

3.7. Структура микропроцессора

3.7.1. Типовая структура микропроцессора

Типовая структура микропроцессора [1, 3, 7] приведена на рис. 7. Микропроцессор состоит из трех основных блоков: арифметико-логическое устройство (АЛУ), блок внутренних регистров (микропроцессорная память) и устройство управления. Для передачи данных между этими блоками используется внутренняя шина данных.

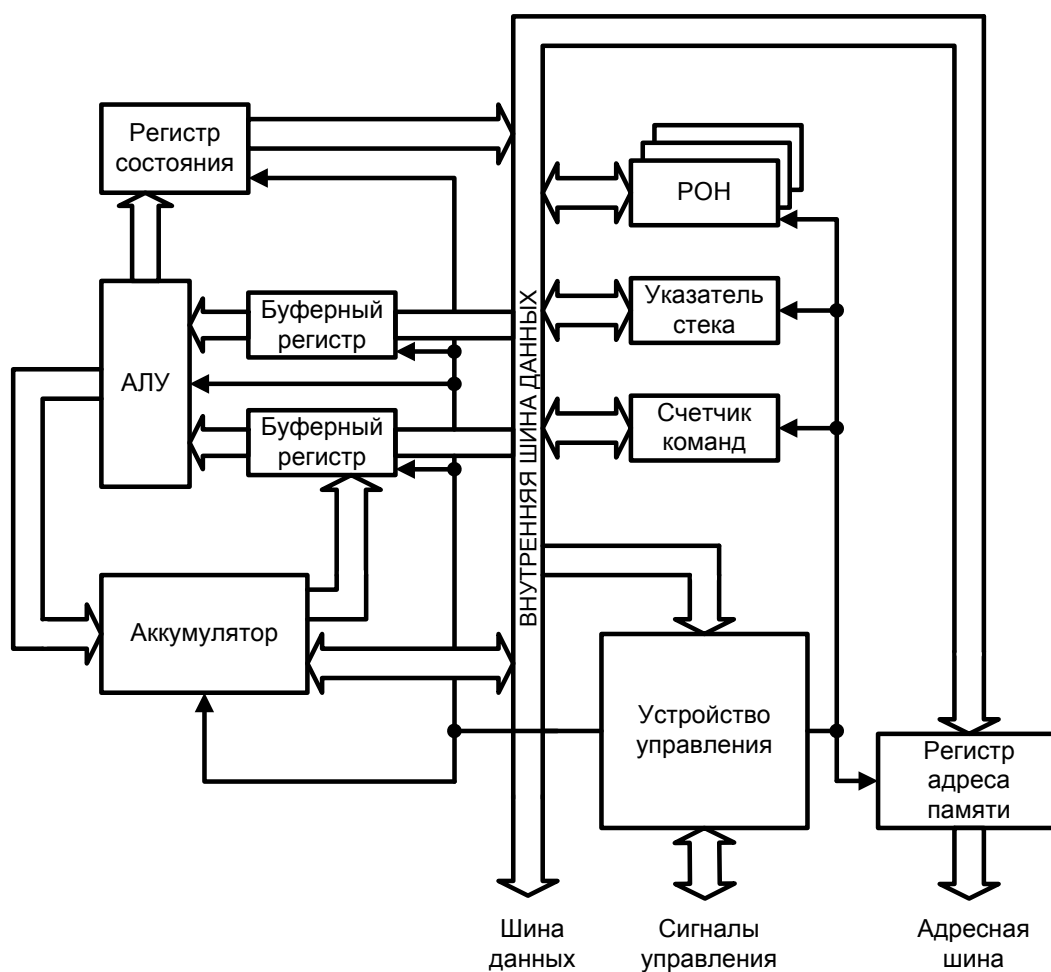


Рис. 7. Типовая структурная схема микропроцессора

Арифметико-логическое устройство выполняет одну из главных функций микропроцессора – обработку данных [7]. Перечень функций АЛУ зависит от типа микропроцессора. Некоторые АЛУ способны вы-

полнять множество различных операций, у других набор операций ограничен. Функции АЛУ определяют архитектуру микропроцессора в целом. Операции, выполняемые АЛУ, большинства микропроцессоров следующие: сложение, вычитание, И, ИЛИ, исключающее ИЛИ, инверсия, сдвиг вправо, сдвиг влево, приращения положительное и отрицательное.

