

Основные характеристики и архитектура ЭВМ

ЭВМ

Электронная вычислительная машина – комплекс технических и программных средств, предназначенный для автоматизации подготовки и решения задач пользователей.

Характеристики ЭВМ

- быстродействие ;
- производительность ;
- надежность;
- точность;
- достоверность;
- емкость оперативной и внешней памяти;
- габаритные размеры;
- стоимость технических и программных средств;
- особенности эксплуатации и др.

Быстродействие. Машинные команды

Быстродействие характеризуется числом команд, выполняемых ЭВМ за одну секунду. Его можно вычислить как:

$B = 1/t_k$, где t_k – время выполнения одной машинной команды.

ЭВМ выполняет множество различных команд, время выполнения которых значительно отличается друг от друга. Поэтому быстродействие оценивается обычно по времени выполнения самой короткой команды.

Быстродействие. Такт

С другой стороны, команды в процессоре выполняются по тактам, и длительность такта t_T зависит от частоты тактового генератора f_T и определяется по формуле:

$$t_T = 1 / f_T .$$

Если считать, что на выполнение машинной команды затрачивается w машинных тактов, то быстродействие можно определить как:

$$B = f_T / w .$$

Эта формула является основной для вычисления быстродействия.

Производительность

Производительность компьютера — это количественная характеристика скорости выполнения определённых операций на компьютере.

Чаще всего вычислительная мощность измеряется в **флопсах** (количество операций с плавающей точкой в секунду). Обычный современный настольный компьютер имеет производительность порядка 0.1 Терафлопс (10^{12}).

Intel Core i7-5960X (Extreme Edition Haswell-E), частоты 3,0-3,5 ГГц (2014) — до 350 гигафлопсов (теоретический пик 384 Гфлопс, 10^9).

МЦСТ Эльбрус-8СВ 1,5 ГГц, 8 ядер (2017) — пиковая производительность 576 Гфлопс-(Предположительно), (288

Производительность. Сложности

Существуют сложности при определении вычислительной мощности компьютера.

Производительность системы может зависеть от типа выполняемой задачи. В частности, отрицательно сказывается на вычислительной мощности необходимость частого обмена данных между составляющими компьютерной системы, а также частое обращение к памяти. В связи с этим выделяют пиковую вычислительную мощность - максимально возможное количество операций над числами с плавающей запятой в секунду, которое способен произвести компьютер. Важную роль играет также **разрядность значений**, обрабатываемых программой.

Производительность. Расчет

Расчет производительности может быть произведен путем определения величины обратной времени выполнения эталонной программы: $P=1/T$. T можно вычислить по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^h m_i t_i$$

где m_i - число команд i -го типа с временем выполнения t_i , h - число типов команд в эталонной программе.

Оценка реальной производительности производится путём прохождения специальных тестов (бенчмарков) — набора программ, предназначенных для проведения вычислений и

Тестовые программы

Для более точных комплексных оценок существуют тестовые наборы, которые можно разделить на три группы:

- **наборы тестов фирм-изготовителей для оценивания качества собственных изделий** (*Intel* для своих микропроцессоров использовала в 2000-х гг. показатель *iCOMP - Intel Comparative Microprocessor Performance*);
- **стандартные универсальные тесты для ЭВМ, предназначенных для крупномасштабных вычислений** (например, пакет математических задач *Linpack*, по которому ведется список *TOP 500*, включающий 500 самых производительных компьютерных установок в мире);
- **специализированные тесты для конкретных областей применения компьютеров** (например тестовый пакет *3Dmark*, предназначенный для измерения производительности систем в играх).

Производительность. Суперкомпьютеры

Основой для рейтинга являются результаты исполнения испытания **LINPACK** (HPL), решающего большие **СЛАУ**. С июня 2018 года лидером является новый американский суперкомпьютер [Summit](#).

Summit — суперкомпьютер, разработанный компанией IBM для [Окриджской Национальной лаборатории](#). Вычислительная мощность компьютера составляет 122,3 PFLOPS при 15 МВт потребляемой мощности.

В состав 4608 серверов IBM Power Systems AC922 суперкомпьютера Summit входит 9216 22-ядерных процессоров **IBM POWER9** и 27 648 графических процессоров **NVIDIA Tesla V100**

Производительность.

Суперкомпьютеры

По общему количеству суперкомпьютеров в 50-м обновлении рейтинга сделанном 14 ноября 2017 года лидирует **Китай** с 202 суперкомпьютерами, следом **США** — 143 суперкомпьютера. Европа имеет 108, Азия — 252.

Россия по данным на ноябрь 2017 года выбыла из первой десятки по количеству эксплуатируемых вычислительных систем, три суперкомпьютера в перечне — 63, 227, 412 позиции в списке.

«Ломоносов-2» — построен компанией «Т-Платформы» для **МГУ им. М.В. Ломоносова**. После обновления его производительность на тесте Linpack возросла с 2,1 ПФЛОПС до 2,48 ПФЛОПС, пиковая производительность возросла до 4,95 ПФЛОПС.

Производительность.

