

Основы организации микропроцессорных систем

Основные понятия

Микропроцессор (МП) - функционально-завершенное, универсальное программно-управляемое устройство цифровой обработки данных, выполненное в виде одной или нескольких микропроцессорных БИС.

Микропроцессорные системы (МПС) - цифровые устройства или системы обработки данных, контроля и управления, построенные на базе одного или нескольких МП.

Микропроцессорный комплект ИС - совокупность микропроцессорных и других ИС, совместимых по архитектуре, конструктивному исполнению и электрическим параметрам и обеспечивающих возможность совместного применения.

Микропроцессорный набор - совокупность микропроцессорных и других ИС микропроцессорного комплекта, номенклатура и количество которых необходимы и достаточны для построения конкретного изделия вычислительной или управляющей техники.

Что такое микропроцессор?

Микропроцессор — это тот узел, блок, который производит всю обработку информации внутри микропроцессорной системы. Остальные узлы выполняют всего лишь вспомогательные функции: хранение информации, связи с внешними устройствами, связи с пользователем и т. д.

Все свои операции процессор выполняет **последовательно**, то есть одну за другой, по очереди.

Микропроцессор работает под управлением программы. Программа представляет собой набор команд (инструкций), то есть цифровых кодов, расшифровав которые, процессор узнает, что ему надо делать.

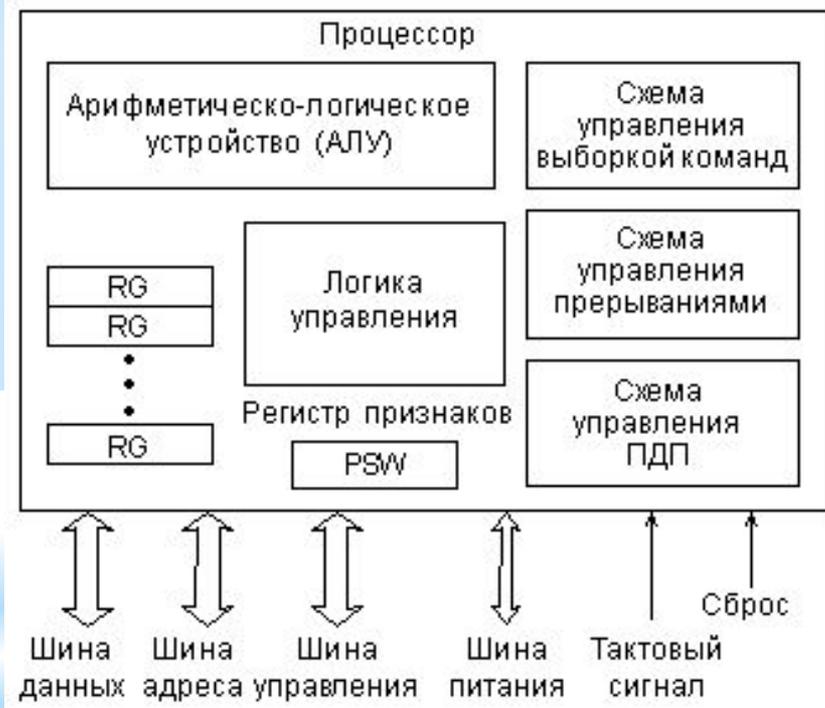
Все команды, которые может выполнить процессор, образуют *систему команд процессора*. Структура и объем системы команд процессора определяют эффективность и удобство программирования, а также возможность использования существующего программного обеспечения.

Классификация микропроцессорных систем

Сформировалось несколько типов микропроцессорных систем, различающихся мощностью, универсальностью, быстродействием и структурными отличиями. Основные типы следующие:

- ✓ **микроконтроллеры** — наиболее простой тип микропроцессорных систем, в которых все или большинство узлов системы выполнены в виде одной микросхемы;
- ✓ **Промышленные контроллеры** — управляющие микропроцессорные системы, выполненные в виде отдельных модулей;
- ✓ **Компьютеры** (в том числе персональные) — наиболее универсальные микропроцессорные системы широкого применения.
- ✓ **Промышленные компьютеры** – одноплатные, модульные, встраиваемые либо стоечные конструкции, предназначенные для работы в составе АСУ ТП и и других технологических комплексов. Имеют повышенную надёжность и способность работать в сложных климатических условиях и агрессивных средах.
- ✓ **Суперкомпьютеры** - самые мощные компьютеры, реализующие параллельную обработку данных путём использования большого количества микропроцессоров.

