

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЭВМ

# Классификация ЭВМ по принципу действия

По принципу действия вычислительные машины делятся на три больших класса: аналоговые, цифровые и гибридные.



Критерием деления вычислительных машин на эти три класса является форма представления информации, с которой они работают.

*ЦВМ* – *цифровые вычислительные машины*, или вычислительные машины дискретного действия – работают с информацией, представленной в дискретной, а точнее, в цифровой форме.

*АВМ* – *аналоговые вычислительные машины*, или вычислительные машины непрерывного действия, работают с информацией, представлен-

ной в непрерывной (аналоговой) форме, то есть в виде непрерывного ряда значений какой-либо физической величины (чаще всего электрического напряжения).

АВМ весьма просты и удобны в эксплуатации; программирование задач для решения их на этих машинах, как правило, не трудоемкое. Скорость решения задач изменяется по желанию оператора и может быть сделана сколь угодно большой (больше чем у ЦВМ), но точность решения задач очень низкая (относительная погрешность до 2–5 %). На АВМ эффективно решаются математические задачи, содержащие дифференциальные уравнения и не требующие сложной логики.

*ГВМ – гибридные вычислительные машины*, или вычислительные машины комбинированного действия – работают с информацией, представленной и в цифровой, и в аналоговой форме; они совмещают в себе достоинства АВМ и ЦВМ. ГВМ целесообразно использовать для решения задач управления сложными быстродействующими техническими комплексами.

В экономике (и в науке, и технике) получили подавляюще широкое распространение ЦВМ с электрическим представлением дискретной информации – электронные цифровые вычислительные машины, обычно называемые просто *электронными вычислительными машинами* (ЭВМ), без упоминания об их цифровом характере.

# Классификация ЭВМ по этапам создания и элементной базе

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

1-е поколение, 50-е гг.: ЭВМ на электронных вакуумных лампах;

2-е поколение, 60-е гг.: ЭВМ на дискретных полупроводниковых приборах (транзисторах);

3-е поколение, 70-е гг.: компьютеры на полупроводниковых интегральных схемах с малой и средней степенью интеграции (сотни–тысячи транзисторов в одном корпусе).

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

5-е поколение, настоящее время: компьютеры с многими десятками параллельно работающих микропроцессоров, позволяющих строить эффективные системы обработки знаний; компьютеры на сверхсложных микропроцессорах с параллельно-векторной структурой, одновременно выполняющих десятки последовательных инструкций программы;

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

Развитие вычислительной техники в современном периоде принято рассматривать с точки зрения смены поколений компьютеров, вызванной переходом на новую элементную базу.

**Нулевое поколение компьютеров.** Элементная база – электромеханическое реле. В 1944 г. американский инженер Говард Эйкен при поддержке фирмы IBM сконструировал компьютер, названный «Марк-1».

Однако электромеханические реле работают весьма медленно и недостаточно надежно. Поэтому группа американских специалистов начала конструировать компьютер на основе электронных вакуумных ламп.

**Первое поколение компьютеров.** Элементная база – электронные лампы. В 1946 г. американские ученые Джон Мокли и Преспер Эккерт сконструировали компьютер, названный ЭНИАК (электронный вычислительный интегратор и калькулятор). По сравнению с «Марк-1» скорость работы увеличилась в 1 000 раз. Однако обнаружилось, что большую часть времени этот компьютер простаивал – ведь для задания метода расчетов (программы) в этом компьютере приходилось в течение нескольких часов или даже нескольких дней подсоединять нужным образом провода. А сам расчет после этого мог занять всего лишь несколько минут или даже секунд.

Чтобы упростить и убыстрить процесс задания программ, Мокли и Эккерт стали конструировать новый компьютер, который мог бы *хранить программу в своей памяти*. К этой работе был привлечен американский математик Джон фон Нейман, который разработал общие принципы функционирования и элементы архитектуры компьютеров, как универсальных вычислительных устройств, которые получили название *принципы фон Неймана*.

Компьютер, согласно принципам фон Неймана (рис. 2.3), должен иметь следующие устройства:

- арифметико-логическое устройство (АЛУ), выполняющее арифметические и логические операции;
- устройство управления (УУ), которое синхронизирует работу всего компьютера;
- память для хранения программ и данных;
- внешние устройства (ВУ) для ввода-вывода информации.

