### 2.4.2. Функции памяти

Память микропроцессорной системы выполняет функцию временного или постоянного хранения данных и команд. Объем памяти определяет допустимую сложность выполняемых системой алгоритмов, а также в некоторой степени и скорость работы системы в целом. Модули памяти выполняются на микросхемах памяти (оперативной или постоянной). Все чаще в составе микропроцессорных систем используется флэш-память (англ. — flash memory), которая представляет собой энергонезависимую память с возможностью многократной перезаписи содержимого.

Информация в памяти хранится в ячейках, количество разрядов которых равно количеству разрядов шины данных процессора. Обычно оно кратно восьми (например, 8, 16, 32, 64). Допустимое количество ячеек памяти определяется количеством разрядов шины адреса как $2^N$, где N — количество разрядов шины адреса. Чаще всего объем памяти измеряется в байтах независимо от разрядности ячейки памяти. Используются также следующие более крупные единицы объема памяти: килобайт — $2^{10}$ или 1024 байта (обозначается Кбайт), мегабайт — $2^{20}$ или 1 048 576 байт (обозначается Мбайт), гигабайт — $2^{30}$ байт (обозначается Гбайт), терабайт — $2^{40}$ (обозначается Тбайт) Например, если память имеет 65 536 ячеек, каждая из которых 16-разрядная, то говорят, что память имеет объем 128 Кбайт. 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 (рис. 24.1).

Оперативная память общается с системной магистралью в циклах чтения и записи, постоянная память — только в циклах чтения. Обычно в составе системы имеется несколько модулей памяти, каждый из которых работает в своей области пространства памяти. *Селектор адреса* как раз и определяет, какая область адресов пространства памяти отведена данному модулю памяти. Схема управления вырабатывает в нужные моменты сигналы разрешения работы памяти (CS) и сигналы разрешения записи в память (WR). *Буферы* данных передают данные от памяти к магистрали или от магистрали к памяти.

В пространстве памяти микропроцессорной системы обычно выделяются несколько особых областей, которые выполняют специальные функции.

**Память программы начального запуска** всегда выполняется на *ПЗУ* или флэш-памяти. Именно с этой области процессор начинает работу после включения питания и после сброса его с помощью сигнала RESET.

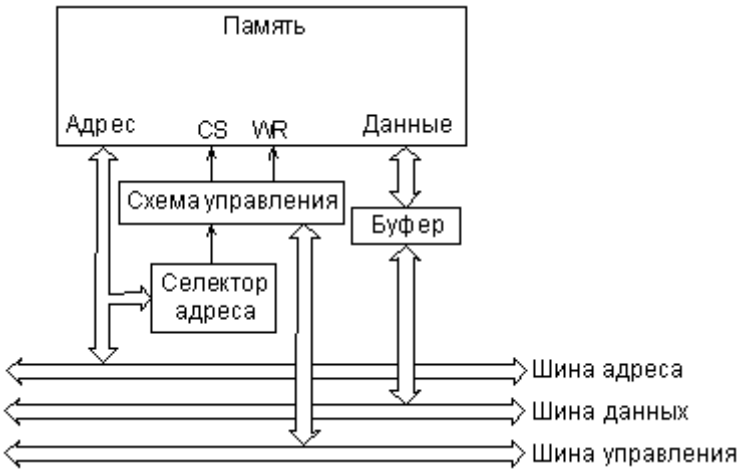


**Рис. 24.1.** Структура модуля памяти.

Память для *стека* или ***стек*** (Stack) — это часть оперативной памяти, предназначенная для временного хранения данных в режиме LIFO (Last In — First Out).

