Тема 5. Архитектура микропроцессора

Содержание и порядок проведения занятия	Время, мин
ВСТУПИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ	5
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	80
Учебные вопросы:	
1. Типовая архитектура микроконтроллеров.	25
2. Процессы при выполнении команд.	25
3. Параметры микроконтроллеров.	15
4. Примеры применения микроконтроллеров.	15
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ	5

VI. Текст лекции

1.Типовая архитектура микроконтроллеров.

В настоящее время микропроцессоры и микроконтроллеры внедряются практически во все электронные системы, начиная от бытовой техники до сложнейших военных систем управления войсками и оружием. Знание принципов построения и функционирования микропроцессоров и микрроконтроллеров позволяет принимать правильные решения по применению апппаратуры связи в боевых действиях.

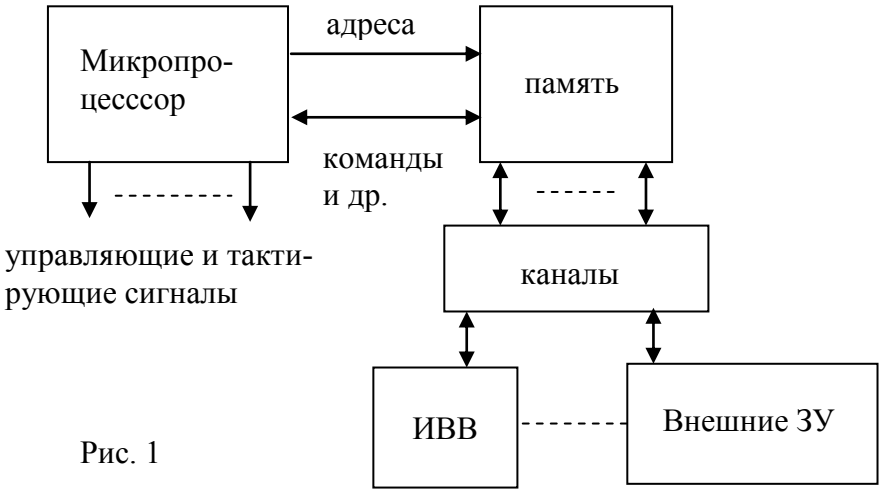


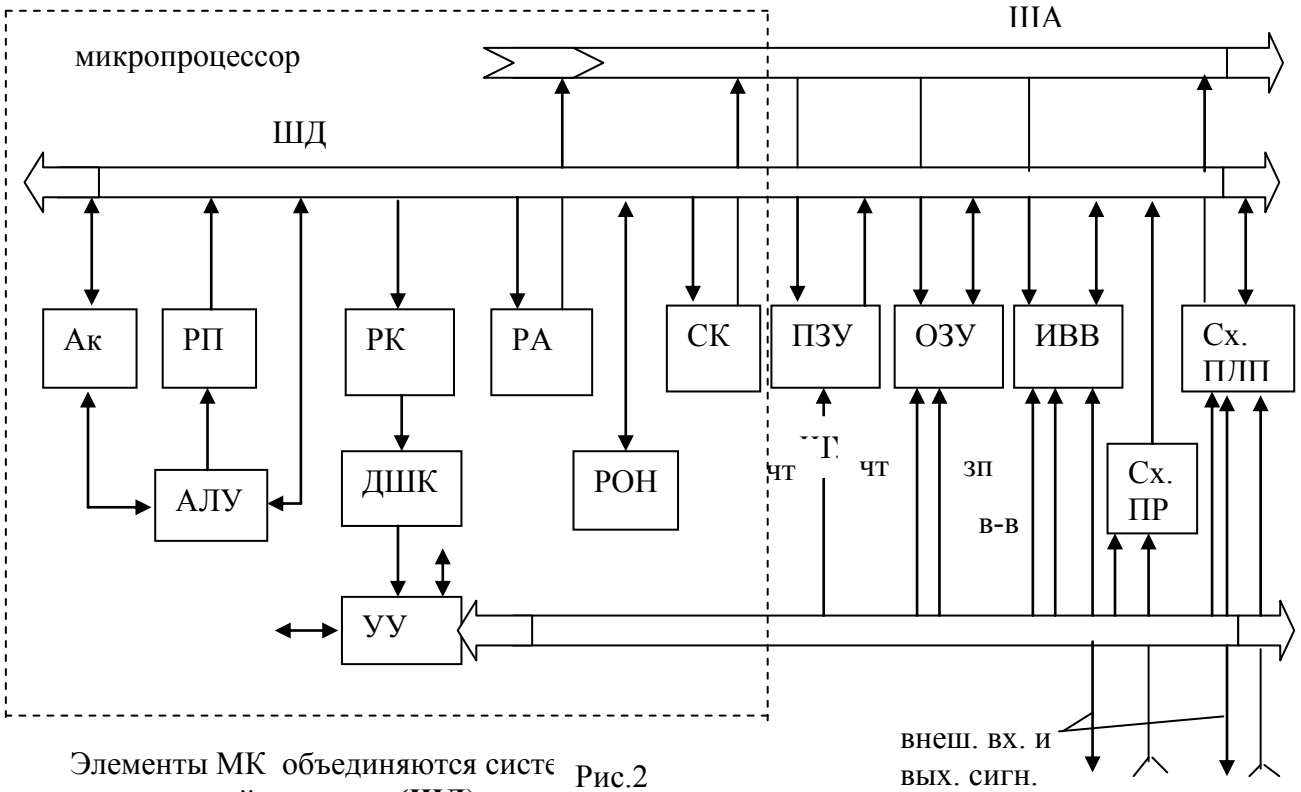
Рис. 1

Главный элемент **микропроцессорного устройства (МПУ)** – это **микропроцессор**. Он обеспечивает извлечение программы из ПЗУ и ее выполнение.

Программа состоит из **команд**, которые хранятся в ПЗУ. ПЗУ включает большое количество **ячеек**. Каждая ячейка имеет свой двоичный **адрес** (номер) и хранит одно **слово**. Команда состоит из 1, 2 или 3 слов и содержит код выполняемой операции (КОП) и адреса исходных данных – операндов. Операнды, а также результат вычислений, могут храниться в ОЗУ. ОЗУ, как и ПЗУ, включает большое число ячеек , каждая из которых имеет свой адрес.

МПУ включает также ИВВ для сопряжения с источниками сигналов и схем нагрузок.

Структурная схема микроконтроллера



Элементы МК объединяются систе Рис.2 редачи команд, операндс

- **шиной данных (ШД**), слу вычислений;
