

ЛЕКЦИЯ по теме:

Режимы работы микропроцессора. Регистры микропроцессора.

Режимы работы микропроцессора

Можно выделить следующие режимы работы микропроцессора.

Реальный режим. При включении питания или после сигнала Reset (Сброс) Все процессоры семейства x86 устанавливаются в реальный режим работы (Real Mode), который соответствует базовому процессору i8086 с добавлением возможности использования 32-разрядных регистров, начиная с процессора i386. При этом механизм адресации, пространство адресов памяти, управление прерываниями осуществляются аналогично реальному режиму процессора i8086.

Особенности реального режима:

- 1 - в реальном режиме могут использоваться любые команды;
- 2 - размер операнда по умолчанию такой же, как и у процессора i8086 (16 бит);
- 3 - для использования 32-разрядных регистров и режимов адресации, в машинном коде применяется префикс перекрытия размера операнда 66h;
- 4 - размер сегмента в реальном режиме НЕ должен превышать 64К байт, т.е. 32-битовые адреса должны быть меньше, чем 0000FFFFh;
- 5 - в реальном режиме есть две зарезервированные области памяти: зона системной инициализации (адреса от FFFFFFF0h до FFFFFFFFh) и таблица векторов прерываний (адреса от 00000h до 003FFh). Многие особые ситуации в реальном режиме НЕ используются. В случае возникновения грубой ошибки может произойти останов процессора.

Основной функцией реального режима является подготовка современных процессоров к работе в защищенном режиме.

Защищенный режим. Используется начиная с i286. Главное достоинство – возможность реализации мультизадачности. Мультизадачность – режим одновременного решения на одном процессоре нескольких задач, при котором аварийное завершение одной из задач НЕ приводит к остановке других задач и всей операционной системы в целом. Все современные операционные системы реализуют многозадачность в защищенном режиме работы процессора.

Программы, разработанные для работы в реальном режиме, не могут функционировать в защищенном режиме, что связано с особенностями формирования физического адреса в защищенном режиме.

Особенности защищённого режима:

1 - в защищенном режиме (Protected Mode) адресное пространство расширяется до 4Г байт, а область виртуальных адресов – до 64 Тбайт.

2 - используется страничная модель памяти.

Режим виртуального 8086.

Режим V86 позволяет создавать на базе компьютеров с процессором, начиная с i386, и многозадачной операционной системы многопользовательские вычислительные системы. При этом у каждого пользователя создается иллюзия монопольного владения ВСЕМИ ресурсами компьютера.

Особенности режима виртуального 8086:

- переход в этот режим возможен, только из защищенного режима.
- возможность одновременной работы нескольких программ, разработанных для i8086.

Отличия реального режима работы процессора i386, эмулирующий процессор i8086, и режим виртуального 8086 (V86), работающий в защищенном режиме i386:

- Эффективный адрес вычисляется так же, как и в реальном режиме.
- Пространство задачи в 1М байт может быть размещено в любом месте 4 Гбайт пространства линейных адресов процессора i386. Адреса, превышающие 1 Мбайт, приводят к возникновению особой ситуации.

Режим системного управления. Это режим работы микропроцессора, который обеспечивает операционную систему механизмом для выполнения машинно-зависимых функций, таких как перевод компьютера в режим пониженного энергопотребления или выполнения действий по защите системы. Впервые данный режим появился в микропроцессоре Pentium. Для перехода в данный режим микропроцессор должен получить специальный сигнал – SMI – от усовершенствованного программируемого контроллера прерываний APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller), при этом сохраняется состояние вычислительной среды микропроцессора. Функционирование микропроцессора в этом режиме подобно его работе в

режиме реальных адресов. Возврат из этого режима производится специальной командой микропроцессора.

Регистры микропроцессора

Функциональная неоднородность регистров.

Регистровую область или набор программно-доступных регистров RSEG можно рассматривать как скоростное ОЗУ малой емкости, входящее в состав МП. Набор используется для временного хранения данных и адресной информации, контролируемых программистом. Число регистров колеблется от 4 до 32. Короткая адресация регистровой области и быстрый доступ к ней обеспечивают создание эффективно исполняемых программ.