Суперкомпьютеры



Стойки

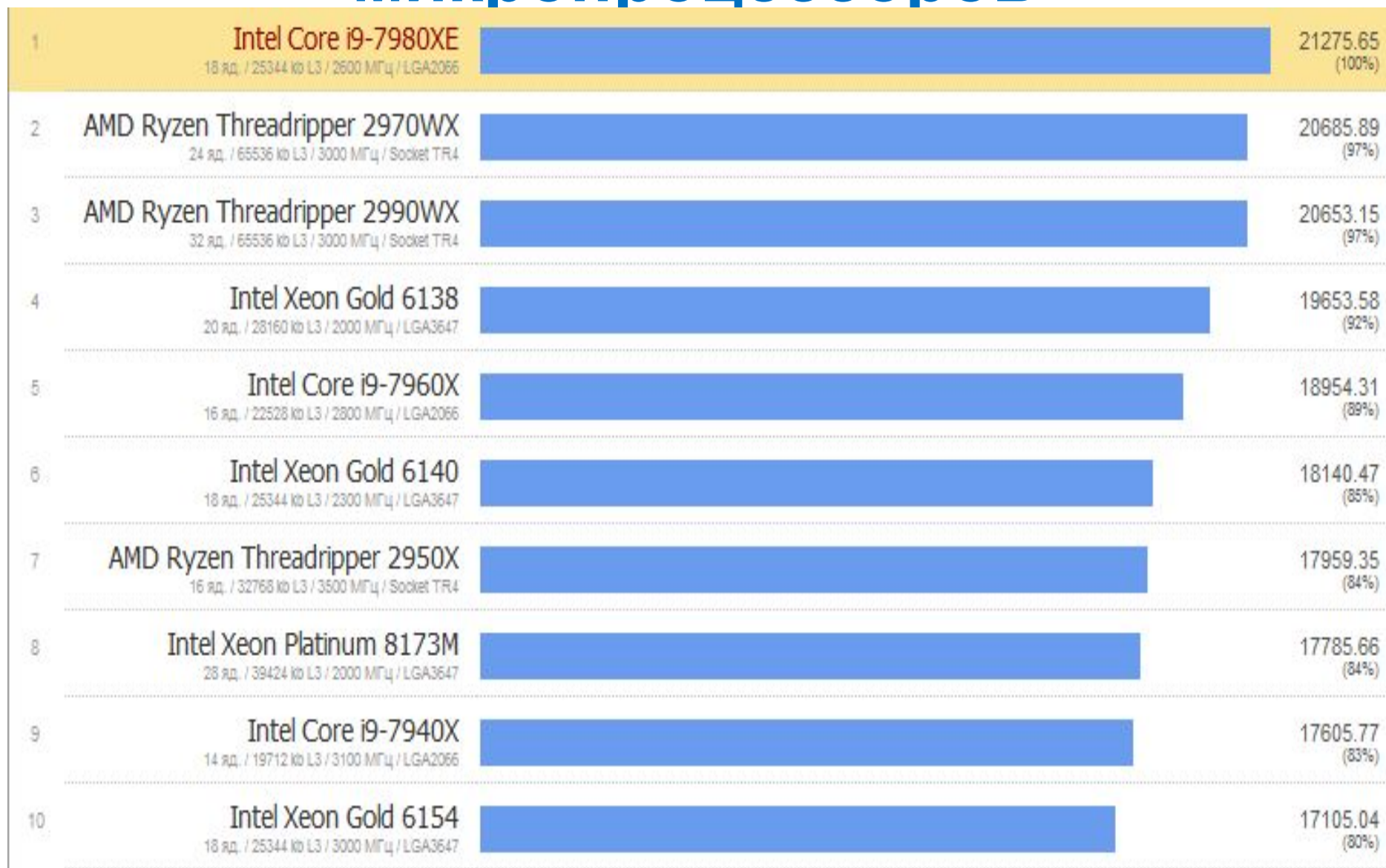
суперкомпьютера
IBM Sequoia (~ 16
петафлопс).

Суперкомпьютер
состоит из 98 304
вычислительных
узлов и имеет 1,6 пб
(10^{15} байт) памяти в
96 стойках,

расположенных на
площади в 300 кв. м.

Используются 16-ти или 8-ми ядерные
центральные процессоры POWER,
изготовленные по техпроцессу 45 нм.
Энергопотребление комплекса
составляет около **6 мегаватт**
электрической энергии.

Производительность микропроцессоров



Intel Core i9-7980XE

Основная информация:

- Год выхода 2017
- Количество ядер 18
- Количество потоков 36
- Базовая частота 2600 MHz
- Turbo Boost 4400 MHz
- Архитектура (ядро) Skylake-X
- Техпроцесс 14 nm
- TDP 165 W
- Макс. Температура 94° C

Внутренняя память

- Кэш L1, КБ 18x32 + 18x32 (18x32=576 КБ)
- Кэш L2, КБ 18x1024
- Кэш L3, КБ 25344

Надежность

Надежность — это способность ЭВМ при определенных условиях выполнять требуемые функции в течение заданного времени (стандарт *ISO* – международной организации стандартов -2382/14-78).