- **шиной адресов (ША**), служащей для передачи адресов команд из МП в ПЗУ, а также адресов операндов (результатов) в ОЗУ;
- **шиной управления (ШУ**), служащей для управления всеми элементами МПУ.

Если все указанные элементы размещаются на одном кристалле (чипе), то такое МПУ называют микроконтроллером.

МП работает циклично, т.е. непрерывно выполняет одни и теже действия, а именно:

- осуществляет выборку команды из ПЗУ;
- выполняет операцию указанную в команде;
- выбирает следующую команду и т.д.

а) Для поочередного извлечения команд из ячеек ПЗУ МП формирует **адреса ячеек.** По мере выполнения программы адреса команд увеличиваются. Последовательное формирование адресов команд выполняет счетчик команд (СчК). При инициации МПУ в СчК заносится адрес ячейки ПЗУ, содержащей первую команду программы. После извлечения первого слова команды из ПЗУ содержимое СчК автоматически увеличивается.

б) Извлеченная из ПЗУ команда хранится в **регистре команд** (РК). Команда может включать адрес операнда, т.е. адрес ячейки ОЗУ, хранящей операнд. Эта часть команды из ПЗУ поступает и храниться в **регистре адреса** (РА). Расшмфровку кода операции выполняет **дешифратор команд** (ДШК). **Устройство управления** (УУ) с помощью управляющих сигналов организует выполнение команд.

в) Непосредственно операции с операндами выполняет **арифметико-логическое устройство** (АЛУ). Вместе с результатом АЛУ формирует признаки результата:

- равенство нулю;
- отрицательный знак;
- переполнение и т.д.

Признаки хранятся в **регистре признаков** (РП).

Для хранения результата операции имеется специальный **регистор – аккумулятор** (АК), который обычно является и источником одного операнда.

г) Кроме этих элементов в состав МП включают несколько **регисторов общего назначения** (РОН). РОНы, как и ОЗУ могут использоваться для хранения операндов.