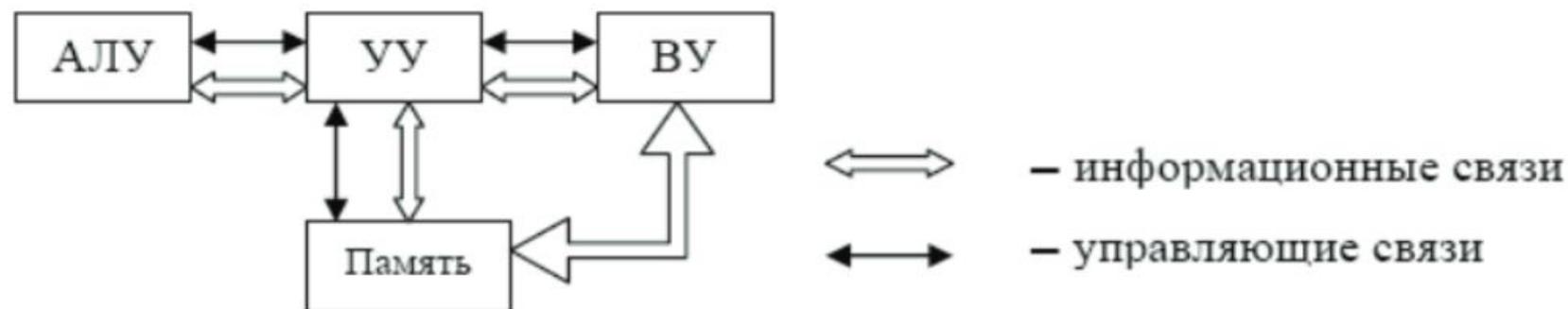


Рис. 2.3. Структурная схема компьютера

АЛУ и УУ объединены в единое устройство – процессор (центрально обрабатывающее устройство).

Память компьютера состоит из ячеек, каждая из которых имеет свой уникальный адрес. Каждая ячейка хранит команду программы или единицу обрабатываемой информации.

В любой момент процессор выполняет одну команду программы, адрес которой находится в специальном регистре процессора – счетчике команд.

Информация в процессор поступает из памяти или от внешнего устройства.

В каждой команде программы зашифрованы следующие предписания: из каких ячеек взять обрабатываемую информацию; какие операции совершить с этой информацией; в какие ячейки памяти направить результат; как изменить содержимое счетчика команд, чтобы знать, откуда взять следующую команду для выполнения.

Процессор выполняет программу команду за командой в соответствии с изменением счетчика команд до тех пор, пока не получит команду остановиться.

В дальнейшем *архитектура фон Неймана* незначительно изменялась и дополнялась, но исходные принципы управления работой компьютера с помощью хранящихся в памяти программ остались нетронутыми. Подавляющее большинство современных компьютеров построено именно по архитектуре фон Неймана.

В 1951 г. был создан первый компьютер, предназначенный для коммерческого использования, – УНИВАК (универсальный автоматический компьютер), в котором были реализованы все принципы архитектуры фон Неймана.

Работа по созданию вычислительных машин велась и в СССР. Так, в 1950 г. под руководством академика С. А. Лебедева была разработана МЭСМ (малая электронная счетная машина).

В компьютерах этого поколения использовался *машинный язык* – способ записи программ (команды в виде двоичных кодов), допускающий их непосредственное исполнение на компьютере. Для каждого компьютера существовал свой собственный машинный язык, что ограничивало область применения компьютеров.

Компьютеры второго поколения имели невысокую производительность: до нескольких тысяч операций в секунду. Область применения была ограничена.

Электронные лампы выделяли большое количество тепла, поглощали много электроэнергии, были громоздкими, дорогими и ненадежными. В 1948 г. был изобретен транзистор. Транзисторы выполняли те же функции, что и электронные лампы, но использовали электрические свойства полупроводников.

Второе поколение компьютеров. Элементная база – транзисторы. В то же время появляются новые устройства для организации памяти компьютеров – *ферритовые сердечники*. С изобретением транзистора и использованием новых технологий хранения данных в памяти появилась возможность значительно уменьшить размеры компьютеров, сделать их более надежными и быстрыми.

В 1954 г. началось серийное производство транзисторов, а в 1956 г. ученые Массачусетского технологического института создали первый полностью построенный на транзисторах компьютер.

Машинный язык, применявшийся во втором поколении компьютеров, был крайне неудобен для восприятия человеком. Для преодоления этих неудобств был придуман язык *ассемблер*. После ввода программы ассемблер сам заменяет символические имена на адреса памяти, а символические коды команд на числовые. Использование ассемблера сделало процесс написания программ более наглядным.

К 1965 г. большая часть крупных компаний обрабатывала финансовую информацию с помощью компьютеров.

Вскоре появилась потребность в более естественных языках, которые бы упрощали процесс программирования. Подобные языки программирования получили названия языков высокого уровня. Для их использования необходимо иметь компилятор (или интерпретатор), то есть программу, которая преобразует операторы языка в машинный язык.

Одним из первых языков программирования стал язык Фортран, который предназначался для математических алгоритмов. Затем появился Кобол, который предназначался для обработки финансово-экономических данных.