Количественной оценкой надежности ЭВМ, содержащей элементы, отказ которых приводит к отказу всей машины, могут служить следующие показатели:

- **вероятность безотказной работы** за определенное время при данных условиях эксплуатации;
- **наработка ЭВМ на отказ;**
- **среднее время восстановления машины** и др.

Для более сложных структур типа вычислительного комплекса или системы понятие «отказ» не имеет смысла. В таких системах отказы отдельных элементов приводят к некоторому снижению эффективности функционирования, а не к полной потере

Точность

Точность — возможность различать почти равные значения (стандарт *ISO* — 2382/2-76).

Точность получения результатов обработки в основном определяется разрядностью ЭВМ, которая в зависимости от класса ЭВМ может составлять 32, 64 и 128 двоичных разрядов. Во многих применениях ЭВМ не требуется большой точности, например при обработке текстов и документов, при управлении технологическими процессами. В этом случае достаточно воспользоваться 8- и 16-разрядными двоичными кодами. При выполнении же сложных математических расчетов следует использовать высокую разрядность (32, 64 и даже более). Программными способами диапазон представления и обработки данных может быть увеличен в несколько раз, что позволяет достигать очень высокой точности.

Достоверность

Достоверность — свойство информации быть правильно воспринятой.

Достоверность характеризуется вероятностью получения безошибочных результатов. Заданный уровень достоверности обеспечивается аппаратно-программными средствами контроля самой ЭВМ. Возможны методы контроля достоверности путем решения эталонных задач и повторных расчетов. В особо ответственных случаях проводятся контрольные решения на других ЭВМ и сравнение результатов.

Классификация средств ЭВМ

По виду представления обрабатываемой информации **электронная вычислительная техника** разделяется на **аналоговую** и **цифровую**.

В аналоговых вычислительных машинах (**АВМ**) обрабатываемая информация представляется аналоговыми значениями величин (тока, напряжения и т. п.). Они проводили непрерывные измерения каких-либо величин, например, напряжения электрического тока, и с помощью определенных математических формул выдавали результат. Такие вычислительные машины обеспечивают высокое быстродействие, но имеют невысокую точность вычислений и поэтому мало распространены.

Их можно рассматривать как узкоспециализированные

Цифровые вычислительные машины

В настоящее время под словом ЭВМ обычно понимают цифровые вычислительные машины, в которых информация представляется в виде двоичных кодов. Именно эти машины из-за их универсальности являются самой массовой вычислительной техникой.

Цифровые вычислительные машины

По быстродействию ЭВМ можно разделить на:

- **суперЭВМ** для решения крупномасштабных вычислительных задач, для обслуживания крупнейших информационных банков данных;
- **большие ЭВМ** для комплектования вычислительных центров различного уровня, а также для управления сложными производственными и технологическими процессами. Эти ЭВМ могут использоваться для управления распределенной обработкой информации в качестве сетевых серверов;
- **персональные и профессиональные ЭВМ**, позволяющие удовлетворять индивидуальные потребности пользователей. На базе этого класса ЭВМ строятся автоматизированные рабочие места (АРМ) для специалистов различного уровня;
- **встраиваемые микроконтроллеры**,

Сетевая классификация

С развитием сетевых технологий все больше начинает использоваться другой классификационный признак, отражающий место и роль ЭВМ в сети:

- **системы для управления сетевыми хранилищами информации;**
- **кластерные структуры;**
- **серверы;**
- **рабочие станции;**
- **сетевые компьютеры.**

Сетевые хранилища, кластеры

серверы

Мощные вычислительные системы и сетевые **хранилища** предназначены для обслуживания крупных сетевых информационных банков. По своим характеристикам их можно отнести к классу суперЭВМ, но в отличие от них они являются более специализированными и ориентированными на обслуживание потоков информации.

Кластерные структуры представляют собой многомашинные распределенные вычислительные системы, объединяющие несколько серверов. Это позволяет гибко управлять ресурсами сети, обеспечивая необходимую производительность, надежность, готовность и другие характеристики.

Серверы - это вычислительные машины и системы, управляющие определенным видом ресурсов сети. Различают файл-серверы, почтовые, коммуникационные,

Рабочие станции и сетевые компьютеры

Рабочая станция ориентирована на работу профессиональных пользователей с сетевыми ресурсами. Персональная ЭВМ отличается от рабочей станции тем, что функционирует обычно в автономном режиме и предназначена в основном для непрофессиональных пользователей.

Сетевые компьютеры представляют собой упрощенные персональные компьютеры, вплоть до карманных ПК. Их основным назначением является обеспечение доступа к сетевым информационным ресурсам. Вычислительные возможности у них достаточно низкие.

Рабочие станции и сетевые компьютеры

Рабочая станция ориентированна на работу профессиональных пользователей с сетевыми ресурсами. Персональная ЭВМ отличается от рабочей станции тем, что функционирует обычно в автономном режиме и предназначена в основном для непрофессиональных пользователей.

Сетевые компьютеры представляют собой упрощенные персональные компьютеры, вплоть до карманных ПК. Их основным назначением является обеспечение доступа к сетевым информационным ресурсам. Вычислительные возможности у них достаточно низкие.