Структура типового микропроцессора



Внутренняя структура микропроцессора

Схема управления выборкой команд выполняет чтение команд из памяти и их дешифрацию.

Арифметико-логическое устройство (или АЛУ, ALU) предназначено для обработки информации в соответствии с полученной процессором командой.

Регистры процессора представляют собой по сути ячейки очень быстрой памяти и служат для временного хранения различных кодов: данных, адресов, служебных кодов.

Регистр признаков (регистр состояния) также является внутренним регистром процессора. Содержащаяся в нем информация — это не данные, не адрес, а слово состояния процессора (PSW — Processor Status Word). Каждый бит этого слова (флаг) содержит информацию о результате предыдущей команды.

Схема управления прерываниями обрабатывает поступающий на процессор запрос прерывания, определяет адрес начала программы обработки прерывания (адрес вектора прерывания), обеспечивает переход к этой программе, и по её выполнении обеспечивает возврат к прерванной программе.

Схема управления прямым доступом к памяти служит для временного отключения процессора от внешних шин и приостановки работы процессора на время предоставления прямого доступа запросившему его устройству.

Логика управления организует взаимодействие всех узлов процессора, перенаправляет данные, синхронизирует работу процессора с внешними сигналами, а также реализует процедуры ввода и вывода информации.

Структура связей подсистем МПС

Обмен данными между всеми узлами МПС ведётся через единую коммуникационную структуру, которая называется системной шиной либо магистралью. Используются два варианта организации магистрали:

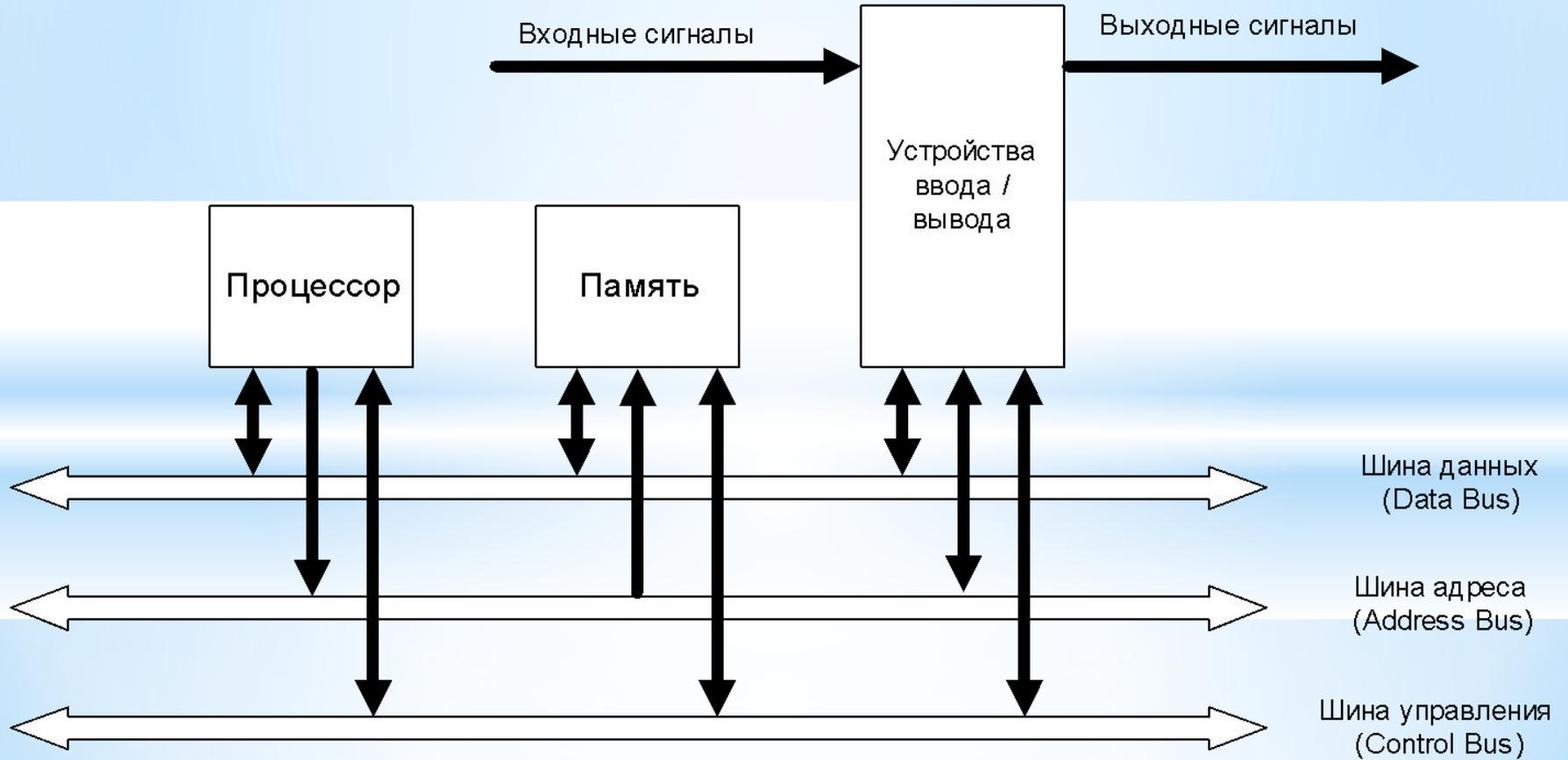
- Магистраль с отдельными группами линий связи, предназначенных для передачи разных видов сигналов. Такие группы линий связи называются шинами. Для создания МПС необходимы четыре вида шин: шины адреса (ША), шины данных (ШД) и шины управления (ШУ).