Особенность *стека* по сравнению с другой оперативной памятью — это заданный и неизменяемый способ адресации. При записи любого числа (кода) в *стек* число записывается по адресу, определяемому как содержимое *регистра* указателя *стека*, предварительно уменьшенное (декрементированное) на единицу (или на два, если 16-разрядные слова расположены в памяти по четным адресам). При чтении из *стека* число читается из адреса, определяемого содержимым указателя *стека*, после чего это содержимое указателя *стека* увеличивается (инкрементируется) на единицу (или на два). В результате получается, что число, записанное последним, будет прочитано первым, а число,

записанное первым, будет прочитано последним. Такая память называется LIFO или памятью магазинного типа (например, в магазине автомата патрон, установленный последним, будет извлечен первым).

Следующая специальная область памяти — это **таблица векторов прерываний**.

Вообще, понятие прерывания довольно многозначно. Под прерыванием в общем случае понимается не только обслуживание запроса внешнего устройства, но и любое нарушение последовательной работы процессора. Например, может быть предусмотрено прерывание по факту некорректного выполнения арифметической операции типа деления на ноль. Или же прерывание может быть программным, когда в программе используется команда перехода на какую-то подпрограмму, из которой затем последует возврат в основную программу. В последнем случае общее с истинным прерыванием только то, как осуществляется переход на подпрограмму и возврат из нее.

Любое прерывание обрабатывается через таблицу векторов (указателей) прерываний. В этой таблице в простейшем случае находятся адреса начала программ обработки прерываний, которые и называются векторами. Длина таблицы может быть довольно большой (до нескольких сот элементов). Обычно таблица векторов прерываний располагается в начале пространства памяти (в ячейках памяти с малыми адресами). Адрес каждого вектора (или адрес начального элемента каждого вектора) представляет собой номер прерывания.

В случае аппаратных прерываний номер прерывания или задается устройством, запросившим прерывание (при векторных прерываниях), или же задается номером линии запроса прерываний (при радиальных прерываниях). Процессор, получив аппаратное прерывание, заканчивает выполнение текущей команды и обращается к памяти в область таблицы векторов прерываний, в ту ее строку, которая определяется номером запрошенного прерывания. Затем процессор читает содержимое этой строки (код вектора прерывания) и переходит в адрес памяти, задаваемый этим вектором. Начиная с этого адреса в памяти должна располагаться программа обработки прерывания с данным номером. В конце программы обработки прерываний обязательно должна располагаться команда выхода из прерывания, выполнив которую, процессор возвращается к выполнению прерванной основной программы. Параметры процессора на время выполнения программы обработки прерывания сохраняются в *стеке*.

Наконец, еще одна специальная область памяти микропроцессорной системы — это **память устройств, подключенных к системной шине**. Такое решение встречается нечасто, но иногда оно очень удобно. То есть процессор получает возможность обращаться к внутренней памяти устройств ввода/вывода или каких-то еще подключенных к системной шине устройств, как к своей собственной системной памяти. Обычно окно в пространстве памяти, выделяемое для этого, не слишком большое.

Все остальные части пространства памяти, как правило, имеют универсальное назначение. В них могут располагаться как данные, так и программы (конечно, в случае одношинной архитектуры). Иногда это пространство памяти используется как единое целое, без всяких границ. А иногда пространство памяти делится на сегменты с программно изменяемым адресом начала сегмента и с установленным размером сегмента. Оба подхода имеют свои плюсы и минусы. Например, использование сегментов позволяет защитить область программ или данных, но зато границы сегментов могут затруднять размещение больших программ и массивов данных.

В заключение остановимся на проблеме разделения адресов памяти и адресов устройств ввода/вывода. Существует два основных подхода к решению этой проблемы:

- выделение в общем адресном пространстве системы специальной области адресов для устройств ввода/вывода;
- полное разделение адресных пространств памяти и устройств ввода/вывода.

Первый подход хорош тем, что при обращении к устройствам ввода/вывода процессор может использовать те же команды, которые служат для взаимодействия с памятью. Но адресное пространство памяти должно быть уменьшено на величину адресного пространства устройств ввода/вывода. Например, при 16-разрядной шине адреса всего может быть 64К адресов. Из них 56К адресов отводится под адресное пространство памяти, а 8К адресов — под адресное пространство устройств ввода/вывода.