С третьим поколением компьютеров началось развитие индустрии программного обеспечения.

В целом, данный период развития вычислительной техники характеризуется применением для создания компьютеров транзисторов и памяти на ферритовых сердечниках, увеличением быстродействия компьютеров до нескольких сотен тысяч операций в секунду, возникновением новых технологий программирования, языков программирования высокого уровня, операционных систем.

После появления транзисторов наиболее трудоемкой операцией при производстве компьютеров было соединение и спайка транзисторов для создания электронных схем.

В 1959 г. Роберт Нойс изобрел способ, позволяющий создавать на одной пластине кремния транзисторы и все необходимые соединения между ними. Полученные электронные схемы стали называться *интегральными схемами* или *чипами*. Впоследствии Роберт Нойс основал компанию Intel по производству интегральных микросхем. Микросхемы работали значительно быстрее транзисторов и потребляли значительно меньше энергии.

**Третье поколение компьютеров.** Элементная база – интегральные микросхемы. Первые интегральные микросхемы состояли всего из нескольких элементов. Однако, используя полупроводниковую технологию, ученые довольно быстро научились размещать на одной интегральной микросхеме сначала десятки, а затем сотни и больше транзисторных элементов.

В 1964 г. компания IBM выпустила компьютер IBM System 360, построенный на основе интегральных микросхем. Выпуск этих компьютеров можно считать началом массового производства вычислительной техники.

IBM System 360 относится к классу так называемых *мэйнфреймов*. Компания DEC представила модель миникомпьютера PDP-8.

В то же время совершенствовалось программное обеспечение. Появились первые коммерческие операционные системы и новые прикладные программы.

В 1964 г. появился язык программирования Бейсик (BASIC), предназначенный для обучения начинающих программистов. В 1970 году швейцарец Никлус Вирт разработал язык программирования Паскаль. Созданный как язык для обучения, Паскаль оказался очень удобен для решения многих прикладных задач.

Основой для компьютеров этого поколения послужили интегральные микросхемы, что позволило значительно уменьшить стоимость и размеры компьютеров. Началось массовое производство компьютеров. Продолжалось увеличение скорости обработки информации: до одного миллиона операций в секунду. Появились новые внешние устройства. Появились первые коммерческие операционные системы, специально разработанные для них языки программирования высокого уровня.

В 1969 г. компания Intel выпустила еще одно важное для развития вычислительной техники устройство – *микروпроцессор*. Микропроцессор представляет собой интегральную микросхему, аналогичную по своим функциональным возможностям центральному процессору большого компьютера.

В течение следующих десятилетий продолжалось все большее увеличение скорости и интеграции микропроцессоров. Появились сверхбольшие интегральные схемы, включающие сотни тысяч и даже миллионы элементов на один кристалл. Это позволило продолжить уменьшение размеров и стоимости компьютеров и повысить их производительность и надежность.

Практически одновременно с микропроцессорами появились *микрокомпьютеры*, или *персональные компьютеры*. Отличительной особенностью которых стали небольшие размеры и низкая стоимость. Компьютеры перестали быть прерогативой крупных компаний и государственных учреждений, а превратились в товар массового потребления.

Одним из пионеров персональных компьютеров была компания Apple. Ее основатели Стив Джобс и Стив Возняк собрали первую модель персонального компьютера в 1976 году и назвали ее Apple I. В 1977 г. компания Apple представила следующую модель персонального компьютера – Apple II.