Достоинство РОН:

- информация из них извлекается очень быстро, т.к. они находятся внутри МП;
- число РОН невелико, их номера кодируются в команде 3-4 битами, поэтому команды получаются короткими, экономится емкость ОЗУ.

2.Процессы при выполнении команд

МК выполняет команды программы одну за другой циклически. Процессы, происходящие в МК при выполнении одной команды, называют **командным циклом** (КЦ). Командный цикл состоит из **машинных циклов** (МЦ). *КЦ∈МЦ1, МЦ2, ...* Главный признак МЦ – это обращение МП к другому элементу МК: к ПЗУ, ОЗУ, ИВВ и т.д. для получения или выдачи информации.

Например: КЦ любой команды включает *МЦ* выборки команды из ПЗУ.

Многие команды включают: МЦ чтения операнда из ОЗУ или МЦ записи результата в ОЗУ. Существуют МЦ ввода данных из ИВВ. МЦ вывода данных в ИВВ, а также другие виды МЦ. Количество МЦ в различных командах может быть разным.

В свою очередь МЦ состоит из **тактов**. (Т). **Такт** – это простейший процесс передачи сигналов от одних элементов МК другим.

Например: МЦ выборки команды включает такт выдачи адреса в ПЗУ и такт приема команды из ПЗУ в РК МП.

Количество тактов в разных *МЦ* также разное. В описании МП указывается из каких *МЦ* состоит каждая команда и какие такты включает каждый *МЦ.*

Рассмотрим наиболее характерные машинные циклы и такты на примерах.

Пример 1. Команда сложения содержимого РОН и регистра-аккумулятора (ADDR).

Исходное состояние МПУ:

В СчК – адрес ячейки ПЗУ - $A_{ПЗУ}$.

В ячейке ПЗУ с адресом $A_{ПЗУ}$ – команда.

В регистре РОН – операнд.

В АК – другой операнд.

Результат записывается в АК.

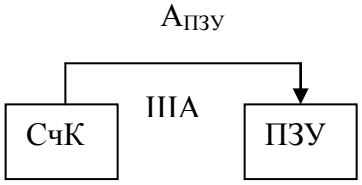
Командный цикл состоит из одного машинного цикла.

МЦ1 – выборка команды. МЦ выполняется за несколько тактов. Так, например, для чтения из ПЗУ необходимо:

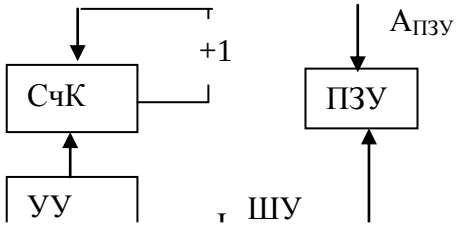
- выбрать ячейку ПЗУ (установить адрес $A_{ПЗУ}$);
- выдать сигнал чтения;
- принять данные из ПЗУ (команду).

Для выполнения команды потребуется еще (один такт) некоторое время.

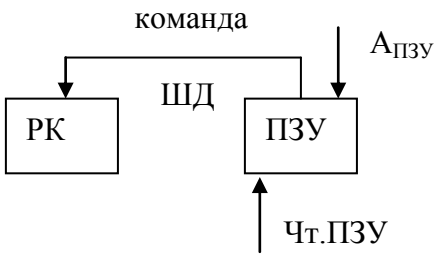
Т1. Выдача адреса Т2. Выдача управляющего сигнала «Чт.ПЗУ».

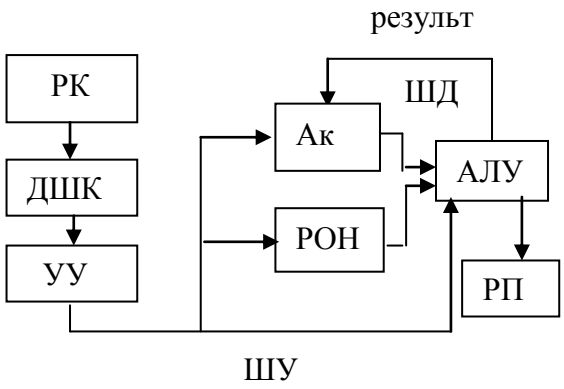


Т3. Прием данных.



Т4. Дешифрование и выполнение команды.