Важная составная часть микропроцессора – регистры. Каждый регистр микропроцессора можно использовать для временного хранения одного слова данных. Некоторые регистры имеют *специальное назначение*, другие – *многоцелевое*. Последние называются регистрами *общего назначения* (РОН) и могут использоваться программистом по его усмотрению. Количество и назначение регистров в микропроцессоре зависят от его архитектуры.

Рассмотрим назначение основных регистров, имеющих почти во всех микропроцессорах.

Аккумулятор – это главный регистр микропроцессора при различных манипуляциях с данными [7]. Большинство арифметических и логических операций осуществляется путем использования АЛУ и аккумулятора. Любая из таких операций над двумя словами данных (операндами) предполагает размещение одного из них в аккумуляторе, а другого в памяти или каком-либо регистре. Так, при сложении двух слов, называемых условно А и В и расположенных в аккумуляторе и памяти соответственно, результирующая сумма С загружается в аккумулятор, замещая слово А. Результат выполнения операции АЛУ тоже обычно размещается в аккумуляторе, содержимое которого при этом теряется.

Операцией другого типа, использующей аккумулятор, является программируемая передача данных из одной части микропроцессора в другую. Например, пересылка данных между портом ввода/вывода и памятью, между двумя областями памяти и т. д. Выполнение операции «программируемая передача данных» осуществляется в два этапа: сначала выполняется пересылка данных из источника в аккумулятор, затем – из аккумулятора в пункт назначения.

Микропроцессор может выполнять некоторые действия над данными непосредственно в аккумуляторе. Например, аккумулятор можно очистить путем записи двоичных нулей во все его разряды, установить в единичное состояние путем записи во все его разряды двоичных единиц. Содержимое аккумулятора можно сдвигать влево или вправо, получать его инвертированное значение, а также выполнять другие операции. Аккумулятор является наиболее универсальным регистром микропроцессора: для выполнения любой операции над данными пре-

жде всего необходимо поместить их в аккумулятор. Данные поступают в него с внутренней шины данных микропроцессора. В свою очередь, аккумулятор может посылать данные на эту шину.

Количество разрядов аккумулятора соответствует длине слова микропроцессора, однако некоторые микропроцессоры имеют аккумуляторы двойной длины. В дополнительные разряды аккумулятора записываются при этом биты, появляющиеся при выполнении некоторых арифметических операций. Например, при умножении двух 8-битовых слов результат (16-битовое число) размещается в аккумуляторе двойной длины.

Счетчик команд – это один из наиболее важных регистров микропроцессора [7]. Как известно, *программа* – это последовательность команд (инструкций), хранимых в памяти микроЭВМ и предназначенных для того, чтобы инструктировать машину, как решать поставленную задачу. Для корректного ее выполнения команды должны поступать в строго определенном порядке. Счетчик команд обеспечивает формирование адреса очередной команды, записанной в памяти.

Когда микропроцессор начинает работать, то по команде начальной установки в счетчик команд загружаются данные из области памяти, заданной проектировщиком микропроцессора. Когда программа начинает выполняться, первым значением содержимого счетчика команд является этот, заранее определенный адрес.

В отличие от аккумулятора счетчик команд не может выполнять операции различного типа. Набор команд, его использующих, крайне ограничен по сравнению с подобным набором для аккумулятора.

Перед выполнением программы счетчик команд необходимо загрузить адресом, указывающим на первую команду программы. Адрес первой команды программы посылается по адресной шине к схемам управления памятью, в результате чего считывается ее содержимое по указанному адресу. Далее эта команда передается в специальный регистр микропроцессора, называемый *регистром команд* [7].

После извлечения команды из памяти микропроцессор автоматически дает приращение содержимому счетчика команд. Это приращение счетчик команд получает в тот момент, когда микропроцессор начинает выполнять команду, только что извлеченную из памяти. Следовательно, с этого момента счетчик команд содержит адрес следующей команды.