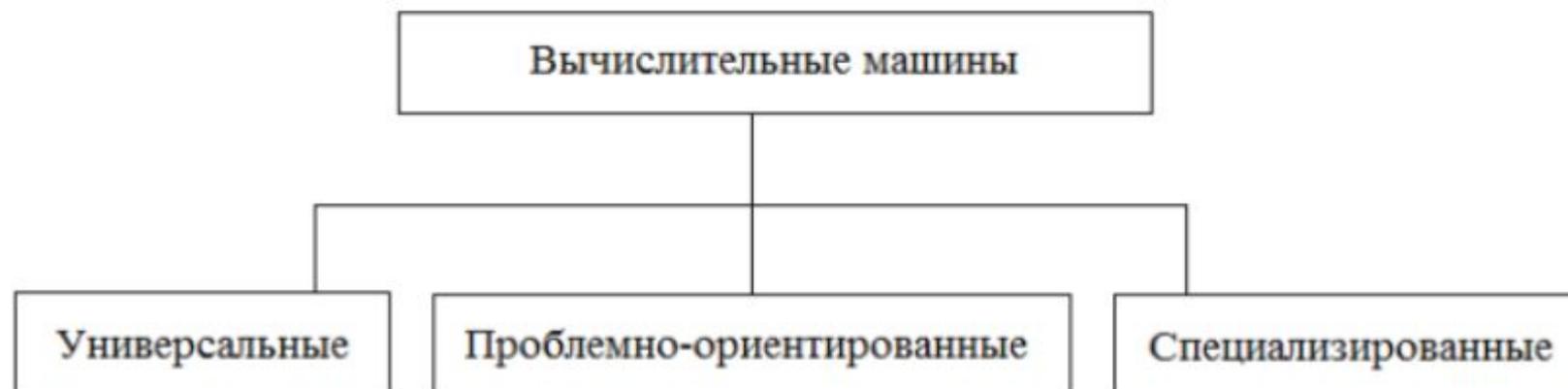
Персональные компьютеры не привлекали крупные компании до 1979 г. В конце 70-х гг. распространение персональных компьютеров даже привело к некоторому снижению спроса на большие и мини-компьютеры. Это стало предметом серьезного беспокойства фирмы IBM – ведущей компанией по производству больших компьютеров и в 1979 г. фирма IBM решила попробовать свои силы на рынке персональных компьютеров. Однако руководство фирмы недооценило будущую важность этого рынка и рассматривало создание персонального компьютера всего лишь как эксперимент. Чтобы не тратить на этот эксперимент слишком много денег, было решено не конструировать персональный компьютер «с нуля», а использовать узлы, изготовленные другими фирмами. В качестве основного микропроцессора компьютера был выбран новейший тогда 16-разрядный микропроцессор Intel-8088. Программное обеспечение было поручено разработать небольшой фирме Microsoft.

В 1981 г. новый компьютер под названием IBM PC (персональный компьютер фирмы IBM) был представлен публике и вскоре приобрел большую популярность у пользователей.

Если бы IBM PC был сделан так же, как другие существовавшие в то время компьютеры, он бы устарел через 2–3 года и о нем бы давно уже забыли. Однако с компьютерами IBM PC получилось по-другому. Фирма IBM не сделала свой компьютер единым неразъемным устройством и не стала защищать его конструкцию патентами. Наоборот, она собрала компьютер из независимо изготовленных узлов и не стала держать в секрете способы их соединения. Напротив, принципы конструкции IBM PC были доступны всем желающим. Это подход, называемый принципом *открытой архитектуры*, обеспечил потрясающий успех компьютеру IBM PC, хотя и лишил фирму IBM возможности единолично пользоваться плодами этого успеха. Перспективность и популярность IBM PC сделало весьма привлекательным производство различных комплектующих и дополнительных устройств для IBM PC. Конкуренция между производителями привела к удешевлению комплектующих и устройств. Очень скоро многие фирмы стали сами собирать компьютеры, совместимые с IBM PC. Поскольку этим фирмам не требовалось нести огромные издержки фирмы IBM, они смогли продавать свои компьютеры значительно дешевле. Пользователи получили возможность самостоятельно модернизировать свои компьютеры. Все это привело к удешевлению IBM PC-совместимых компьютеров и стремительному улучшению их характеристик, и как следствие, к росту их популярности.

## Классификация ЭВМ по назначению

По назначению компьютеры можно разделить на три группы (рис. 2.4): *универсальные (общего назначения), проблемно-ориентированные и специализированные.*



Универсальные компьютеры предназначены для решения самых различных инженерно-технических, экономических, математических, информационных и т. д. задач, отличающихся сложностью алгоритмов и большим объемом обрабатываемых данных. Они широко применяются в вычислительных центрах коллективного пользования и в других мощных вычислительных комплексах.

Характерными чертами универсальных компьютеров являются:

- высокая производительность;
- разнообразие форм обрабатываемых данных: двоичных, десятичных, символьных, при большом диапазоне их изменения и высокой точности их представления;
- обширная номенклатура выполняемых операций, как арифметических, логических, так и специальных;
- большая емкость оперативной памяти;
- развитая организация системы ввода-вывода информации, обеспечивающая подключение разнообразных видов внешних устройств.

Проблемно-ориентированные компьютеры предназначены для решения более узкого круга задач, связанных, как правило, с управлением технологическими объектами, с регистрацией, накоплением и обработкой относительно небольших объемов данных, с выполнением расчетов по относительно несложным алгоритмам; они обладают ограниченными по сравнению с универсальными компьютерами аппаратными и программными ресурсами.

Специализированные компьютеры предназначены для решения определенного узкого круга задач или реализации строго определенной группы функций. Такая узкая ориентация компьютеров позволяет четко специализировать их структуру, существенно снизить их сложность и стоимость при сохранении высокой производительности и надежности их работы.

К специализированным компьютерам можно отнести, например, программируемые микропроцессоры специального назначения, адаптеры и контроллеры, выполняющие логические функции управления отдельными несложными техническими устройствами, агрегатами и процессами, устройства согласования и сопряжения работы узлов вычислительных систем.