Устройство ЭВМ. Структура

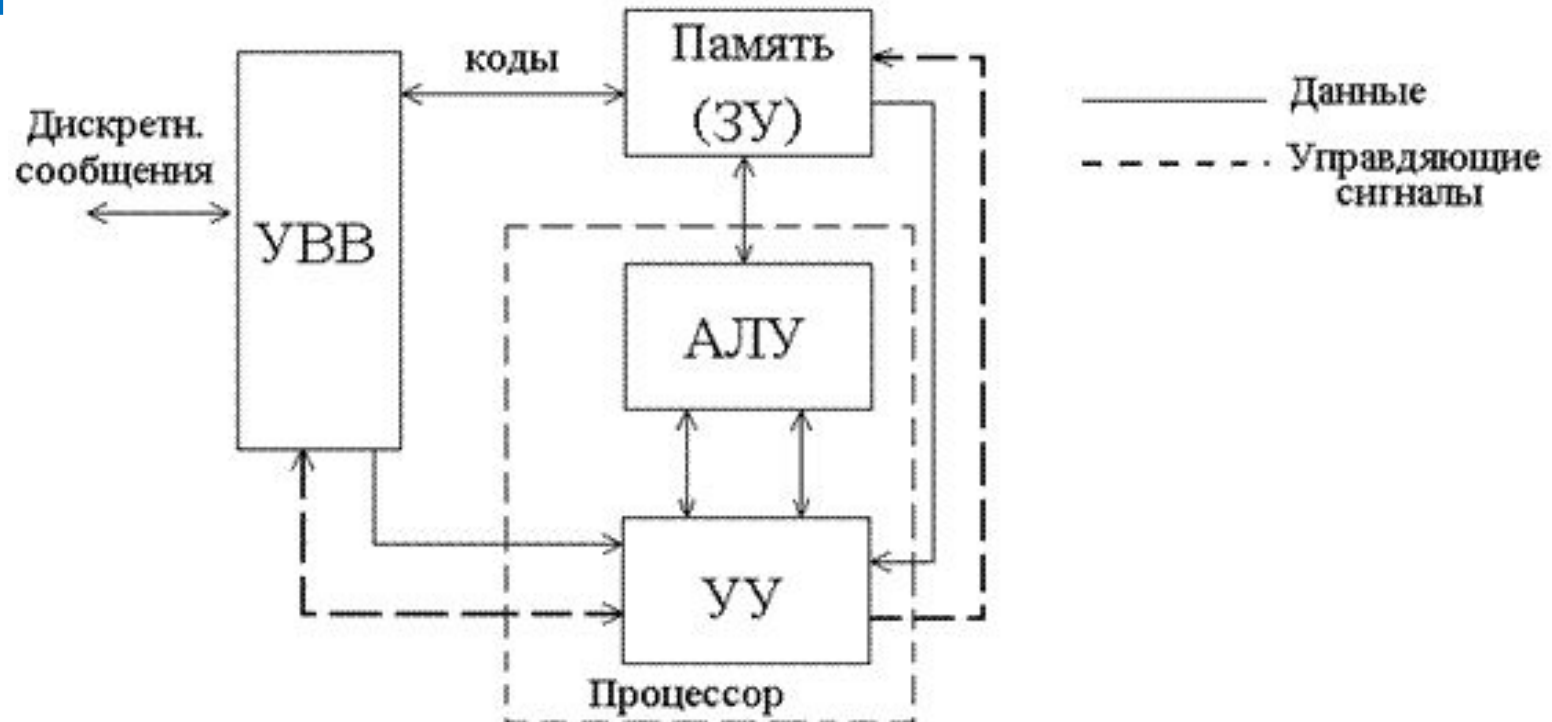
При рассмотрении компьютерных устройств принято различать их архитектуру и структуру.

Структура компьютера — это совокупность его функциональных элементов и связей между ними. Элементами могут быть самые различные устройства — от основных логических узлов компьютера до простейших схем. Структура компьютера графически представляется в виде структурных схем, с помощью которых можно дать описание компьютера на любом уровне детализации.

Устройство ЭВМ. Структура

- Любая ЭВМ содержит следующие основные устройства:
- арифметико-логическое (АЛУ);
- управления (УУ);
- ввода данных в ЭВМ и вывода результатов обработки (УВВ);
- память (ЗУ).

АЛУ и УУ образуют процессор



Устройство ЭВМ. Структура

Память состоит из запоминающих устройств (ЗУ) и предназначена для хранения алгоритма обработки данных и самих данных. Запись и чтение данных осуществляется только при указании места их хранения.

АЛУ. Выполняет арифметические и логические операции над поступающими в него кодами команд и данных. Каждый процессор выполняет ограниченный набор команд, входящий в систему команд ЭВМ.

УУ под воздействием поступающих данных автоматически координирует работу всех устройств ЭВМ посредством своевременной выдачи на них управляющих сигналов: предписывает АЛУ выполнение конкретной операции, управляет обменом между ЗУ и процессором, работой УВВ.