Регистры МП функционально неоднородны: одни служат для хранения данных или адресной информации, другие—для управления работой ЦП. В соответствии с этим все регистры можно разделить на регистры данных, указатели и регистры специального назначения. *Регистры данных* участвуют в арифметических и логических операциях в качестве источников операндов и приемников результата, *адресные регистры* или *указатели* используются для вычисления адресов данных и команд, расположенных в основной памяти. *Специальные регистры* служат для индикации текущего состояния ЦП и управления режимами его работы.

Функциональная специализация регистров определяется системой команд. При слабой специализации часть регистров обычно применяется для хранения как операндов, так и адресов. Их называют *регистрами общего назначения* (РОН).

Функциональная неоднородность RSEG связана с широким использованием *неявной* (подразумеваемой) *адресации* регистров, которая, в свою очередь, определяется стремлением к созданию коротких программ. Функциональная специализация затрудняет программирование, так как требует учета особенностей организации регистрового набора, присущих данному МП. Однако в результате объектный код команд выполняется быстрее и для его хранения требуется меньшая память.

На уровне символического кодирования команд для прямой ссылки на конкретные регистры МП им присваиваются имена, например A, B, C, D, SP, X, WP или R0, R1, R2 и т. д. Обычно эти имена отражают функциональное назначение регистра и способствуют пониманию символьных команд.

Адресные регистры. Ряд функций, которые возлагаются на RSEG, распределяются между регистрами МП. Так, для реализации различных методов *непрямой* (вычисляемой) *адресации* данных в составе блока регистров применяются *адресные регистры-указатели*. *Регистр косвенного адреса* DP

(Data Pointer) содержит непосредственно адрес операнда, *регистр базы* BP (Base Pointer) используется для хранения начальных адресов массивов и записей, содержимое *индексного регистра* X (Index) является относительным адресом (индексом) операнда (рис. 1.13). Среди адресных регистров следует также отметить *регистры автоинкрементной и автодекрементной адресации*, которые автоматически увеличивают или уменьшают свое состояние до или после выполнения операции доступа в соответствии с длиной адресуемого ими операнда, и *регистры расширения адресного пространства или указатели сегментов и страниц*. (Подробно регистры данного типа будут рассмотрены в гл. 6.)