# Классификация ЭВМ по размерам и вычислительной мощности

По размерам и вычислительной мощности компьютеры можно разделить (рис. 2.5) на *сверхбольшие* (суперкомпьютеры, суперЭВМ), *большие*, *малые* и *сверхмалые* (микрокомпьютеры или микроЭВМ).



*Функциональные возможности* компьютеров обусловлены такими важнейшими технико-эксплуатационными характеристиками, как:

- быстродействие, измеряемое усредненным количеством операций, выполняемых машиной за единицу времени;
- разрядность и формы представления чисел, которыми оперирует компьютер;
- номенклатура, емкость и быстродействие всех запоминающих устройств;
- номенклатура и технико-экономические характеристики внешних устройств хранения, обмена и ввода-вывода информации;
- типы и пропускная способность устройств связи и сопряжения узлов компьютера между собой (тип внутримашинного интерфейса);
- способность компьютера одновременно работать с несколькими пользователями и выполнять параллельно несколько программ (многозадачность);
- типы и технико-эксплуатационные характеристики операционных систем, используемых в машине;
- наличие и функциональные возможности программного обеспечения;
- способность выполнять программы, написанные для других типов компьютеров (программная совместимость с другими типами компьютеров);
- система и структура машинных команд;
- возможность подключения к каналам связи и к вычислительной сети;

- эксплуатационная надежность компьютера;
- коэффициент полезного использования компьютера во времени, определяемый соотношением времени полезной работы и времени профилактики.

Исторически первыми появились большие ЭВМ, элементная база которых прошла путь от электронных ламп до интегральных схем со сверхвысокой степенью интеграции.

Первая большая ЭВМ ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) была создана в 1946 г. Эта машина весила более 30 тонн, имела быстроедействие несколько сотен операций в секунду, оперативную память емкостью 20 чисел, занимала зал площадью около 150 м<sup>2</sup>.

Производительность больших компьютеров оказалась недостаточной для ряда задач (прогнозирование метеообстановки, управления сложными оборонными комплексами, биологических исследований, моделирования экологических систем и др.). Это явилось предпосылкой для разработки и создания суперкомпьютеров, самых мощных вычислительных систем, интенсивно развивающихся и в настоящее время. Появление в 70-х гг. малых компьютеров обусловлено, с одной стороны, прогрессом в области электронной элементной базы, а с другой – избыточностью ресурсов больших ЭВМ для ряда приложений. Малые компьютеры используются чаще всего для управления технологическими процессами. Они более компактны и существенно дешевле больших компьютеров. Дальнейшие успехи в области элементной базы и архитектурных решений привели к возникно-

вению *супермини-компьютера* – вычислительной машины, относящейся по архитектуре, размерам и стоимости к классу малых компьютеров, но по производительности сравнимой с большой ЭВМ.

Изобретение в 1969 г. микропроцессора (МП) привело к появлению в 70-х гг. еще одного класса компьютеров – микрокомпьютеров. Именно наличие МП послужило первоначально определяющим признаком микрокомпьютеров. Сейчас микропроцессоры используются во всех без исключения классах компьютеров.

Рассмотрим кратко современное состояние некоторых классов компьютеров.

**Большие компьютеры** за рубежом часто называют *мэйнфреймами* (mainframe);

к ним относят, как правило, компьютеры, имеющие:

высокую производительность не менее 100 MIPS;

большую основную память;

внешнюю память не менее 100 Гбайт;

многопользовательский режим работы (обслуживают одновременно от 16 до 1 000 пользователей).

Основные направления эффективного применения мэйнфреймов – решение научно-технических задач, работа в вычислительных системах с пакетной обработкой информации, работа с большими базами данных, управление вычислительными сетями и их ресурсами. Последнее направление – использование мэйнфреймов в качестве больших серверов вычислительных сетей – часто отмечается специалистами как наиболее актуальное.

Мэйнфреймы часто именуются большими серверами (серверами-мэйнфреймами). В принципе это допустимо, но иногда вносит путаницу в терминологию. Дело в том, что серверы – это многопользовательские компьютеры, используемые в вычислительных сетях. Серверы обычно относят к микрокомпьютерам, но по своим характеристикам мощные серверы можно отнести и к малым компьютерам, и даже к мэйнфреймам, а суперсерверы приближаются к суперкомпьютерам. Сервер – это классификационная группа компьютеров, выделяемая по сфере применения компьютеров, а микрокомпьютеры, малые компьютеры, мэйнфреймы, суперкомпьютеры – это классификационные группы компьютеров, выделяемые по размерам и функциональным возможностям.