Выводы: 1. Команда, оперирующая содержимым регистров, занимает одну ячейку ПЗУ, извлекается за один МЦ и сразу же выполняется, т.к. операнды хранятся в МП.

1. Команда выполняется за 1 МЦ, 4 такта.

Пример 2. Команда записи содержимого аккумулятора в ОЗУ.

Такая команда содержит адрес ячейки ОЗУ, поэтому состоит из нескольких слов:

- первое слово – код операции (КОП);
- второе (может быть и третье, зависит от разрядности ШД и ША) слово – адрес операнда в ОЗУ ($А_{ОЗУ}$). Будем рассматривать ШД – 8р., ША – 16р.

Исходное состояние МПУ:

- в Ак – операнд, который необходимо записать в ОЗУ,
- в ячейке ПЗУ с адресом $А_{ПЗУ}$ – первое слово команды - КОП;
- в следующей ячейке ПЗУ с адресом $А_{ПЗУ+1}$ – второе слово команды – младший байт адреса ОЗУ (мл. $А_{ОЗУ}$);
- в следующей ячейке ПЗУ с адресом $А_{ПЗУ+2}$ – третье слово команды – старший байт адреса ОЗУ (ст. $А_{ОЗУ}$);
- в СчК – адрес первого слова команды, т.е. $А_{ПЗУ}$.

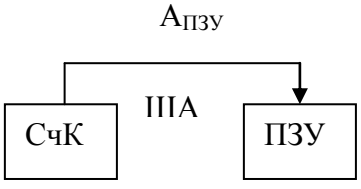
Таким образом МП обращается:

- трижды к ПЗУ (КОП + адрес ячейки ОЗУ);
- один раз к ОЗУ, что соответствует 4МЦ.

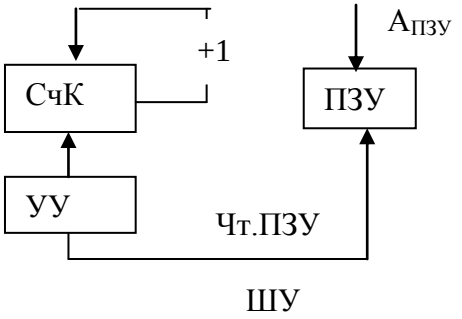
Командный цикл: состоит из 4-х МЦ.

МЦ1- выборка 1-го слова команды (КОП) из ПЗУ.

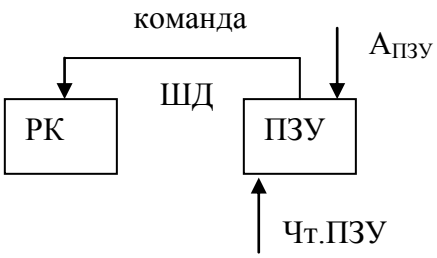
Т1. Выдача адреса



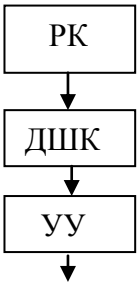
Т2. Выдача управляющего сигнала «Чт.ПЗУ»



Т3. Прием данных (КОП).

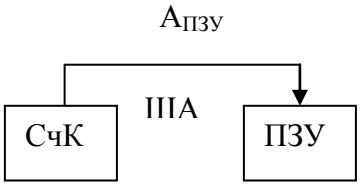


Т4. Дешифрация команды.

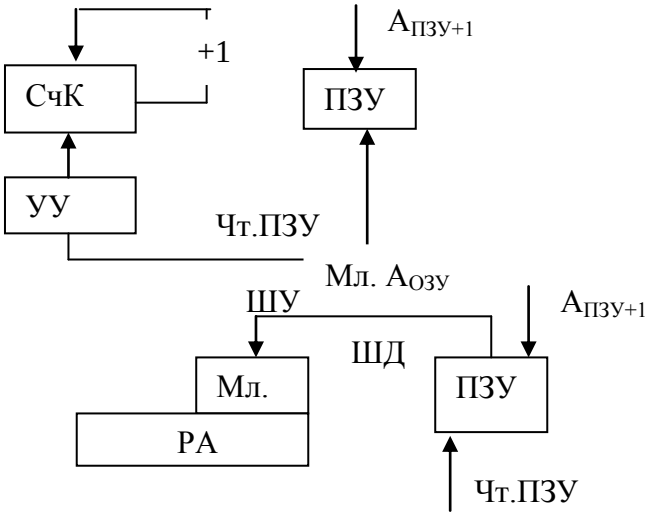


МЦ2 – <u>выборка 2-го слова из ПЗУ (младший байт адреса ОЗУ – мл. $A_{ОЗУ}$)</u>

Т1. Выдача адреса.