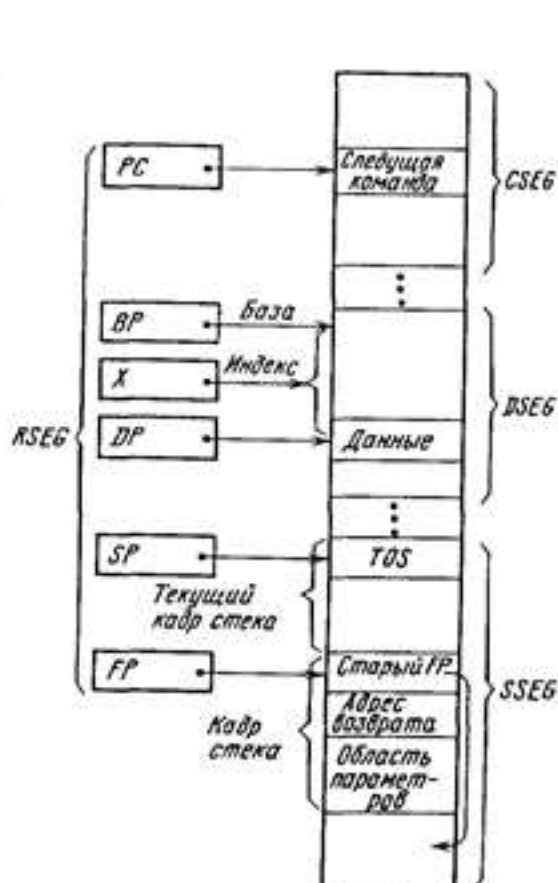


Рис. 1.13. Адресные регистры MC

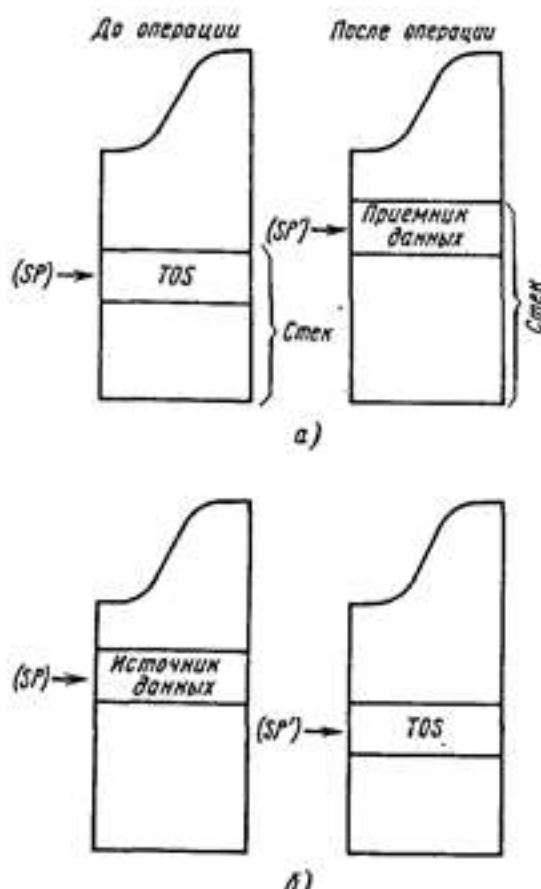


Рис. 1.14. Операции PUSH (а) и POP (б) типового стека

Очень важной является функция хранения адреса следующего подлежащего выборке элемента программной последовательности. Эту функцию выполняет *программный счетчик* PC. Большая часть команд выполняется последовательно в порядке возрастания адресов памяти. Во время выборки очередной команды содержимое PC увеличивается на 1 или 2 для указания следующего байта или слова в последовательности команд. Процесс адресации следующего элемента командной последовательности, как правило, осуществляется неявно. В типовой команде, например,

MOV dst, src ;dstsrc

где dst и src—указатели приемника и источника данных, какие-либо сведения об адресе следующей команды отсутствуют. Поэтому функция PC возлагается на конкретный регистр, содержимое которого автоматически инкрементируется после очередной выборки элемента командной последовательности. Изменение последовательности процесса выборки команд осуществляется специальными командами передачи управления, связанными с загрузкой PC адресом, отличным от адреса следующей команды.

В системах с предварительной выборкой команд каждый переход также связан с очисткой буфера предварительной выборки. Регистр PC относится к классу указателей с автоинкрементированием.

Частным случаем регистра с автомодификацией является *указатель стека* SP (Stack Pointer). Он необходим для организации системного стека SSEG, который предназначен для хранения адресов возвратов и состояний процессора при вызове подпрограмм и обслуживании прерываний. Стек может также использоваться для временного хранения локальных переменных и передачи входных или выходных параметров при вызовах подпрограмм.

Стек—это область памяти с доступом типа «последний пришел—первый вышел» или LIFO (Last Input—First Output). Стек обычно заполняется в сторону уменьшения адресов, при этом указатель стека показывает на последнюю заполненную ячейку стека—*вершину стека* TOS (Top of Stack). Такой стек называется типовым, так как именно он применяется в большинстве МС. При записи в стек нового элемента данных (операция PUSH) содержимое SP уменьшается на 1 или 2 в зависимости от длины элемента (байт или слово) и затем используется в качестве адреса новой вершины, в которую заносится элемент. При считывании элемента данных из стека (операция POP) сначала считывается содержимое TOS, а затем содержимое SP увеличивается на 1 или 2 для адресации новой вершины стека. Работа стека показана на рис. 1.14. Исключительные удобства, предоставляемые стеком при вызове подпрограмм, привели к тому, что практически все современные МП имеют средства для его построения в виде SP.

При использовании стека для хранения локальных переменных и обмена параметрами между вызываемой и вызывающей процедурой может оказаться полезным специальный адресный регистр, указывающий на начало области параметров в стеке (см. рис. 1.13). Регистр с таким функциональным назначением называется *указателем кадра* FP (Frame Pointer). Действительно, значение SP непрерывно меняется, поэтому применять его в качестве точки отсчета при доступе к данным в стеке крайне неудобно. Процедуру доступа можно значительно упростить, если функцию точки отсчета отдать

специально зарезервированному для этой цели указателю FP, который принадлежит к классу базовых регистров.