Устройство ЭВМ. Структура

Память состоит из запоминающих устройств (ЗУ) и предназначена для хранения алгоритма обработки данных и самих данных. Запись и чтение данных осуществляется только при указании места их хранения.

АЛУ. Выполняет арифметические и логические операции над поступающими в него кодами команд и данных. Каждый процессор выполняет ограниченный набор команд, входящий в систему команд ЭВМ.

УУ под воздействием поступающих данных автоматически координирует работу всех устройств ЭВМ посредством своевременной выдачи на них управляющих сигналов: предписывает АЛУ

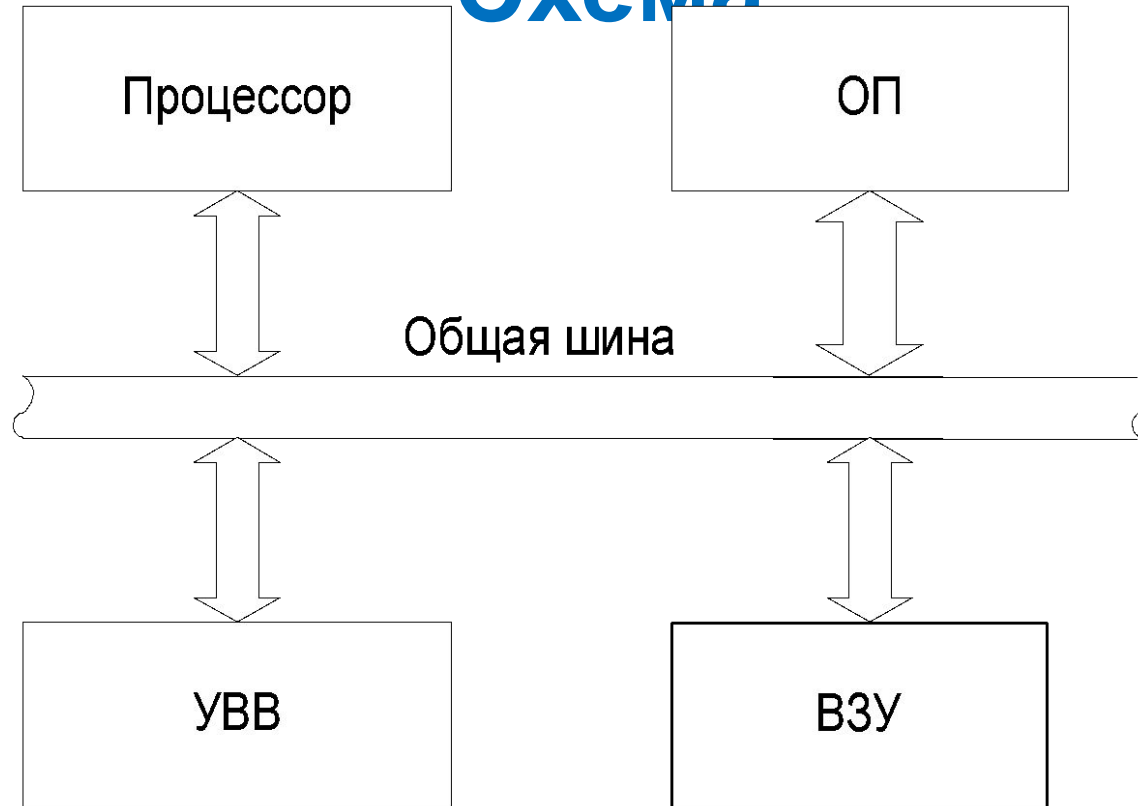
Структура ЭВМ на основе общей шины

ШИНЫ

При организации ЭВМ на основе общей шины (ОШ) взаимодействие между ее устройствами осуществляется через общую шину, к которой подключены все устройства, входящие в состав ЭВМ. Взаимодействие между всеми устройствами ЭВМ осуществляется в режиме разделения времени общей шины (поочередно). Общая шина **не обеспечивает высокой пропускной способности**, что ограничивает число подключаемых устройств и общую производительность ЭВМ. Однако простота реализации обеспечили широкое использование такой структуры в ранних мини-ЭВМ и персональных компьютерах, а также в контроллерах - небольших специализированных микропроцессорных системах, предназначенных для управления производственными и бытовыми устройствами и приборами.

Структура ЭВМ на основе общей шины.