Счетчик команд можно загрузить иным содержимым при выполнении особой группы команд. Может возникнуть необходимость выполнить часть программы, которая «выпадает» из последовательности команд основной (главной) программы. Например, такую часть про-

граммы, которая повторяется в процессе выполнения всей программы. Вместо того чтобы писать эту часть программы каждый раз, когда в ней возникает необходимость, ее записывают один раз и возвращаются к ее повторному выполнению, отступая от указанной последовательности. Часть программы, выполняемая путем отступления от последовательности команд главной программы, называется подпрограммой. В данном случае в счетчик команд непосредственно записывается требуемый адрес.

Часто счетчик команд имеет намного больше разрядов, чем длина слова данных микропроцессора. Так, в большинстве 8-разрядных микропроцессоров число разрядов счетчика команд равно 16.

Регистр команд содержит команду в процессе ее дешифрования и выполнения. Входные данные поступают в регистр из памяти по мере последовательной выборки команд. Обычно существует возможность записи данных в регистр команд при помощи набора переключателей и кнопок на пульте управления ЭВМ. Как правило, этой возможностью пользуются для передачи управления в начало программы.

Регистр адреса памяти при каждом обращении к памяти микроЭВМ указывает адрес области памяти, подлежащей использованию микропроцессором. Регистр адреса памяти содержит двоичное число – адрес области памяти. Выход этого регистра называется **адресной шиной** и используется для выбора области памяти или порта ввода/вывода [7].

В течение выборки команды из памяти регистры адреса памяти и счетчика команд имеют одинаковое содержимое, т. е. регистр адреса памяти указывает местоположение команды, извлекаемой из памяти.

После декодирования команды счетчик команд получает приращение в отличие от регистра адреса памяти.

В процессе выполнения команды содержимое регистра адреса памяти зависит от выполняемой команды. Если в соответствии с командой микропроцессор должен произвести еще одно обращение к памяти, то регистр адреса памяти подлежит вторичному использованию в процессе обработки этой команды. Для некоторых команд, например команды очистки аккумулятора, адресация к памяти не требуется. При обработке таких команд регистр адреса памяти используется лишь один раз – в течение выборки команды из памяти.

В большинстве микропроцессоров регистры адреса памяти и счетчика команд имеют одинаковое количество разрядов. Как и счетчик команд, регистр адреса памяти должен располагать количеством разрядов, достаточным для адресации любой области памяти микроЭВМ. У

большинства 8-разрядных микропроцессоров количество разрядов регистра адреса памяти равно 16.

Поскольку регистр адреса памяти подключен к внутренней шине данных микропроцессора, он может загружаться от различных источников. Большинство микропроцессоров располагают командами, позволяющими загружать этот регистр содержимым счетчика команд, регистра общего назначения или какой-либо области памяти. Некоторые команды предоставляют возможность изменять содержимое регистра адреса памяти путем выполнения вычислений: новое значение содержимого этого регистра получается путем сложения или вычитания содержимого счетчика команд с числом, указанным в самой команде. Адресация такого типа называется адресацией с использованием смещения.

Буферный регистр предназначен для временного хранения (буферирования) данных [7].

Регистр состояния предназначен для хранения результатов некоторых проверок, осуществляемых в процессе выполнения программы. Разряды регистра состояний принимают то или иное значение при выполнении операций, использующих АЛУ и некоторые регистры. Запоминание результатов упомянутых проверок позволяет использовать программы, содержащие переходы (нарушения естественной последовательности выполнения команд) [7].

При наличии в программе перехода по заданному признаку выполнение команд начинается с некоторой новой области памяти, т. е. счетчик команд загружается новым числом. В случае условного перехода такое действие имеет место, если результаты определенных проверок совпадают с ожидаемыми значениями. Указанные результаты находятся в регистре состояния. Регистр состояния предоставляет программисту возможность организовать работу микропроцессора так, чтобы при определенных условиях менялся порядок выполнения команд.

Рассмотрим некоторые наиболее часто используемые разряды регистра состояния.