Специальные регистры. При выполнении команд АЛУ генерирует ряд сигналов-признаков, характеризующих результат операции. Функцию хранения этих сигналов, а также некоторых других выполняет специальный регистр слова состояния программы PSW (Program Status Word). С каждым признаком результата операции связывается одноразрядная переменная—*флажок*. Флажки группируются во входящее в состав PSW поле кода условия CC (Condition Code). Типовой состав флажков-признаков результата операции $F = F_{n-1}F_{n-2} \dots F_1F_0$ следующий:

CF (Carry Flag)	Флажок переноса из старшего разряда АЛУ. Флажок CF используется наиболее часто. При арифметических операциях $CF = C_n$, при сдвигах $CF = F_{-1}$ или F_n выдвинутое при операциях значение младшего или старшего разряда
ZF (Zero Flag)	Флажок признака нуля, $\overline{ZF} = \bigvee_{i=0}^{n-1} F_i$
SF (Sign Flag)	Флажок знака результата, $SF = F_{n-1}$. Применяется при целочисленной арифметике со знаком
AF (Auxiliary Carry Flag)	Флажок дополнительного переноса или переноса из младшей тетрады, $AF = C_4$
OF (Overflow Flag)	Флажок арифметического переполнения. При выполнении арифметики в дополнительном коде $OF = C_n \wedge C_{n-1}$
PF (Parity Flag)	Флажок четности результата, $\overline{PF} = \bigoplus_{i=0}^{n-1} F_i$

Здесь C_i —входной перенос в i -й разряд, который одновременно является выходным переносом из $(i - 1)$ -го разряда сумматора АЛУ.

Удобно, если поле условия CC содержит один или несколько флажков пользователя $U_0, U_1, \dots$, функциональное назначение которых определяет он сам. Обычно эти флажки служат для связи между отдельными частями программы. Состояние поля условия CC тестируется различными *командами условного типа*.

В состав PSW входит также ряд специальных флажков, управляющих работой МП:

IF (Interrupt Flag)	Маски и приоритеты прерываний, а также условия реакции на прерывания
---------------------	--

TF (Trace Flag)	Флажок пошаговой трассировки, маска специального прерывания
-----------------	---

Регистр PSW включает и различные модификаторы команд (например, флажок направления DF в МП K1810BM86), изменяющие реакцию МП на отдельные команды. Для обеспечения особых условий выполнения программ в PSW вводят специальный флажок, определяющий эти условия. Так, флажок $H/\bar{U}$ (Halt/User) в МП K1801BM2 служит для разрешения особых условий выполнения программ и реализации директив пультового терминала.

Упаковка всех флажков в одно слово дает возможность организовать их быструю засылку в память с последующим восстановлением. В некоторых сложных МП специальных регистров может быть несколько.

Регистры данных. Наиболее типичным представителем регистров данных является *аккумулятор А* (Accumulator), который используется для временного хранения исходных операндов и промежуточных результатов. С аккумулятором связано большинство команд арифметической и логической обработки. Ссылка на него, как правило, производится неявно с помощью кода операции:

LDA src ;Asrc

Неявная адресация позволяет не указывать в командах местоположения одного из операндов src и (или) результата операции dst, что существенно уменьшает длину их кода:

ANA src ;AA AND src

Это очень важно в условиях ограниченной пропускной способности системной магистрали, особенно для 8-разрядных МС. Поэтому большинство первых МП, например КР580ВМ80, имели аккумулятор и были ориентированы на его интенсивное использование.

В составе МП может находиться один или несколько аккумуляторов. Так, в МП МС6809 два аккумулятора—А и В. Они имеют одноадресную систему команд, так как в коде команды явно указывается адрес лишь одного операнда. При этом предполагается, что источником другого операнда служит аккумулятор. Он же, как правило, применяется и для хранения результата операции:

ADDA src ;AA + src

SUBB src ;BB – src

Влияние аккумулятора на организацию МС настолько велико, что включение А в состав RSEG стало типичным, поэтому системы с аккумулятором выделили в отдельный класс. На рис. 1.15, а представлен минимальный набор программно-доступных регистров 8-разрядной МС аккумуляторного типа, в состав которых кроме аккумулятора входят индексный регистр X, указатели SP и PC, а также PSW с одним флажком переноса CF. Наличие полноразмерного индексного регистра в составе RSEG объясняется его функциональной универсальностью при адресации данных. Действительно, полноразмерный индексный регистр может выполнять функции BP, а при нулевом значении прямого компонента, задаваемого непосредственно в команде,—функции DP.