Схема

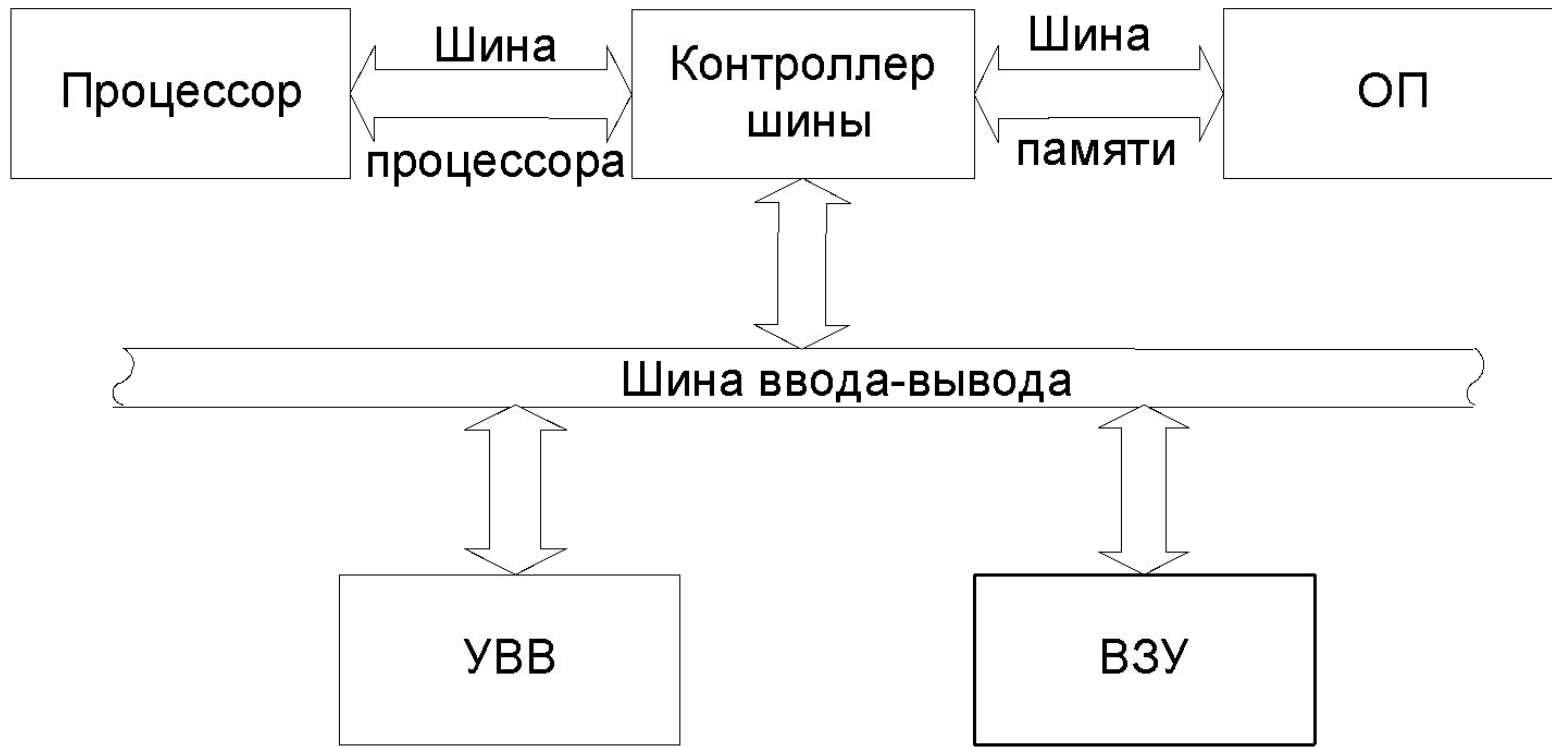


Структура ЭВМ на основе общей шины

Структура ЭВМ на основе множества

шин

По такому принципу построены современные компьютеры. На рисунке показана 2-х шинная структура ЭВМ, в которой выделена одна шина для памяти, а вторая шина используется для подключения устройств ввода/вывода.



Структура ЭВМ на основе множества шин

Структура ЭВМ на основе множества шин

Поскольку общая шина работает на частоте самого медленного устройства, подключённого к ней, а память и периферийные устройства значительно отличаются скоростными характеристиками (быстродействие памяти намного выше быстродействия УВВ и ВЗУ), поэтому разделение шин является логичным. При 2-х шинной организации низкоскоростные устройства не ограничивают скорость обмена высокоскоростных устройств, при этом шина памяти должна обладать более высокой пропускной способностью, чем шина ввода/вывода.