1. Перенос/заем. Данный разряд указывает, что последняя выполненная операция сопровождалась переносом или займом (отрицательным переносом). Значение разряда переноса устанавливается равным 1, если в результате сложения двух чисел имеет место перенос из старшего разряда АЛУ. Отрицательный перенос (заем) фиксируется в регистре состояния при вычитании большего числа из меньшего.

2. Нулевой результат. Принимает единичное значение, если после окончания операции во всех разрядах регистра результата обнаружены

двоичные нули. Установка этого разряда в 1 происходит не только при отрицательном приращении содержимого регистра, но и при любой другой операции, результатом которой – число из двоичных нулей.

3. *Знаковый*. Принимает единичное значение, когда старший значащий бит содержимого регистра, предназначенного для записи результата операции, становится равным 1. При выполнении арифметических операций с числами в дополнительном коде единичное значение старшего значащего бита показывает, что в регистре находится отрицательное число. Многие микропроцессоры располагают дополнительными разрядами состояний. В некоторых предусмотрены специальные команды для сброса или очистки всех разрядов состояния.

Регистры общего назначения (РОН) [7]. Большинство МП имеют в своем составе набор регистров, используемых в качестве запоминающих устройств. Так как АЛУ может совершать операции с содержимым РОН без выхода на внешнюю магистраль адресов и данных, то они происходят много быстрее, чем операции с внешней памятью. Поэтому иногда РОН называют сверхоперативной памятью. Количество РОН и возможность программного доступа к ним у равных микропроцессоров различны.

Указатель стека. *Стек* – это набор регистров микропроцессора или ячеек оперативной памяти, откуда данные или адреса выбираются «сверху» по принципу: первым – поступивший последним. При записи в стек очередного слова все ранее записанные слова смещаются на один регистр вниз. При выборке слова из стека оставшиеся слова перемещаются на один регистр вверх.

Указанные процедуры иллюстрирует рис. 8 [7]. Здесь стек состоит из семи регистров. Если в стек загружается какое-либо слово, например А5, то оно записывается в верхнем регистре, а каждое из слов А1 ... А4 перемещается в соседние нижние регистры. Если же А5 извлекается из стека, то каждое из слов А1 ... А4 перемещается в соседние верхние регистры. Нельзя извлечь А4 раньше А5, т. е. автоматически реализуется отмеченный выше принцип. Стек обычно используется в микропроцессорах для хранения адресов возврата при обращении к подпрограммам, а также для запоминания состояния внутренних регистров при обработке прерываний. При организации стека в памяти время на обращение к нему будет равно циклу обращения к памяти. Эта операция выполняется значительно быстрее, если стек в виде набора регистров входит в состав микропроцессора. Важным параметром в таком случае является число регистров стека. При попытке записать в стек большее количество слов, чем число его регистров, первое слово будет утеряно. В некоторых микропроцессорах при переполнении ре-

гистров стека соответствующие слова записываются в стек памяти. Таким образом, процесс его функционирования напоминает работу с пачкой документов, когда каждый новый документ кладется сверху пачки.