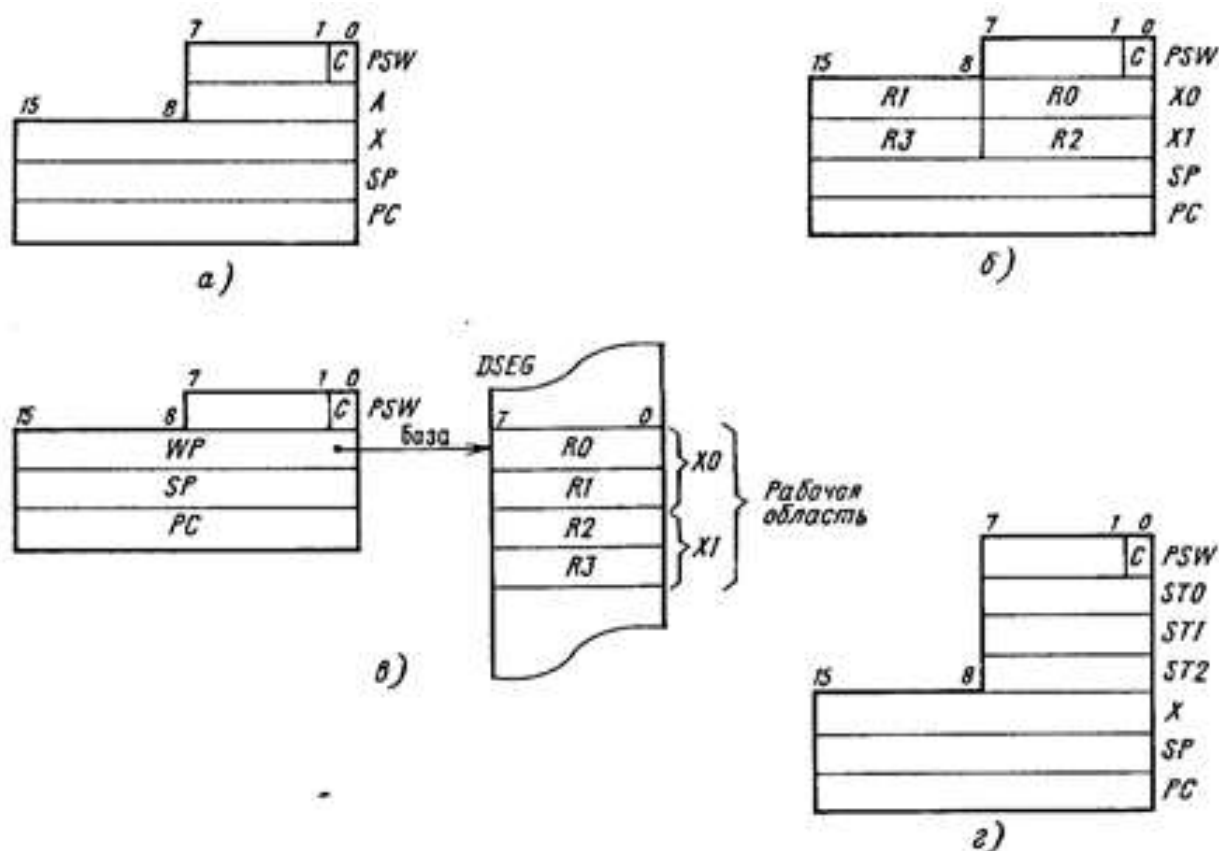


Рис. 1.15. Типовые составы RSEG:

а—с аккумулятором; б—с регистрами общего назначения; в—с рабочими областями; г—с вычислительным стеком