Преимущество второго подхода состоит в том, что память занимает все адресное пространство микропроцессорной системы. Для общения с устройствами ввода/вывода применяются специальные команды и специальные стробы обмена на магистрали. Именно так сделано, например, в персональных компьютерах. Но возможности взаимодействия с устройствами ввода/вывода в данном случае существенно ограничены по сравнению с возможностями общения с памятью.

### 2.4.3. Функции устройств ввода/вывода

Устройства ввода/вывода обмениваются информацией с магистралью по тем же принципам, что и память. Наиболее существенное отличие с точки зрения организации обмена состоит в том, что модуль памяти имеет в адресном пространстве системы много адресов (до нескольких десятков миллионов), а устройство ввода/вывода обычно имеет немного адресов (обычно до десяти), а иногда и всего один адрес.

Но модули памяти системы обмениваются информацией только с магистралью, с процессором, а устройства ввода/вывода взаимодействуют еще и с внешними устройствами, цифровыми или аналоговыми. Поэтому разнообразие устройств ввода/вывода неизмеримо больше, чем модулей памяти. Часто используются еще и другие названия для устройств ввода/вывода: устройства сопряжения, контроллеры, карты расширения, интерфейсные модули и т.д.

Объединяют все устройства ввода/вывода общие принципы обмена с магистралью и, соответственно, общие принципы организации узлов, которые осуществляют сопряжение с магистралью. Упрощенная структура устройства ввода/вывода (точнее, его интерфейсной части) приведена на рис. 2.21. Как и в случае модуля памяти, она обязательно содержит схему *селектора адреса*, схему управления для обработки стробов обмена и *буферы* данных.

Самые простейшие устройства ввода/вывода выдают на внешнее устройство код данных в параллельном формате и принимают из внешнего устройства код данных в параллельном формате. Такие устройства ввода/вывода часто называют параллельными портами ввода/вывода. Они наиболее универсальны, то есть удовлетворяют потребности сопряжения с большим числом внешних устройств, поэтому их часто вводят в состав микропроцессорной системы в качестве стандартных устройств. Параллельные порты обычно имеются в составе микроконтроллеров. Именно через параллельные порты микроконтроллер связывается с внешним миром.

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. Именно такие порты показаны для примера на рис. 2.21. Порт может быть и двунаправленным (входным/выходным). В этом случае процессор пишет информацию во внешнее устройство и читает информацию из внешнего устройства по одному и тому же адресу в адресном пространстве системы. Входные и выходные линии для связи с внешним устройством при этом могут быть объединены поразрядно, образуя двунаправленные линии.

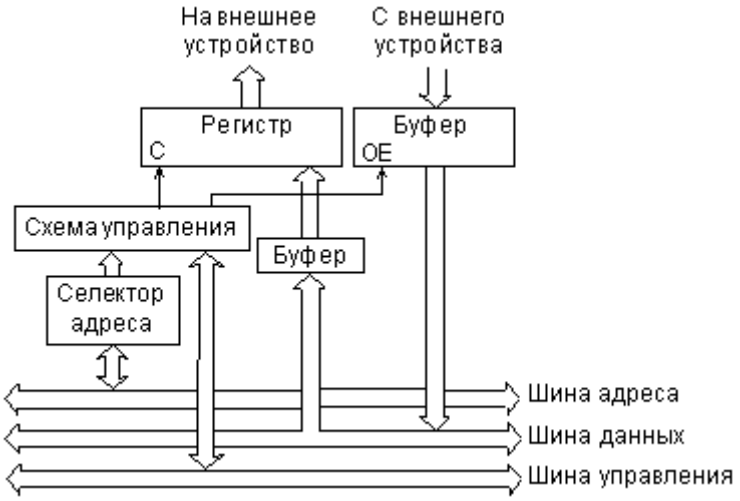


**Рис. 2.21.** Структура простейшего устройства ввода/вывода.

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 C и выдаются на внешнее устройство. Выходной *буфер* данных передает входные данные с внешнего устройства на шину данных магистрали в цикле чтения из порта.