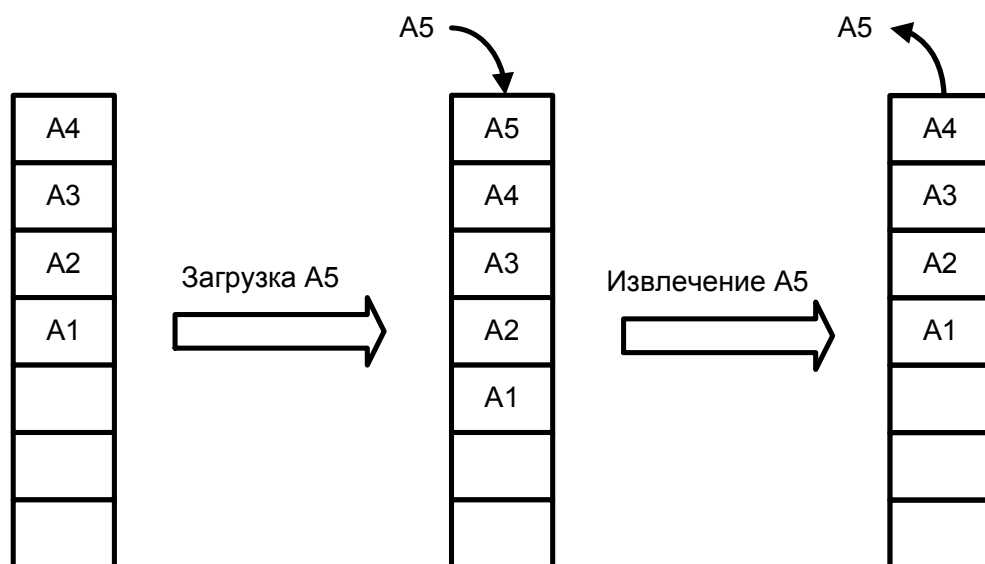


Рис. 8. Принципы работы стека

В приведенном примере при записи в стек новых данных все его содержимое перемещается на один регистр. В реальных МП такой способ не применяется, так как он сопряжен с большим количеством вспомогательных операций по переносу соседних регистров стека.

В реальных МП данные между ячейками не переносятся, а для хранения адреса последнего по времени поступления элемента стека используется специальный регистр – указатель стека (УС).

На рис. 9 указатель стека представляет собой трехразрядный регистр с двоичным представлением информации [7].

Первоначально указатель стека содержит число 0112. Это означает, что последний элемент – «верхушка стека» – находится в регистре с адресом 0112 (или 310). При операции загрузки в регистр 410 записывается число A5, а содержимое указателя стека изменяется так, что он указывает на регистр 410. При операции извлечения из стека производятся обратные действия.

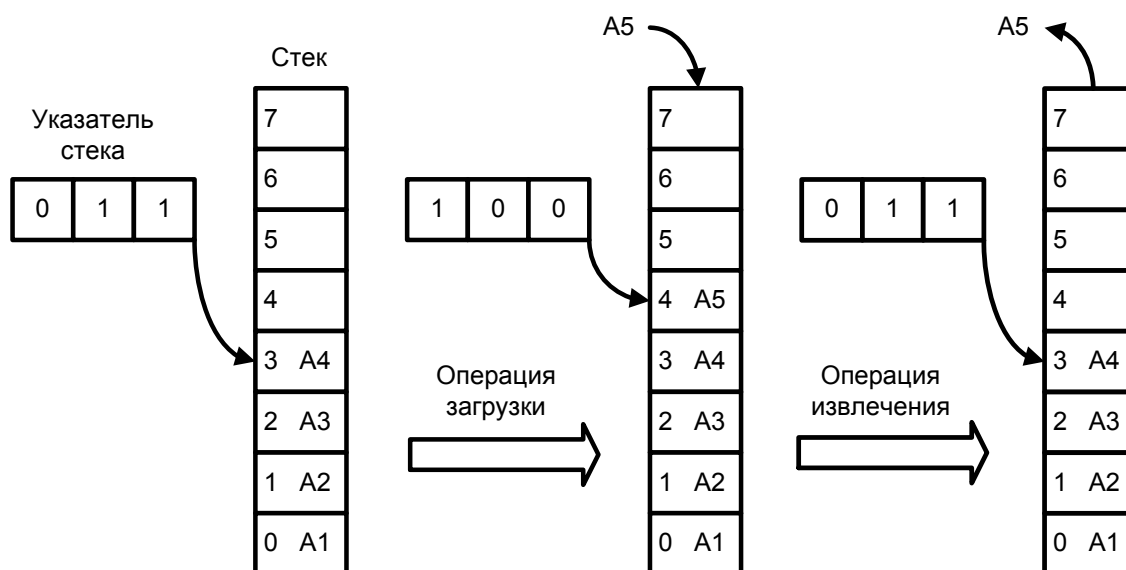


Рис. 9. Адресация элемента стека с использованием указателя стека

Схемы управления. Роль схем управления в микропроцессоре заключается в поддержании требуемой последовательности функционирования всех остальных его звеньев. По сигналам схем управления очередная команда извлекается из регистра команд. При этом определяется, что необходимо делать с данными, а затем обеспечивается последовательность действий для выполнения поставленной задачи.