Родоначальником современных больших компьютеров, по стандартам которых в последние несколько десятилетий развивались машины этого класса в большинстве стран мира, являются машины фирмы IBM. Модели IBM 360 и IBM 370 с их архитектурой и программным обеспечением взяты за основу и при создании отечественной системы больших машин ЕС ЭВМ.

Зарубежными фирмами *рейтинг мэйнфреймов* определяется по многим показателям, среди них:

- надежность;
- производительность;
- емкость основной и внешней памяти;
- время обращения к основной памяти;
- время доступа и трансфер внешних запоминающих устройств;
- характеристики кэш-памяти;
- количество каналов и эффективность системы ввода-вывода;
- аппаратная и программная совместимость с другими компьютерами;
- поддержка сети и т. д.

**Малые компьютеры (миниЭВМ)** – надежные, недорогие и удобные в эксплуатации компьютеры, обладающие несколько более низкими по сравнению с мэйнфреймами возможностями.

Все модели миникомпьютеров разрабатываются на основе микропроцессорных наборов интегральных микросхем, 32, 64 и 128-разрядных микропроцессоров. Основные их особенности:

- широкий диапазон производительности в конкретных условиях применения;
- аппаратная реализация большинства системных функций ввода-вывода информации;

- простая реализация многопроцессорных и многомашинных систем;
- высокая скорость обработки прерываний;
- возможность работы с форматами данных различной длины.

К достоинствам миникомпьютеров можно отнести:

- специфичную архитектуру с большой модульностью;
- лучшее, чем у мэйнфреймов, соотношение производительность – цена;
- повышенную точность вычислений.

Миникомпьютеры ориентированы на использование в качестве управляющих вычислительных комплексов. Традиционная для подобных комплексов широкая номенклатура периферийных устройств дополняется блоками межпроцессорной связи, благодаря чему обеспечивается реализация вычислительных систем с изменяемой структурой. Наряду с использованием миникомпьютеров для управления технологическими процессами, они успешно применяются для вычислений в многопользовательских вычислительных системах, в системах автоматизированного проектирования, в системах моделирования несложных объектов, в системах искусственного интеллекта.

Родоначальником современных миникомпьютеров можно считать компьютеры PDP-11 фирмы DEC (США), они явились прообразом и наших отечественных миниЭВМ – Системы Малых ЭВМ (СМ ЭВМ): СМ 1, 2, 3, 4, 1400, 1700 и т. д.

**Микрокомпьютеры** весьма многочисленны и разнообразны (рис. 2.6).

Среди них можно выделить несколько подклассов:

- Многопользовательские микрокомпьютеры – это мощные микрокомпьютеры, оборудованные несколькими видеотерминалами и функционирующие в режиме разделения времени, что позволяет эффективно работать на них сразу нескольким пользователям.

- Персональные компьютеры – однопользовательские микрокомпьютеры, удовлетворяющие требованиям общедоступности и универсальности применения.

- Рабочие станции (workstation) представляют собой однопользовательские микрокомпьютеры, часто специализированные для выполнения определенного вида работ (графических, инженерных, издательских и т. д.).

- Серверы (server) – многопользовательские мощные микрокомпьютеры в вычислительных сетях, выделенные для обработки запросов от всех рабочих станций сети.

- Сетевые компьютеры (network computer) – упрощенные микрокомпьютеры, обеспечивающие работу в сети и доступ к сетевым ресурсам, часто специализированные на выполнение определенного вида работ (защита сети от несанкционированного доступа, организация просмотра сетевых ресурсов, электронной почты и т. д.).



**Персональные компьютеры (ПК)** относятся к классу микрокомпьютеров, но ввиду их массовой распространенности заслуживают особого внимания. ПК для удовлетворения требованиям общедоступности и универсальности применения должна обладать такими качествами, как:

- малая стоимость ПК, находящаяся в пределах доступности для индивидуального покупателя;
- автономность эксплуатации без специальных требований к условиям окружающей среды;
- гибкость архитектуры, обеспечивающая ее адаптируемость к разнообразным применениям в сфере управления, науки, образования, в быту;
- дружелюбность операционной системы и прочего программного обеспечения, обуславливающая возможность работы с ней пользователя без специальной профессиональной подготовки;
- высокая надежность работы (более 5000 часов наработки на отказ).

Среди современных ПК в первую очередь следует отметить компьютеры американской фирмы IBM (International Business Machine Corporation).

Широко известны персональные компьютеры, выпускаемые американскими фирмами: Apple (компьютеры Macintosh), Compaq Computer, Hewlett Packard, Dell, DEC (Digital Equipment Corporation), а также фирмами Японии: Toshiba, Matsushita (Panasonic) и Partner.

Наибольшей популярностью в настоящее время пользуются персональные компьютеры фирмы IBM, первые модели которых появились в 1981 г., и их аналоги других фирм; существенно уступают по популярности ПК фирмы Apple (Macintosh), занимающие второе место по распространенности.