Более сложные устройства ввода/вывода (устройства сопряжения) имеют в своем составе внутреннюю буферную оперативную память и даже могут иметь микроконтроллер, на который возложено выполнение функций обмена с внешним устройством.

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.

Устройства ввода/вывода помимо программного обмена могут также поддерживать режим обмена по прерываниям. В этом случае они преобразуют поступающий от внешнего устройства сигнал запроса на прерывание в сигнал запроса прерывания, необходимый для данной магистрали (или в последовательность сигналов при векторном прерывании). Если нужно использовать режим ПДП, устройство ввода/вывода должно выдать сигнал запроса ПДП на магистраль и обеспечить работу в циклах ПДП, принятых для данной магистрали.

В составе микропроцессорных систем, как правило, выделяются три специальные группы устройств ввода/вывода:

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

К устройствам ввода для ***интерфейса*** пользователя относятся контроллеры клавиатуры, тумблеров, отдельных кнопок, мыши, трекбола, джойстика и т.д. К устройствам вывода для *интерфейса* пользователя относятся контроллеры светодиодных индикаторов, табло, жидкокристаллических, плазменных и электронно-лучевых экранов и т.д. В простейших случаях управляющих контроллеров или микроконтроллеров эти средства могут отсутствовать. В сложных микропроцессорных системах они есть обязательно. Роль внешнего устройства в данном случае играет человек.

Устройства ввода/вывода для длительного хранения информации обеспечивают сопряжение микропроцессорной системы с дисководами (компакт-дисков или магнитных дисков), а также с накопителями на магнитной ленте. Применение таких устройств существенно увеличивает возможности микропроцессорной системы в отношении хранения выполняемых программ и накопления массивов данных. В простейших контроллерах эти устройства отсутствуют.

Таймерные устройства отличаются от других устройств ввода/вывода тем, что они могут не иметь внешних выводов для подключения к внешним устройствам. Эти устройства предназначены для того, чтобы микропроцессорная система могла выдерживать заданные временные интервалы, следить за реальным временем, считать импульсы и т.д. В основе любого таймера лежит кварцевый тактовый генератор и многоразрядные двоичные счетчики, которые могут перезапускать друг друга. Процессор может записывать в таймер коэффициенты деления тактовой частоты, количество отсчитываемых импульсов, задавать режим работы счетчиков таймера, а читает процессор выходные коды счетчиков. В принципе выполнить практически все функции таймера можно и программным путем, поэтому иногда таймеры в системе отсутствуют. Но включение в систему таймера позволяет решать более сложные задачи и строить более эффективные алгоритмы.

Еще один важный класс устройств ввода/вывода — это устройства для подключения к информационным сетям (локальным и глобальным). Эти устройства распространены не так широко, как устройства трех перечисленных ранее групп, но их значение с каждым годом становится все больше. Сейчас средства связи с информационными сетями вводятся иногда даже в простые контроллеры.

Иногда устройства ввода/вывода обеспечивают сопряжение с внешними устройствами с помощью аналоговых сигналов. Это бывает очень удобно, поэтому в состав некоторых микроконтроллеров даже вводят внутренние ЦАП и АЦП.

## 3 **Система команд процессора**

В общем случае система команд процессора включает в себя следующие четыре основные группы команд:

- *команды пересылки* данных;
- *арифметические команды*;
- *логические команды*;
- *команды переходов*.

***Команды пересылки*** данных не требуют выполнения никаких операций над операндами. Операнды просто пересылаются (точнее, копируются) из источника (Source) в приемник (Destination). Источником и приемником могут быть внутренние регистры процессора, ячейки памяти или устройства ввода/вывода. АЛУ в данном случае не используется.