Одна из главных функций схем управления – декодирование команды, находящейся в регистре команд, посредством дешифратора команд, который в результате выдает сигналы, необходимые для ее выполнения.

Помимо указанных выше действий, схемы управления выполняют некоторые специальные функции: управление последовательностью включения питания и процессами прерываний. *Прерывание* – это своего рода запрос, поступающий на схемы управления от других устройств (памяти, ввода/вывода). Прерывание связано с использованием внутренней шины данных микропроцессора. Схемы управления принимают решение, когда и в какой последовательности другие устройства могут пользоваться внутренней шиной данных.

Система шин. На характеристики микропроцессора большое влияние оказывает способ организации его связи с внешней средой – устройствами ввода/вывода (УВВ) и запоминающими устройствами (ЗУ). По способу организации связей с внешней средой различают микропроцессоры с мультиплексированной шиной адреса и данных (рис. 10,а) и с отдельными шинами адреса и данных (рис. 10,б). Мик-

ропроцессор с отдельными шинами адресов и данных изображен на рис. 7.

В микропроцессорах с мультиплексированной шиной адрес хранится на шине только короткий промежуток времени, поэтому устройствам, подключенным к шине, требуются регистры адреса (PrA). Для организации обмена информацией в таких микропроцессорах необходимо использовать управляющий сигнал *адрес–данные*. При отдельных шинах адреса и данных такой управляющий сигнал не нужен. Кроме того, у устройств, подключенных к шинам, отпадает необходимость в регистре адреса, так как он может быть размещен непосредственно на кристалле микропроцессора. Разрядность адресной шины в таких микропроцессорах не связана с разрядностью шины данных.

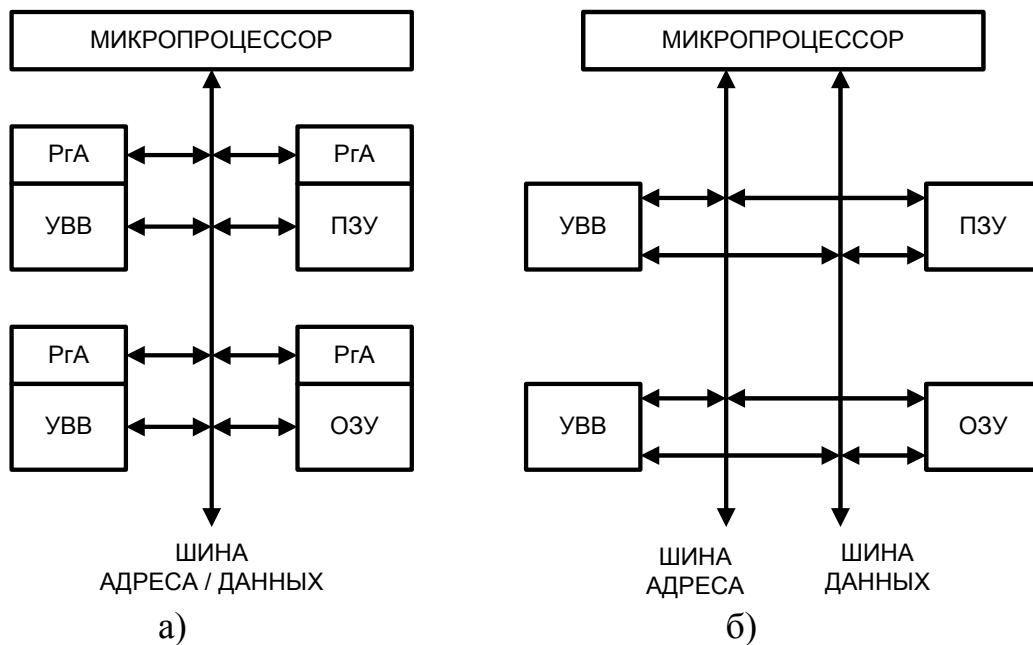


Рис. 10. Система шин микроЭВМ