По шинам адреса процессор передаёт в память и порты ввода/вывода двоичный код, соответствующий номеру ячейки или регистра, к которому они обращаются для записи или чтения информации (этот код называется адресом. Причём количество линий, по которым передаётся адрес называется разрядностью шины адреса. Очевидно, что чем выше разрядность шины адреса, тем больший объём памяти может быть использован в МПС. Поскольку адрес в МПС на шину выставляет только активное устройство (как правило, это процессор), шина адреса делается однонаправленной.

По шинам данных в МПС передаются данные. Разрядность шины данных как правило кратна 8 (байту) и может равняться 8, 16, 32 и даже 64. По разрядности шины данных определяется и такой важный параметр микропроцессоров и микроконтроллеров, как его разрядность. Чем выше разрядность микроконтроллера, тем, как правило, выше его быстродействие и вычислительные возможности. И, поскольку данные могут передаваться как в процессор (чтение данных из памяти и ввод данных из внешних устройств), так и из него, (запись в память и вывод данных), то шины данных должны быть двунаправленными.

- Мультиплексированная магистраль. С целью сокращения количества линий связи в магистрали МПС организуется т. н. мультиплексированные шины. При этом, одни и те же линии связи используются то как линии шины адреса, то как шины данных. Очевидно, что при этом разрядности шин адреса и данных должны быть одинаковыми. Это неудобство устраняется приёмом добавления к мультиплексированной шине адреса данных (ШАД) дополнительных немultipлексированных линий, позволяющих увеличить разрядность шины адреса и увеличить, таким образом, максимальный объём памяти МПС.

