство)

УУ, реализованное по микропрограммному принципу, может легко настраиваться на возможные изменения в операционной части ЭВМ. При этом настройка во многом сводится лишь к замене микропрограммной памяти. Однако УУ этого типа имеют худшие временные показатели по сравнению с устройствами управления на жесткой логике.

### **Устройства ввода-вывода**

Обмен информацией между ЭВМ и внешней средой организуется через устройства ввода-вывода.

*Устройства ввода (УВ)* предназначены для ввода исходных данных в ЭВМ в целях регистрации, арифметической либо определенной компьютерной обработки. Вводимая информация может направляться в ЭВМ путем непосредственного воздействия пользователя (оператора) либо с помощью машинных носителей.

Из устройств ввода данные поступают в запоминающее либо в арифметическое устройство.

*Устройства вывода (УВыв)* служат для передачи из ОЗУ информации на внешние носители. Результаты решенной задачи могут быть выведены в виде текста, таблиц, графиков и чертежей на бумажный носитель или монитор (экран).

Существует возможность программного управления вводом-выводом и ввода-вывода по прерываниям. В первом случае обмен информацией идет по инициативе и под управлением программы; во втором — устройство ввода-вывода само запрашивает обслуживание под действием внешних сигналов. Устройство управления, реагируя на этот запрос, прерывает выполнение основной программы ЭВМ и запускает заранее подготовленную программу обслуживания устройства ввода-вывода (программу обработки прерывания). По завершении ввода-вывода под управлением программы обработки ЭВМ вновь возвращается к выполнению основной программы с точки прерывания.

Устройство управления, АЛУ и регистры СОЗУ (процессорная память) принято объединять в единый конструктивный блок, называемый центральным процессором.

### **Центральный процессор**

Основной вычислительный блок компьютера называют процессором или микропроцессором.

**Центральный процессор (ЦП)**, центральное процессорное устройство (ЦПУ), центральное обрабатывающее устройство — электронный блок либо интегральная схема (микропроцессор), исполняющая код программ. Процессор является главной частью аппаратного обеспечения компьютера или программируемого логического контроллера. От центрального процессора зависит количество обработанных операций с плавающей запятой, в том числе в единицу времени.