В настоящее время мировой парк компьютеров составляет более четверти миллиарда штук, из них около 90 % – это персональные компьютеры (компьютеров типа IBM PC более 80 % всех ПК).

Отечественная промышленность (страны СНГ) выпускала микрокомпьютеры:

- Apple-совместимые – диалоговые, вычислительные комплексы ДВК-1 – ДВК-4 на основе «Электроника МС-1201»; «Электроника 85», «Электроника 32» и т. п.;

- IBM PC-совместимые - ЕС1840-ЕС1842, ЕС1845, ЕС1849, ЕС1861, «Искра 1030», «Истра 4816», «Нейрон И9.66» и т. д.

По **поколениям** персональные компьютеры делятся на ПК:

1-го поколения: используют 8-битовые микропроцессоры;

2-го поколения: используют 16-битовые микропроцессоры;

3-го поколения: используют 32-битовые микропроцессоры;

4-го поколения: используют 64-битовые микропроцессоры.

## Суперкомпьютеры

К суперкомпьютерам относятся мощные многопроцессорные вычислительные машины с быстродействием сотни миллионов – десятки миллиардов операций в секунду.

Создать такие высокопроизводительные компьютеры на одном микропроцессоре (МП) не представляется возможным ввиду ограничения, обусловленного конечным значением скорости распространения электромагнитных волн (300 000 км/с), поскольку время распространения сигнала на расстояние несколько миллиметров (линейный размер стороны МП) при быстродействии 100 миллиардов операций в секунду становится соизмеримым со временем выполнения одной операции. Поэтому суперкомпьютеры создаются в виде высокопараллельных многопроцессорных вычислительных систем (МПВС).

Высокопараллельные МПВС имеют несколько разновидностей.

1. *Магистральные* (конвейерные) МПВС, у которых процессор одновременно выполняет разные операции над последовательным потоком обрабатываемых данных. По принятой классификации такие МПВС относятся к системам с многократным потоком команд и однократным потоком данных (МКОД или MISD – Multiple Instruction Single Data).

2. *Векторные* МПВС, у которых все процессоры одновременно выполняют одну команду над различными данными – однократный поток команд с многократным потоком данных (ОКМД или SIMD – Single Instruction Multiple Data).

3. *Матричные* МПВС, у которых микропроцессор одновременно выполняет разные операции над последовательными потоками обрабатываемых данных – многократный поток команд с многократным потоком данных (МКМД или MIMD – Multiple Instruction Multiple Data).

В суперкомпьютере используются все три варианта архитектуры МПВС:

- структура MIMD в классическом ее варианте (например, в суперкомпьютере BSP фирмы Burroughs);
- параллельно-конвейерная модификация, иначе MMISD, то есть многопроцессорная (Multiple) MISD архитектура (например, в суперкомпьютере «Эльбрус 3»);
- параллельно-векторная модификация, иначе MSIMD, то есть многопроцессорная SIMD архитектура (например, в суперкомпьютере Cray 2).

В настоящее время в мире насчитывается несколько тысяч суперкомпьютеров, начиная от простых офисных Cray EL до мощных Cray 3, Cray 4, Cray YMP C90 фирмы Cray Research, Cyber 205 фирмы Control Data, SX-3 и SX-X компании NEC, VP 2000 компании Fujitsu (обе фирмы японские) X VPP 500 компании Fujitsu Siemens (немецко-японская) и т. д., производительностью несколько десятков тысяч MFLOPS.

Среди лучших суперкомпьютеров можно отметить и отечественные суперкомпьютеры. В сфере производства суперкомпьютеров Россия, пожалуй, впервые, представила собственные оригинальные модели компьютеров (все остальные, включая и ПЭВМ, и малые ЭВМ, и универсальные компьютеры за редким исключением, например ЭВМ «Рута НО», копировали зарубежные решения, и, в первую очередь, разработки фирм США).

В СССР, а позднее в России была разработана и реализуется (сейчас, правда, почти заморожена) государственная программа разработки суперкомпьютеров. В рамках этой программы были спроектированы и выпущены такие суперкомпьютеры, как повторяющая Cray-архитектуру модель «Электроника СС БИС», оригинальные разработки: ЕС 1191, ЕС 1195, ЕС 1191.01, ЕС 1191.10, «Эльбрус».

## **Кластерные суперкомпьютеры**

В настоящее время развивается технология построения больших и суперкомпьютеров на базе кластерных решений. По мнению многих специалистов, на смену отдельным, независимым суперкомпьютерам должны прийти группы высокопроизводительных серверов, объединяемых в кластер.