Магистраль с раздельными шинами



Мультиплексированная магистраль

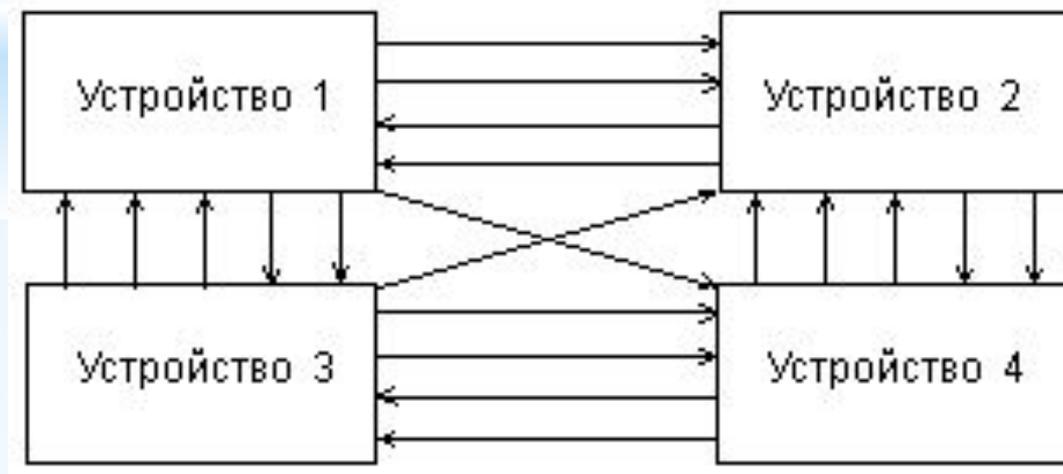


Достоинства и недостатки шинной организации связей в МПС

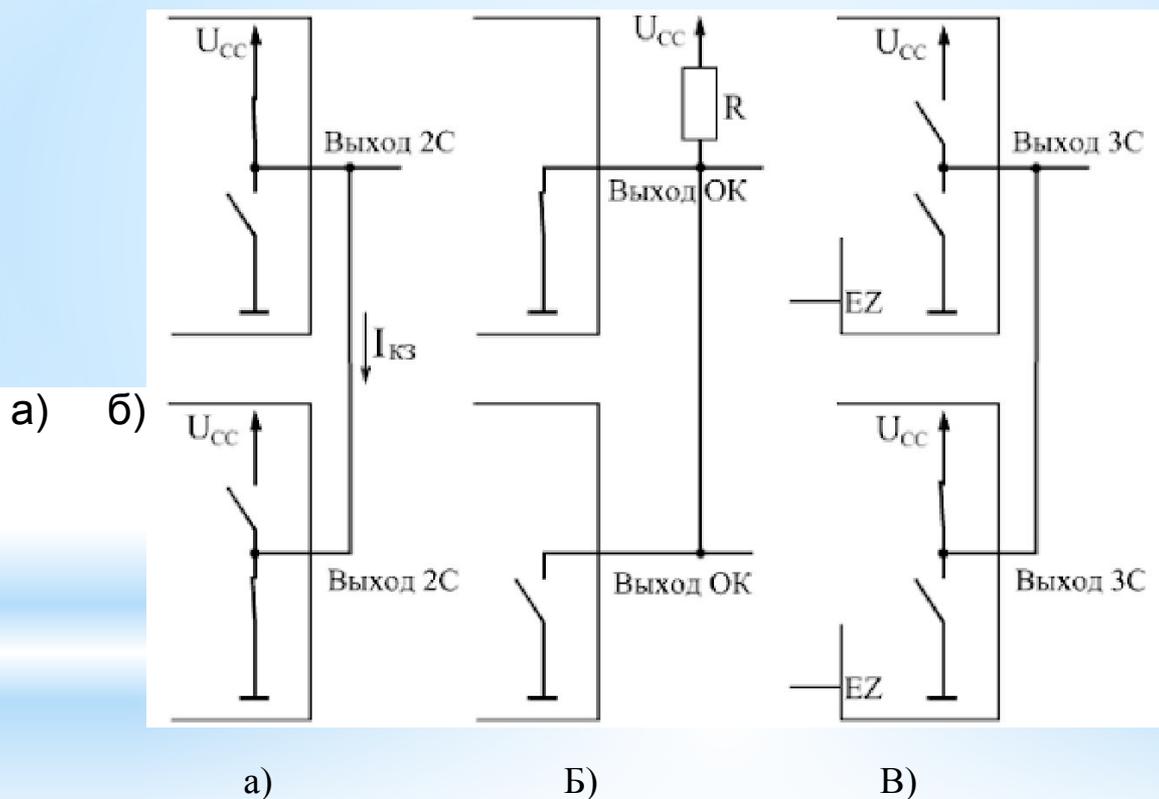
Достоинством шинной организации МПС является то, что все устройства, подключенные к шине, должны принимать и передавать информацию по одним и тем же правилам (протоколам обмена информацией по магистрали).