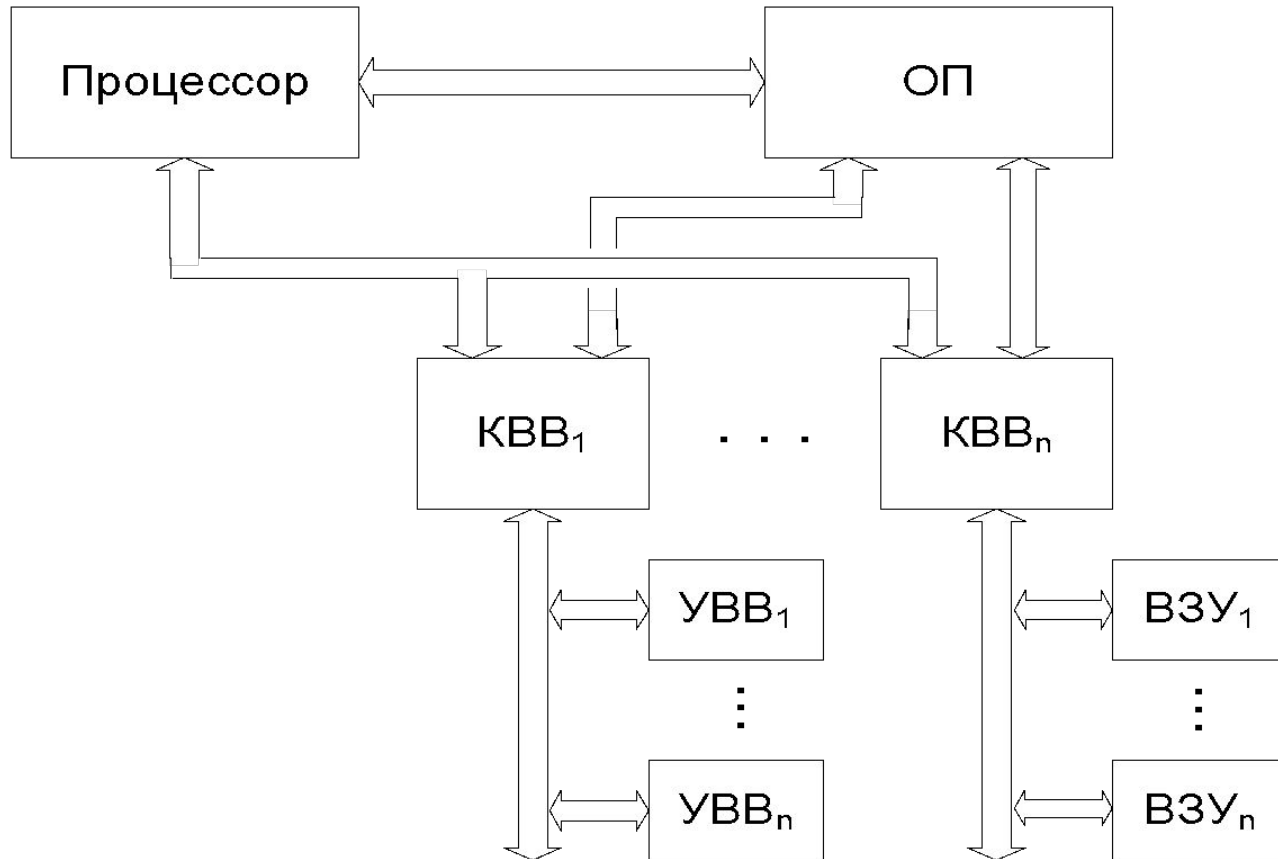
Структура ЭВМ на основе множества шин

В некоторых компьютерах число шин достигает трех и даже более, причем они образуют иерархию. Одна шина выделяется для низкоскоростных устройств типа принтеров, модемов, другая шина, более скоростная, для высокоскоростных периферийных устройств типа магнитных и оптических дисков, графических адаптеров, и третья шина, наиболее быстродействующая, используется для взаимодействия процессора с памятью. На вершине иерархии находится шина памяти, к которой через блок сопряжения (мост) подключают высокоскоростную периферийную шину, к которой, в свою очередь, через другой мост подключают шину ввода-вывода.

Она характерна для большинства современных ЭВМ.

Каналы ввода-вывода

В больших машинах для организации **ввода-вывода** используются специализированные процессоры, которые часто называют **каналами ввода-вывода**.



Структура ЭВМ на основе каналов ввода-вывода

Каналы ввода-вывода

Каналы получают команды и параметры ввода-вывода от центрального процессора, после чего работают с периферийными устройствами самостоятельно. Процессор в это время может выполнять программы пользователя, обращаясь к памяти по высокоскоростной шине. Таким образом, достигается **параллельная работа процессора и периферийных устройств**. Каналы ввода-вывода имеют собственные шины для подключения к основной памяти. При такой организации ЭВМ ОП должна быть либо многовходовой, либо иметь необходимые коммутаторы для подключения множества устройств. В многомашинных и многопроцессорных системах применяют другие более высокоскоростные коммуникационные схемы для объединения процессоров, памяти и периферии.

Устройство ЭВМ.

Архитектура

Архитектурой компьютера называется его описание на некотором общем уровне, включающее описание пользовательских возможностей программирования, системы команд, системы адресации, организации памяти и т.д.

Архитектура определяет принципы действия, информационные связи и взаимное соединение основных логических узлов компьютера:

процессора, оперативного запоминающего устройства (ЗУ), внешних ЗУ и периферийных устройств. Общность архитектуры разных компьютеров обеспечивает их **совместимость** с

Классическая архитектура ЭВМ.

В настоящее время наибольшее распространение в ЭВМ получили 2 типа архитектуры:

Принстонская (фон Неймана) и Гарвардская.

Обе они выделяют 2 основных узла ЭВМ:

центральный процессор и память компьютера.

Различие заключается в структуре памяти: в принстонской архитектуре программы и данные хранятся в одном массиве памяти и передаются в процессор по одному каналу, тогда как гарвардская архитектура предусматривает отдельные хранилища и потоки передачи для команд и данных.

Классическая архитектура ЭВМ. Принципы фон Неймана.

Классические принципы построения ЭВМ были изложены в 1945 г. группой американских ученых, среди которых был очень известный математик и физик Джон фон Нейман. Впоследствии всем базовым принципам построения вычислительной техники стали приписывать его авторство, а архитектура с последовательным выполнением команд получила название «фон-неймановской».