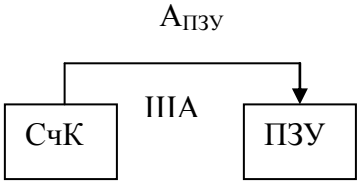
Т2. Выдача управляющего сигнала «Чт.ПЗУ»



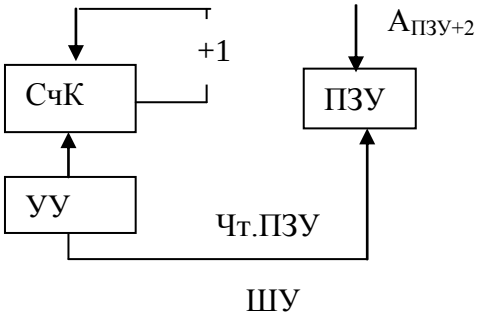
Т3. Прием данных (мл. байт $A_{ОЗУ}$).

МЦ3 – <u>выборка 3-го слова из ПЗУ (старший байт адреса ОЗУ – ст. $A_{ОЗУ}$)</u>

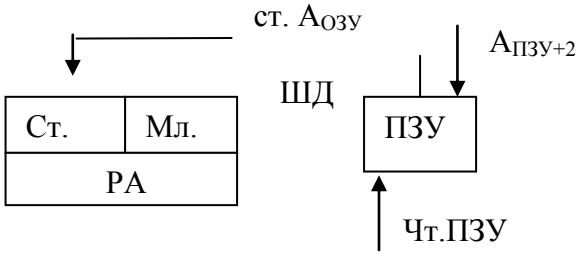
Т1. Выдача адреса.



Т2. Выдача управляющего сигнала «Чт.ПЗУ»

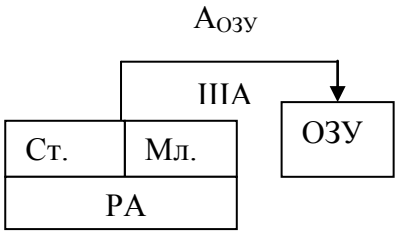


Т3. Прием данных (ст. байт $A_{ОЗУ}$).



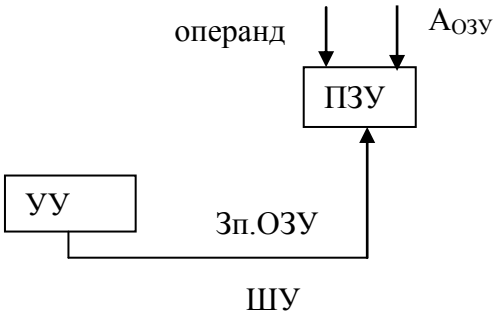
МЦ4 – запись содержимого аккумулятора в ячейку ОЗУ с адресом $A_{ОЗУ}$.

Т1. Выдача адреса.



Т2. Выдача данных.

Т3. Выдача управляющего сигнала «Зп. ОЗУ».



Выводы: Команда, оперирующая содержимым ячейки ОЗУ (при 16-разрядной ША и 8-разрядной ШД), занимает 3 ячейки ПЗУ, извлекается за 3 МЦ. Четвертый машинный цикл служит для записи содержимого аккумулятора в ячейку ОЗУ.

Таким образом, команда выполняется за 4 МЦ, 13 тактов.

Организация ввода-вывода в микроконтроллер.

В простейшем случае ввод-вывод происходит по инициативе МП, когда он выполняет соответствующую команду программы. Однако существуют и другие виды организации ввода-вывода, когда инициатива может принадлежать внешним устройствам.

Программный ввод-вывод.

Программный ввод-вывод может быть **синхронным** и **асинхронным.**

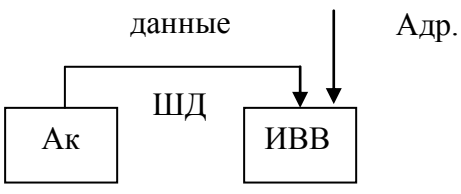
Для организации программного ввода-вывода необходим буферный регистр, который может входить в состав ИВВ, либо быть внешним, например, регистр с параллельной записью кода.