Недостаток: все устройства подключаются к каждой линии связи параллельно. Поэтому любая неисправность любого устройства может вывести из строя всю систему, если она портит линию связи. Кроме этого, шина является т. н. «узким горлом» системы, т. к. вести обмен через магистраль одновременно могут только два узла.

Альтернативной структурной организации МПС могла бы быть т. н. классическая структура. Которая использовалась при создании первых ЭВМ, При такой организации каждый модуль системы соединялся с каждой отдельной шиной. Однако её избыточность не позволила применить её в микропроцессорных системах и микроконтроллерах.



Способы подключения микросхем к линиям связи шин МПС



Для подключения выходных каскадов микросхем к линиям связи магистралей МПС используются три способа:

- ✓ стандартный выход или выход с двумя состояниями а) ;
- ✓ выход с открытым коллектором б);
- ✓ выход с тремя состояниями или выход с возможностью полного отключения от линии связи в).

Последний способ наиболее предпочтителен, т.к. выходные каскады, работающие на линию связи могут полностью отключиться от линии, переходя в т. н. третье состояние (оба ключа разомкнуты. Таким образом нагрузочная способность шины может быть существенно увеличена.

Функции устройств МПС

Функции процессора

Важнейшие характеристики процессора — это количество разрядов его шины данных, количество разрядов его шины адреса и количество управляющих сигналов в шине управления.

Разрядность шины данных определяет скорость работы системы. Разрядность шины адреса определяет допустимую сложность системы. Количество линий управления определяет разнообразие режимов обмена и эффективность обмена процессора с другими устройствами системы.

Основные функции любого процессора следующие:

- выборка (чтение) выполняемых команд;
- ввод (чтение) данных из памяти или устройства ввода/вывода;
- вывод (запись) данных в память или в устройства ввода/вывода;
- обработка данных (операндов), в том числе арифметические операции над ними;
- адресация памяти, то есть задание адреса памяти, с которым будет производиться обмен;
- обработка прерываний и реализация режима прямого доступа.