***Арифметические команды*** выполняют операции сложения, вычитания, умножения, деления, увеличения на единицу (инкрементирования), уменьшения на единицу (декрементирования) и т.д. Этим командам требуется один или два входных операнда. Формируют команды один выходной операнд.

***Логические команды*** производят над операндами логические операции, например, логическое И, логическое ИЛИ, исключающее ИЛИ, очистку, инверсию, разнообразные сдвиги (вправо, влево, арифметический сдвиг, циклический сдвиг). Этим командам, как и *арифметическим*, требуется один или два входных операнда, и формируют они один выходной операнд.

Наконец, ***команды переходов*** предназначены для изменения обычного порядка последовательного выполнения команд. С их помощью организуются переходы на *подпрограммы* и возвраты из них, всевозможные циклы, *ветвления* программ, пропуски фрагментов программ и т.д. *Команды переходов* всегда меняют содержимое счетчика команд. Переходы могут быть условными и безусловными. Именно эти команды позволяют строить сложные алгоритмы обработки информации.

В соответствии с результатом каждой выполненной команды устанавливаются или очищаются биты регистра состояния процессора (PSW). Но надо помнить, что не все команды изменяют все имеющиеся в PSW флаги. Это определяется особенностями каждого конкретного процессора.

У разных процессоров системы команд существенно различаются, но в основе своей они очень похожи. Количество команд у процессоров также различно. Например, у упоминавшегося уже процессора MC68000 всего 61 команда, а у процессора 8086 — 133 команды. У современных мощных процессоров количество команд достигает нескольких сотен. В то же время существуют процессоры с сокращенным набором команд (так называемые RISC-процессоры), в которых за счет максимального сокращения количества команд достигается увеличение эффективности и скорости их выполнения.

Рассмотрим теперь особенности четырех выделенных групп команд процессора более подробно.

### 3.1.1. Команды пересылки данных

*Команды пересылки* данных занимают очень важное место в системе команд любого процессора. Они выполняют следующие важнейшие функции:

- загрузка (запись) содержимого во внутренние регистры процессора;
- сохранение в памяти содержимого внутренних регистров процессора;
- копирование содержимого из одной области памяти в другую;
- запись в устройства ввода/вывода и чтение из устройств ввода/вывода.

В некоторых процессорах (например, T-11) все эти функции выполняются одной единственной командой MOV (для байтовых пересылок — MOVB) но с различными методами адресации операндов.

В других процессорах помимо команды MOV имеется еще несколько команд для выполнения перечисленных функций. Например, для загрузки регистров могут использоваться команды загрузки, причем для разных регистров — разные команды (их обозначения обычно строятся с использованием слова LOAD — загрузка). Часто выделяются специальные команды для сохранения в стеке и для извлечения из стека (PUSH — сохранить в стеке, POP — извлечь из стека). Эти команды выполняют пересылку с автоинкрементной и с автодекрементной адресацией (даже если эти режимы адресации не предусмотрены в процессоре в явном виде).

Иногда в систему команд вводится специальная команда MOVS для строчной (или цепочечной) пересылки данных (например, в процессоре 8086). Эта команда пересылает не одно слово или байт, а заданное количество слов или байтов (MOVSB), то есть инициирует не один цикл обмена по магистрали, а несколько. При этом адрес памяти, с которым происходит взаимодействие, увеличивается на 1 или на 2 после каждого обращения или же уменьшается на 1 или на 2 после каждого обращения. То есть в неявном виде применяется автоинкрементная или автодекрементная адресация.

Также к *командам пересылки* данных относятся команды обмена информацией (их обозначение строится на основе слова Exchange). Может быть предусмотрен обмен информацией между внутренними регистрами, между двумя половинами одного регистра (SWAP) или между регистром и ячейкой памяти.