При необходимости таких регистров может быть несколько, поэтому должна быть дешифрация адреса (номера) канала (регистора).

В момент выполнения команды вывода:

Т1. Выдача адреса.

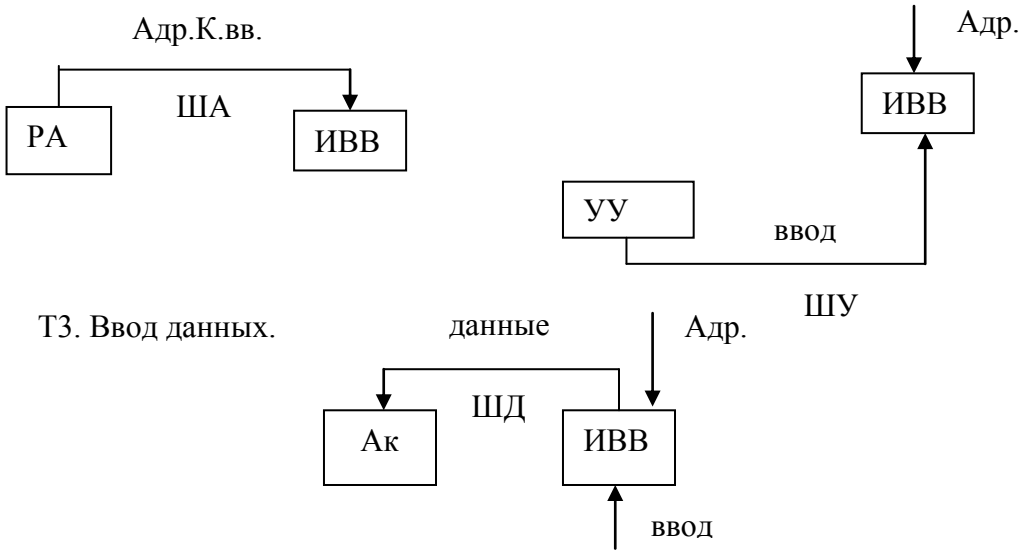
Т2. Выдача данных.



В момент выполнения команды ввода:

Т1. Выдача адреса.

Т2. Выдача управляющего сигнала.



Если гарантии готовности внешних сигналов нет, используется более сложный способ – **синхронный** ввод-вывод. В этом случае, кроме буферного регистра данных, в ИВВ необходимы триггерыдля запоминания состояния буферного регистра. Эти триггеры в общем случае называются регистром состояния (РС).

При выполнении команды ввода сигналов в МПУ ВУ одновременно с записью цифровых сигналов в буферный регистр вводит в РС сигнал «ГОТ». Программа МП предусматривает циклический ввод содержимого РС и проверку наличия сигнала «ГОТ». Если такой сигнал имеется, МП производит ввод данных из буферного регистра, после чего сбрасывает сигнал «ГОТ» и устанавливает сигнал «Подтв.» в РС.

Получив из РС сигнал «Подтв.», ВУ может вводить следующие цифровые сигналы. Такой ввод-вывод называют еще **обменом с квитированием.**

Недостаток программного синхронного ввода-вывода – потеря времени при ожидании сигнала готовности.

Ввод-вывод по прерыванию

В этом случае основная программа МПУ не предусматривает ввода-вывода и поэтому время на ожидание не теряется. Инициатива на обмен исходит от ВУ, которое в нужный ему момент выдает через ИВВ специальный сигнал – запрос прерывания (Зп.Пр.).

Прерыванием называют особый режим МП, когда :

- выполнение текущей программы останавливается;
- промежуточные результаты запоминаются в ОЗУ;
- в СчК вводится адрес первой команды отдельной программы ввода-вывода (программы обработки прерывания).

В конце программы обработки прерывания, т.е. когда ввод-вывод выполнен, нужно предусмотреть восстановление промежуточных результатов прерванной основной программы и возврат к ней.

Для приема сигналов «Зп.Пр.» от ВУ, передачи его к МП, для ввода через ШД в СчК адреса программы прерывания в состав МПУ, включают БИС приоритетных прерываний.