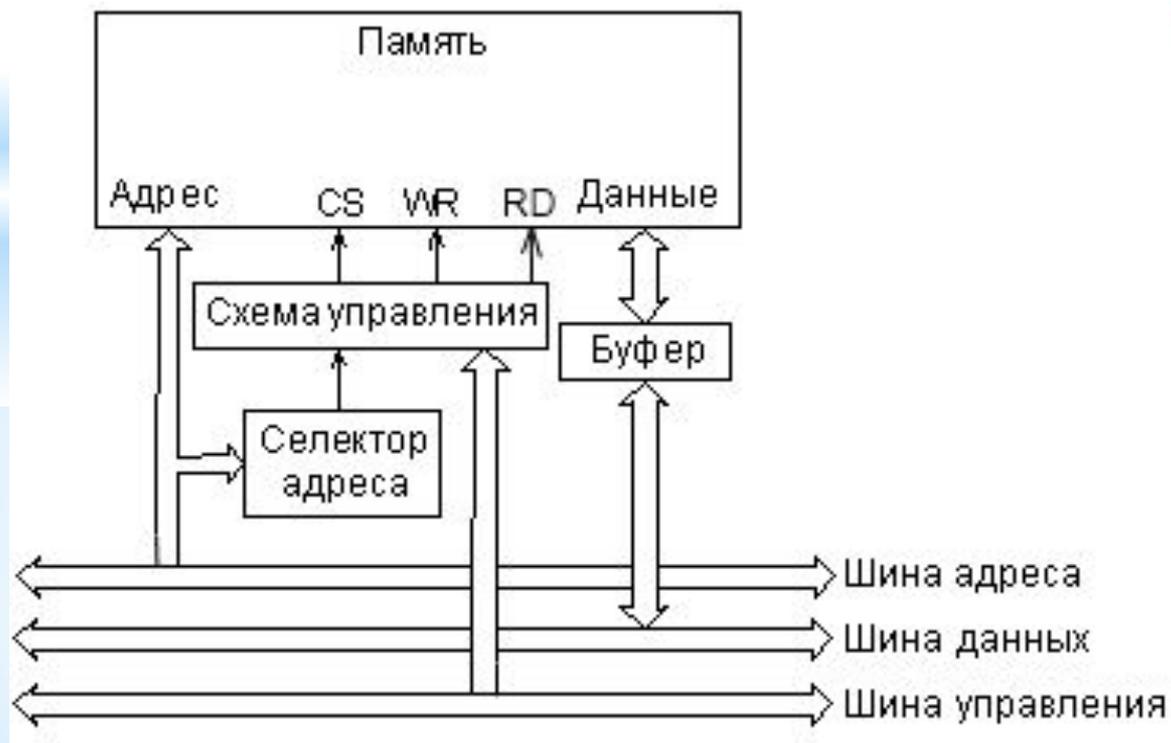
Функции памяти

Память микропроцессорной системы выполняет функцию временного или постоянного хранения данных и команд.

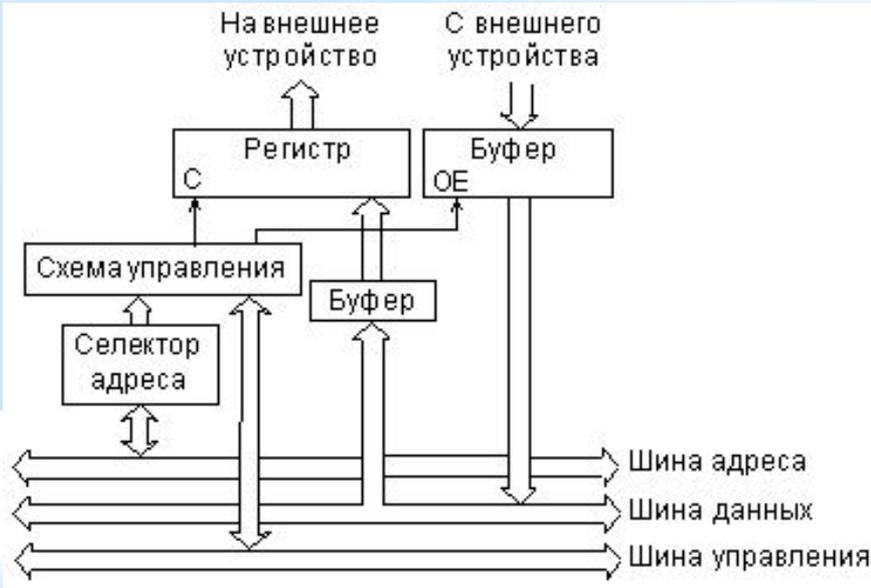
Информация в памяти хранится в ячейках, количество разрядов которых равно количеству разрядов шины данных процессора. Допустимое количество ячеек памяти определяется количеством разрядов шины адреса как 2^N , где N — количество разрядов шины адреса. Например, если память имеет 65 536 ячеек, каждая из которых 16-разрядная, то говорят, что память имеет объем 128 Кбайт: 2^{16} ячеек \times 2 байта = 2^{17} байт = $2^7 \times 2^{10} = 128$ кБ.

Совокупность ячеек памяти называется обычно **пространством памяти** системы.

Для подключения модуля памяти к системной магистрали используются блоки сопряжения, которые включают в себя дешифратор (селектор) адреса, схему обработки управляющих сигналов магистрали и буферы данных.



Функции устройств ввода-вывода



Входной порт (порт ввода) в простейшем случае представляет собой параллельный регистр, в который процессор может записывать информацию. Выходной порт (порт вывода) обычно представляет собой просто однонаправленный буфер, через который процессор может читать информацию от внешнего устройства.

При обращении со стороны магистрали селектор адреса распознает адрес, приписанный данному устройству ввода/вывода. Схема управления выдает внутренние стробы обмена в ответ на магистральные стробы обмена. Входной буфер данных обеспечивает электрическое согласование шины данных с этим устройством (буфер может и отсутствовать). Данные из шины данных записываются в регистр по сигналу **С** и выдаются на внешнее устройство. Выходной буфер данных передает входные данные с внешнего устройства на шину данных магистрали в цикле чтения из порта.