### 3.1.2. Арифметические команды

*Арифметические команды* рассматривают коды операндов как числовые двоичные или двоично-десятичные коды. Эти команды могут быть разделены на пять основных групп:

- команды операций с фиксированной запятой (сложение, вычитание, умножение, деление);
- команды операций с плавающей запятой (сложение, вычитание, умножение, деление);
- команды очистки;
- команды инкремента и декремента;
- команда сравнения.

Команды операций с фиксированной запятой работают с кодами в регистрах процессора или в памяти как с обычными двоичными кодами. Команда сложения (ADD) вычисляет сумму двух кодов. Команда вычитания (SUB) вычисляет разность двух кодов. Команда умножения (MUL) вычисляет произведение двух кодов (разрядность результата вдвое больше разрядности сомножителей). Команда деления (DIV) вычисляет частное от деления одного кода на другой. Причем все эти команды могут работать как с числами со знаком, так и с числами без знака.

Команды операций с плавающей запятой (точкой) используют формат представления чисел с порядком и мантиссой (обычно эти числа занимают две последовательные ячейки памяти). В современных мощных процессорах набор команд с плавающей запятой не ограничивается только четырьмя арифметическими действиями, а содержит и множество других более сложных команд, например, вычисление тригонометрических функций, логарифмических функций, а также сложных функций, необходимых при обработке звука и изображения.

Команды очистки (CLR) предназначены для записи нулевого кода в регистр или ячейку памяти. Эти команды могут быть заменены *командами пересылки* нулевого кода, но специальные команды очистки обычно выполняются быстрее, чем *команды пересылки*. Команды очистки иногда относят к группе *логических команд*, но суть их от этого не меняется.

Команды инкремента (увеличения на единицу, INC) и декремента (уменьшения на единицу, DEC) также бывают очень удобны. Их можно в принципе заменить командами суммирования с единицей или вычитания единицы, но инкремент и декремент выполняются быстрее, чем суммирование и вычитание. Эти команды требуют одного входного операнда, который одновременно является и выходным операндом.

Наконец, команда сравнения (обозначается CMP) предназначена для сравнения двух входных операндов. По сути, она вычисляет разность этих двух операндов, но выходного операнда не формирует, а всего лишь изменяет биты в регистре состояния процессора (PSW) по результату этого вычитания. Следующая за командой сравнения команда (обычно это *команда перехода*) будет анализировать биты в регистре состояния процессора и выполнять действия в зависимости от их значений (о *командах перехода* речь идет в разделе 3.3.4). В некоторых процессорах предусмотрены команды цепочечного сравнения двух последовательностей операндов, находящихся в памяти (например, в процессоре 8086 и совместимых с ним).

### 3.1.3. Логические команды

*Логические команды* выполняют над операндами логические (побитовые) операции, то есть они рассматривают коды операндов не как единое число, а как набор отдельных битов. Этим они отличаются от *арифметических команд*. *Логические команды* выполняют следующие основные операции:

- логическое И, логическое ИЛИ, сложение по модулю 2 (Исключающее ИЛИ);
- логические, арифметические и циклические сдвиги;
- проверка битов и операндов;
- установка и очистка битов (флагов) регистра состояния процессора (PSW).

Команды логических операций позволяют побитно вычислять основные логические функции от двух входных операндов. Кроме того, операция И (AND) используется для принудительной очистки заданных битов (в качестве одного из операндов при этом используется код маски, в котором разряды, требующие очистки, установлены в нуль). Операция ИЛИ (OR) применяется для принудительной установки заданных битов (в качестве одного из операндов при этом используется код маски, в котором разряды, требующие установки в единицу, равны единице). Операция «Исключающее ИЛИ» (XOR) используется для инверсии заданных битов (в качестве одного из операндов при этом применяется код маски, в котором биты, подлежащие инверсии, установлены в единицу). Команды требуют двух входных операндов и формируют один выходной операнд.