Прямой доступ к памяти

В этом случае данные вводятся в ОЗУ из ВУ непосредственно, минуя МП. БИС ПДП выдает в МП по ШУ сигнал «запрос захвата шин» (З.Зх.). МП отключается от ШД, ША и

линии управления ОЗУ. БИС ПДП берет управление этими линиями на себя и с большой скоростью записывает данные в ячейки ОЗУ (или считывает из них данные).

3. **Параметры микроконтроллеров**

1. ***Информационные характеристики*** :

а) Разрядность слов данных $N_{д.}$ Увеличение $N_д$ позволяет увеличить производительность МК. И уменьшить погрешности (шумы) сигналов.

б) Разрядность адреса N_a . Определяет максимальное количество ячеек (емкость ЗУ). $V_{Зymax} = 2\ N_a$

в)Фактическая емкость ПЗУ - $V_{ПЗУ}$ и ОЗУ – $V_{ОЗУ}$.

г) Количество РОН.

д) Количество типов команд МП.

2. ***Параметры быстродействия***:

а) Время выполнения коротких команд, оперирующих содержимым регистров (команд «регистр-регистр»).

б) Количество команд, выполняемых за 1сек. – величина, обратная ранее рассмотренной.

3. ***Потребляемая мощность.***
4. ***Напряжение логических уровней шин.***
5. ***Вид логики***: ЭСЛ, ТТЛШ, ИИЛ, n-МДП или КМДП.

4. Примеры применения микроконтроллеров

Микроконтроллеры могут выполнять следующие функции:

- генерацию цифровых сигналов различной длительности;
- преобразование цифровых сигналов по логическим законам (функциональное преобразование);
- логическая обработка цифровых сигналов по времени (функционально-временная обработка);

Иногда выполняется одновременно и простейшая обработка аналоговых сигналов:

- генерация пилообразных сигналов;
- нелинейное преобразование.

Алгоритм генерации цифровых сигналов (кодов)

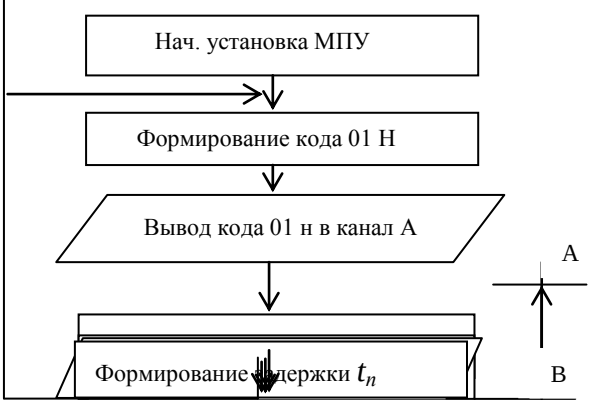
Генерация управляющих сигналов

Генераторы управляющих сигналов предназначены для формирования одной или нескольких последовательностей импульсов с заданными длительностями и взаимным расположением.

Пример. Для переключения РЭА с одного режима на другой в блоки последовательно выдаются импульсы различной длительности.

Простейший случай. Формирование импульса заданной длительности. Необходимо сформировать импульс длительностью t_u с паузой t_n .

Решение задачи



Импульс и пауза формируются программно, выводятся из МПУ через ИВВ цифровых сигналов. Предположим, что в интерфейсе используется БИС с буферным регистром, импульс снимается с линии 0 канала А.

Принцип программного формирования заключается в:

- выдаче кода «1» через линию A_0;
- формирование задержки за счет холостых команд длительностью $t_и$;
- выдаче кода «0» через линию A_0;
- формирование задержки за счет холостых команд длительностью $t_п$.

Так как в интерфейсе вывода сигналы выдаются словами, то для вывода кода «1» в A_0 необходимо сформировать код 0000 0001 = 01Н и выдать в канал А.

Важным блоком алгоритма является формирование задержки *t*.

Для очень малых *t* задержка осуществляется за счет включения нужного количества холостых команд (холостой может быть любая команда, не изменяющая информацию о данной программе).

- Если для реализации задержки требуется более 3-5 холостых команд, задержка реализуется циклическим выполнением нескольких команд, т.е.циклом. формирование задержки за счет холостых команд длительностью $t_и$;