Другим примером регистров данных служат *рабочие регистры* R0, R1,... В отличие от аккумулятора они адресуются явно и могут интерпретироваться как сверхскоростные регистровые ОЗУ данных. Рабочие регистры используются в операциях как совместно с аккумулятором, так и без него. Некоторые рабочие регистры совмещают свою функцию хранения данных с функцией их адресации. В этом случае они приобретают функции РОН (МП К1801ВМ1). При необходимости для образования полноразмерного указателя

регистры данных объединяются в пары. Ориентация архитектуры на рабочие регистры приводит к полутраадресной системе команд:

MOV dst, reg ;dstreg

OR reg, src ;regreg OR src

В полутраадресных командах допускается только один операнд, хранящийся в памяти МС, тогда как другой должен находиться в регистровой области. Для двухместных операций приемником результата, как правило, является регистр—источник одного из операндов. Типовой минимальный набор RSEG для 8-разрядной МС с регистрами общего назначения приведен на рис. 1.15, б.

В ряде МП, предназначенных для работы в реальном масштабе времени, предусмотрены не один, а два (K1816BE48) или даже четыре (K1816BE51) набора рабочих регистров, один из которых резервируется для системных целей или обработки прерываний, а все остальные—для прикладных задач пользователя. В каждый момент времени доступен только один набор рабочих регистров, выбираемый специальным указателем WP (Work Pointer). Переключение доступного набора связано с перезагрузкой малоразрядного указателя WP.

Расширение разрядности указателя WP до полного размера адресного регистра и отображение набора рабочих регистров на основную память данных с базой WP приводит к типовой архитектуре с *рабочими областями* (см. рис. 1.15, в). Однако при передаче функции промежуточного хранения данных, выполняемой ранее RSEG, DSEG, теряется быстрый доступ к промежуточным данным. Решение этой проблемы связано с реализацией части основной памяти данных на одном кристалле с ЦП и размещением рабочих областей в этом внутреннем сегменте ОЗУ.

Передача функции аккумулятора вершине стека TOS приводит к *стековым архитектурам*. Стекковая организация МС дает возможность построить безадресные машины, объектный код которых имеет наименьшую длину. *Безадресные команды* стековой архитектуры оперируют элементами, находящимися на вершине стека и непосредственно под ней:

DEC ;PUSH(POP – 1)

ADD ;PUSH(POP + POP)

При выполнении операций исходные операнды извлекаются из стека, а результат передается на вершину TOS. Стекковая архитектура обладает высокой вычислительной эффективностью [41], однако в классической форме она большого практического распространения не нашла. Это объясняется тем,

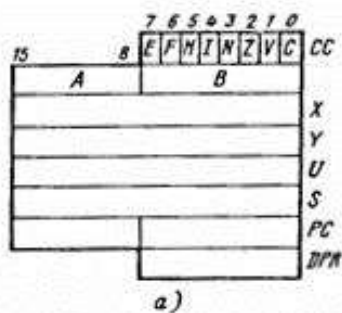
что стек обычно размещается в основной памяти, доступ к которой требует отдельного цикла обращения к системной магистрали.

Для уменьшения времени доступа к стеку он должен быть физически приближен к АЛУ, например, за счет реализации на одном кристалле с ЦП внутренней памяти данных и размещения в нем стека. Совмещение стека с внутренней частью памяти может привести к сокращению разрядности указателя SP.

В другом случае в состав архитектуры вводят специальный стек, который размещается в регистровой области МП и используется исключительно для промежуточного хранения данных. Он обладает быстрым доступом и называется вычислительным. Глубина вычислительного стека невелика—составляет 3—8 машинных слова. Прямой доступ к содержимому указателя вершины вычислительного стека, как правило, отсутствует. Манипуляция содержимым указателя выполняется только через запись-считывание данных из стека. Примерный состав RSEG 8-разрядной МС с вычислительным стеком из трех регистров A, B, C приведен на рис. 1.15, г. Регистровые наборы такого типа можно встретить только в самых современных архитектурах МС [5].

Регистровые наборы микропроцессоров, выпускаемых промышленностью. Организация RSEG реальных МП отличается от приведенных выше типовых составов. Выпускаемые промышленностью МП, как правило, результат компромиссного выбора между несколькими типами организаций и, следовательно, могут быть отнесены к тому или иному классу лишь условно. Рассмотрим несколько примеров таких МП.