Команды сдвигов позволяют побитно сдвигать код операнда вправо (в сторону младших разрядов) или влево (в сторону старших разрядов). Тип сдвига (логический, арифметический или циклический) определяет, каково будет новое значение старшего бита (при сдвиге вправо) или младшего бита (при сдвиге влево), а также определяет, будет ли где-то сохранено прежнее значение старшего бита (при сдвиге влево) или младшего бита (при сдвиге вправо). Например, при логическом сдвиге вправо в старшем разряде кода операнда устанавливается нуль, а младший разряд записывается в качестве флага переноса в регистр состояния процессора. А при арифметическом сдвиге вправо значение старшего разряда сохраняется прежним (нулем или единицей), младший разряд также записывается в качестве флага переноса.

Циклические сдвиги позволяют сдвигать биты кода операнда по кругу (по часовой стрелке при сдвиге вправо или против часовой стрелки при сдвиге влево). При этом в кольцо сдвига может входить или не входить флаг переноса. В бит флага переноса (если он используется) записывается значение старшего бита при циклическом сдвиге влево и младшего бита при циклическом сдвиге вправо. Соответственно, значение бита флага переноса будет переписываться в младший разряд при циклическом сдвиге влево и в старший разряд при циклическом сдвиге вправо.

Наконец, команды установки и очистки битов регистра состояния процессора (то есть флагов) позволяют установить или очистить любой флаг, что бывает очень удобно. Каждому флагу обычно соответствуют две команды, одна из которых устанавливает его в единицу, а другая сбрасывает в нуль. Например, флагу переноса C (от Carry) будут соответствовать команды CLC (очистка) и SEC или STC (установка).

**3.2 Команды переходов**

*Команды переходов* предназначены для организации всевозможных циклов, *ветвлений*, вызовов *подпрограмм* и т.д., то есть они нарушают последовательный ход выполнения программы. Эти команды записывают в регистр-счетчик команд новое значение и тем самым вызывают переход процессора не к следующей по порядку команде, а к любой другой команде в памяти программ. Некоторые *команды переходов* предусматривают в дальнейшем возврат назад, в точку, из которой был сделан переход, другие не предусматривают этого. Если возврат предусмотрен, то текущие параметры процессора сохраняются в стеке. Если возврат не предусмотрен, то текущие параметры процессора не сохраняются.

*Команды переходов* без возврата делятся на две группы:

- команды безусловных переходов;
- команды условных переходов.

В обозначениях этих команд используются слова Branch (*ветвление*) и Jump (прыжок).

Команды безусловных переходов вызывают переход в новый адрес независимо ни от чего. Они могут вызывать переход на указанную величину смещения (вперед или назад) или же на указанный адрес памяти. Величина смещения или новое значение адреса указываются в качестве входного операнда.

Команды условных переходов вызывают переход не всегда, а только при выполнении заданных условий. В качестве таких условий обычно выступают значения флагов в регистре состояния процессора (PSW). То есть условием перехода является результат предыдущей операции, меняющей значения флагов. Всего таких условий перехода может быть от 4 до 16. Несколько примеров команд условных переходов:

- переход, если равно нулю;
- переход, если не равно нулю;
- переход, если есть переполнение;
- переход, если нет переполнения;
- переход, если больше нуля;
- переход, если меньше или равно нулю.

Если условие перехода выполняется, то производится загрузка в регистр-счетчик команд нового значения. Если же условие перехода не выполняется, счетчик команд просто наращивается, и процессор выбирает и выполняет следующую по порядку команду.

Специально для проверки условий перехода применяется команда сравнения (CMP), предшествующая команде условного перехода (или даже нескольким командам условных переходов). Но флаги могут устанавливаться и любой другой командой, например *командой пересылки* данных, любой *арифметической* или *логической командой*. Отметим, что сами *команды переходов* флаги не меняют, что как раз и позволяет ставить несколько *команд переходов* одну за другой.

Совместное использование нескольких команд условных и безусловных переходов позволяет процессору выполнять разветвленные алгоритмы любой сложности.