Удобство построения кластерных ВС заключается в том, что можно гибко регулировать необходимую производительность системы, подключая к кластеру с помощью специальных аппаратных и программных интерфейсов обычные серийные серверы до тех пор, пока не будет получен суперкомпьютер требуемой мощности. Кластеризация позволяет манипулировать группой серверов как одной системой, упрощая управление и повышая надежность.

Важной особенностью кластеров является обеспечение доступа любого сервера к любому блоку как оперативной, так и дисковой памяти. Эта проблема успешно решается, например, объединением систем SMP-архитектуры на базе автономных серверов для организации общего поля оперативной памяти и использованием дисковых систем RAID для памяти внешней (SMP – Shared Memory multiprocessing, технология мультипроцессирования с разделением памяти).

Программное обеспечение для кластерных систем уже выпускается. Примером может служить компонент Cluster Server операционной системы MS Windows. Этот компонент, более известный под кодовым названием Wolfpack, обеспечивает как функции управления кластером, так и функции диагностирования сбоев и восстановления (Wolfpack определяет сбой программы или отказ сервера и автоматически переключает поток вычислений на другие работоспособные серверы).

Все фирмы отмечают существенное снижение стоимости кластерных систем по сравнению с локальными суперкомпьютерами, обеспечивающими ту же производительность.

Основные достоинства кластерных суперкомпьютерных систем:

- высокая суммарная производительность;
- высокая надежность работы системы;
- наилучшее соотношение производительность – стоимость;
- возможность динамического перераспределения нагрузок между серверами;
- легкая масштабируемость, то есть наращивание вычислительной мощности путем подключения дополнительных серверов;
- удобство управления и контроля работы системы.

## **Перспективы развития вычислительных средств**

Появление новых поколений ЭВМ обусловлено расширением сферы их применения, требующей более производительной, дешевой и надежной вычислительной техники. В настоящее время стремление к реализации новых потребительских свойств ЭВМ стимулирует работы по созданию машин пятого и последующего поколений. Вычислительные средства пятого поколения, кроме более высокой производительности и надежности при более низкой стоимости, обеспечиваемых новейшими электронными технологиями, должны удовлетворять качественно новым *функциональным требованиям*:

- работать с базами знаний в различных предметных областях и организовывать на их основе системы искусственного интеллекта;
- обеспечивать простоту применения ЭВМ путем реализации эффективных систем ввода-вывода информации голосом, диалоговой обработки информации с использованием естественных языков, устройств распознавания речи и изображения;
- упрощать процесс создания программных средств путем автоматизации синтеза программ.

В настоящее время ведутся интенсивные работы как по созданию ЭВМ пятого поколения традиционной (неймановской) архитектуры, так и по созданию и апробации перспективных архитектур и схемотехнических

решений. На формальном и прикладном уровнях исследуются архитектуры на основе параллельных абстрактных вычислителей (матричные и клеточные процессоры, систолические структуры, однородные вычислительные структуры, нейронные сети и др.) Развитие вычислительной техники с высоким параллелизмом во многом определяется элементной базой, степенью развития параллельного программного обеспечения и методологией распараллеливания алгоритмов решаемых задач.

Проблема создания эффективных систем *параллельного программирования*, ориентированных на высокоуровневое распараллеливание алгоритмов вычисления и обработки данных, представляется достаточно сложной и предполагает дифференцированный подход с учетом сложности распараллеливания и необходимости синхронизации процессов во времени.

Наряду с развитием архитектурных и системотехнических решений ведутся работы по совершенствованию *технологий производства интегральных схем* и по созданию принципиально новых *элементных баз*, основанных на оптоэлектронных и оптических принципах.

В плане создания принципиально новых архитектур вычислительных средств большое внимание уделяется проектам *нейрокомпьютеров*, базирующихся на понятии нейронной сети (структуры на формальных нейронах), моделирующей основные свойства реальных нейронов. В случае применения био- или оптоэлементов могут быть созданы соответственно *биологические* или *оптические* нейрокомпьютеры. Многие исследователи считают, что в следующем веке нейрокомпьютеры в значительной степени вытеснят современные ЭВМ, используемые для решения трудно формализуемых задач. Последние достижения в микроэлектронике и разработка элементной базы на основе биотехнологий дают возможность прогнозировать создание биокомпьютеров.

Важным направлением развития вычислительных средств пятого и последующих поколений является *интеллектуализация ЭВМ*, связанная с наделением ее элементами интеллекта, интеллектуализацией интерфейса с пользователем и др. Работа в данном направлении, затрагивая, в первую очередь, программное обеспечение, потребует и создания ЭВМ определенной архитектуры, используемых в системах управления базами знаний, – *компьютеров баз знаний*, а так же других подклассов ЭВМ. При этом ЭВМ должна обладать способностью к обучению, производить ассоциативную обработку информации и вести интеллектуальный диалог при решении конкретных задач.