Каждому устройству ввода/вывода отводится свой адрес в адресном пространстве микропроцессорной системы. Дублирование адресов должно быть исключено, за этим должны следить разработчик и пользователь микропроцессорной системы.

Группы устройств ввода/вывода:

- устройства интерфейса пользователя (ввода информации пользователем и вывода информации для пользователя);
- устройства ввода/вывода для длительного хранения информации;
- таймеры

Различия архитектур МПС

По типам используемых систем команд

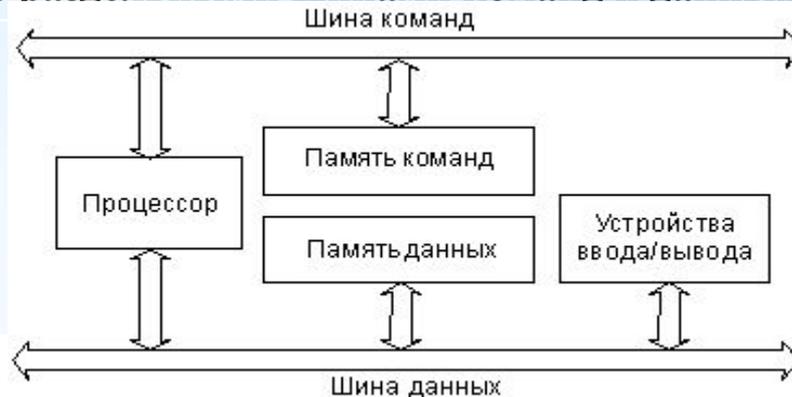
| CISC — Complex Instruction Set Computer (компьютер с полным набором команд) | RISC — Reduced Instruction Set Computer (компьютер с сокращенным набором команд) |
|---|---|
| Полный набор сложных команд разной длины (формата) с использованием многочисленных способов адресации | Сокращенный набор простых команд фиксированной длины (формата) с использованием ограниченного числа способов адресации |
| Выборка команды из памяти осуществляется побайтно в течение нескольких машинных циклов . Время выполнения каждой команды с учетом времени выборки в большинстве случаев составляет от 1 до 10 циклов | Выборка из памяти и исполнение подавляющего большинства команд осуществляются за один машинный цикл . Благодаря этому возможно повышение производительности |
| Требуемая операция выполняется выбором наиболее подходящей команды , что позволяет реализовать эффективные алгоритмы решения различных задач | Сложная операция выполняется как последовательность отдельных команд . Используются более сложные алгоритмы для решения задач |
| CISC-процессоры имеют: небольшое количество регистров общего назначения (обычно 8-16); более сложные схемы управления и структуру в целом | RISC-процессоры имеют: увеличенный объем внутренней регистровой памяти (от десятков до нескольких сотен регистров); более простое схемное решение |

По способу хранения команд и данных

Принстонская архитектура (с общей шиной команд и данных)



Гарвардская архитектура (с отдельными шинами команд и данных)



Данные и программы хранятся в одной (общей) оперативной памяти, что требует усложнения процедур извлечения из памяти операндов и команд.

Для хранения программ (команд) и данных, а также для организации стека используются **отдельные модули памяти** (ПЗУ и ОЗУ). Фиксированный объем памяти, выделенной для команд и данных, не может перераспределяться в соответствии с требованиями решаемой задачи

Команды и данные поступают из памяти в процессор по **общей шине**. Последовательная выборка команд и данных из ОЗУ и передача их по одной шине ограничивает производительность процессора

Команды и данные поступают из памяти в процессор по **раздельным шинам**, что позволяет одновременно с чтением-записью данных при выполнении текущей команды производить выборку и декодирование следующей команды

Принципы Принстонской архитектуры исповедуются фирмами Intel и AMD и реализуются в структуре большинства персональных компьютеров

Широко применяется в структуре большинства современных микроконтроллеров.

Простое схемное решение АЛУ, основанное на использовании микропрограммной реализации команд.

Более **сложное** схемное решение АЛУ, основанное на схемной реализации команд.