Классическая архитектура ЭВМ.

Принципы фон Неймана.

Кратко сформулируем принципы фон Неймана.

- *Использование двоичной системы счисления для представления чисел.*
- *Принцип программного управления.*
- *Принцип однородности памяти.*
- *Принцип адресности.*

Использование двоичной системы счисления

В докладе Неймана были продемонстрированы преимущества двоичной системы для технической реализации узлов компьютера, удобство и простота выполнения в ней арифметических и логических операций (ранее все вычислительные машины хранили обрабатываемые числа в десятичном виде). В дальнейшем ЭВМ стали обрабатывать текстовую, графическую, звуковую и другие виды информации, но по-прежнему двоичное кодирование данных составляет информационную основу любого современного компьютера.

Использование двоичной системы счисления

Помимо машин, работавших с двоичным кодом, существовали и троичные машины. Троичные компьютеры имеют ряд преимуществ и недостатков перед двоичными. Среди преимуществ можно выделить быстроедействие (операции сложения выполняются примерно в полтора раза быстрее), наличие двоичной и троичной логики, симметричное представление целых чисел со знаком (в двоичной логике либо будут иметь место два нуля (положительный и отрицательный), либо будет иметь место число, которому нет пары с противоположным знаком). К недостаткам — более сложная реализация по сравнению с двоичными машинами.

Принцип программного управления

Программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором друг за другом в определенной последовательности. Выборка программы из памяти осуществляется с помощью ***счетчика команд***. Этот регистр процессора последовательно увеличивает хранимый в нем адрес очередной команды на длину команды. Если после выполнения команды следует перейти не к следующей, а к другой команде, используются команды *условного или безусловного переходов*, которые заносят в счетчик команд номер ячейки памяти команды. Выборка команд из памяти прекращается после выполнения команды «стоп».

Принцип однородности памяти.

Программа также должна храниться в виде набора нулей и единиц, причем в той же самой памяти, что и обрабатываемые ей числа. С точки зрения хранения и способов обработки принципиальная разница между программой и данными отсутствует.

Принцип адресности

Структурно основная память состоит из перенумерованных ячеек; процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка. Адресом ячейки фактически является её номер; таким образом, местонахождение информации в ОЗУ также кодируется в виде чисел.

Фон Нейман с соавторами предложил структуру ЭВМ, которая полностью воспроизводилась в машинах первого и второго поколений.

Принципы фон Неймана.

Недостатки

В данной архитектуре процессор одновременно может либо читать инструкцию, либо читать/записывать данные, и то и другое не может происходить одновременно. Совместное использование шины для памяти программ и памяти данных приводит к **узкому месту архитектуры фон Неймана**, а именно ограничению пропускной способности между процессором и памятью по сравнению с объёмом памяти. Из-за того, что память программ и память данных не доступны в одно и то же время, пропускная способность процессора является меньшей, чем скорость, с которой он может

Гарвардская архитектура

Гарвардская архитектура обладает несколькими отличительными признаками: хранилище инструкций и хранилище данных, а так же каналы инструкций и каналы данных представляют собой разные физические устройства. Архитектура была разработана Говардом Эйкеном в конце 1930-х годов в Гарвардском университете. Идея заключалась в физическом разделении линий передачи команд и данных.

В первом компьютере Эйкена «Марк I» для хранения инструкций использовалась перфорирующая лента, а для работы с данными — электромеханические регистры. Это позволяло одновременно пересылать и обрабатывать команды и данные, благодаря чему

Гарвардская архитектура

Таким образом, в гарвардской архитектуре характеристики устройств памяти для инструкций и памяти для данных не обязательно должны быть одинаковыми. В частности, ширина слова, тактирование, технология реализации и структура адресов памяти могут различаться.

В компьютере с использованием гарвардской архитектуры процессор может читать инструкции и выполнять доступ к памяти данных в то же самое время. Таким образом, компьютер с гарвардской архитектурой может быть быстрее.

Гарвардская архитектура

Но соответствующая схема реализации доступа к памяти имеет один очевидный **недостаток** — **высокую стоимость**. При разделении каналов передачи команд и данных на кристалле процессора последний должен иметь почти вдвое больше выводов. Способом решения этой проблемы стала идея использовать общие шину данных и шину адреса для внешних данных, а внутри процессора использовать четыре отдельных шины: шину данных, шину команд и две шины адреса. Такую концепцию стали называть **модифицированной гарвардской архитектурой**.

Схемы



Фон-неймановская архитектура



Гарвардская архитектура

Разновидности архитектур ВМ и устройств

Тип архитектуры	Характеристики	Примеры архитектур
Вычислительная система	Взаимосвязь компонентов	Кластерная, массивно-параллельная
ЭВМ в целом	Взаимосвязь компонентов	Иерархическая, магистральная
Центральное устройство	Использование оперативной памяти	Принстонская, гарвардская
Микроархитектура процессора	Обработка микроопераций, кэш-память, конвейеры	Intel , AMD
Микроархитектура чипсета	Взаимосвязь компонентов системной платы	Северный и южный мосты
Система команд	Команды процессора	IA-32, IA-64