Приведенные на рис. 1.15 типовые наборы являются минимальными. Как правило, они подвергаются дальнейшему расширению в соответствии с теми или иными практическими соображениями. Так, расширение набора с аккумулятором путем прямого дублирования его состава приводит к регистрам МП МС6809 фирмы Motorola [41], который представлен на рис. 1.16, а. В их составе два указателя стека S, U, два индексных регистра X, Y и два аккумулятора A, B. Набор дополнен также регистром выбора страницы DPR. Значительно расширен состав PSW. Другой путь увеличения аккумуляторного набора, выбранный фирмой Intel, привел к МП типа 8080/85A (рис. 1.16, б). К минимальному составу был добавлен блок из четырех 8-разрядных РОН B, C, D, E, образующих попарно два 16-разрядных адресных указателя B и D. Расширились и функции типового индексного регистра H, состоящего из двух 8-разрядных регистров H и L. Таким образом, оба МП следует отнести к классу приборов аккумуляторного типа, но с расширенными возможностями.



а)



б)

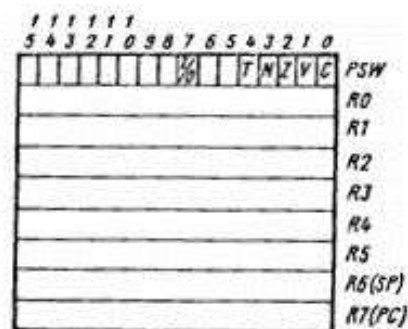


Рис. 1.16. Регистры микропроцессоров
MC6809 (а) и 8080/85А (б)

Рис. 1.17. Регистры
микропроцессоров
K1801BM1/BM2

Архитектура ЦП однокристальных микроЭВМ типов K1816BE48/BE51 тоже имеет элементы организации аккумуляторного типа, которая расширена набором из восьми рабочих регистров. Если в приборе K1816BE48 [61] предусмотрено два набора, то в K1816BE51 [64] их уже четыре. Два первых регистра в наборах являются РОН и, следовательно, могут быть использованы для адресации данных в ОЗУ. Наборы располагаются в области внутренней памяти данных, как это предусмотрено архитектурой с рабочими областями. Однако их размещение в памяти данных строго регламентировано, поэтому для выбора набора используется одно- или двухразрядный указатель BS, входящий в состав PSW. Существует также ряд ограничений на размещение системного стека, который находится во внутреннем ОЗУ. (Более подробно организация однокристальных микроЭВМ данного типа рассмотрена в гл. 4.)

К МП с РОН принадлежат K1801BM1/BM2 [61] и им подобные, совместимые по архитектуре с ЦП мини-ЭВМ PDP-11. Практическая реализация 8-разрядных архитектур с РОН затруднена из-за сложностей, возникающих при кодировании системы команд. Поэтому архитектуры такого типа реально существуют только для 16-разрядных систем. На рис. 1.17 представлен базовый состав RSEG микропроцессоров K1801BM1/BM2, содержащий восемь 16-разрядных РОН R0—R7. Все регистры предназначены для хранения и данных, и адресной информации. Два старших выполняют также функции указателей SP и PC.

Применение РОН дает возможность создавать регулярную систему команд, большинство из которых используют любой регистр многими способами. Поэтому ряд 16- и 32-разрядных МП был ориентирован на широкое применение РОН. К их числу относятся такие МП, как Z8001/02 фирмы Zilog [41].

Как уже отмечалось, стековая организация еще не получила широкого распространения в промышленных приборах. Однако уже можно назвать некоторые процессоры, имеющие вычислительные стеки. Это прежде всего

сопроцессор числовых данных 8087 (рис. 1.18) [61], блок рабочих регистров которого организован дополнительно в виде стека из восьми 80-разрядных элементов. Вершина стека адресуется с помощью 3-разрядного указателя ST, входящего в состав слова состояния SW. Все элементы рабочей области могут адресоваться либо явно как регистры ST0—ST7, отсчитываемые от вершины стека, либо неявно с помощью указателя ST. Программист может условно разделить регистровый блок на вычислительный стек и стандартные рабочие регистры, используя различные способы доступа к ним. Кроме рабочих регистров в RSEG числового сопроцессора входят указатели, регистры управления и состояния.

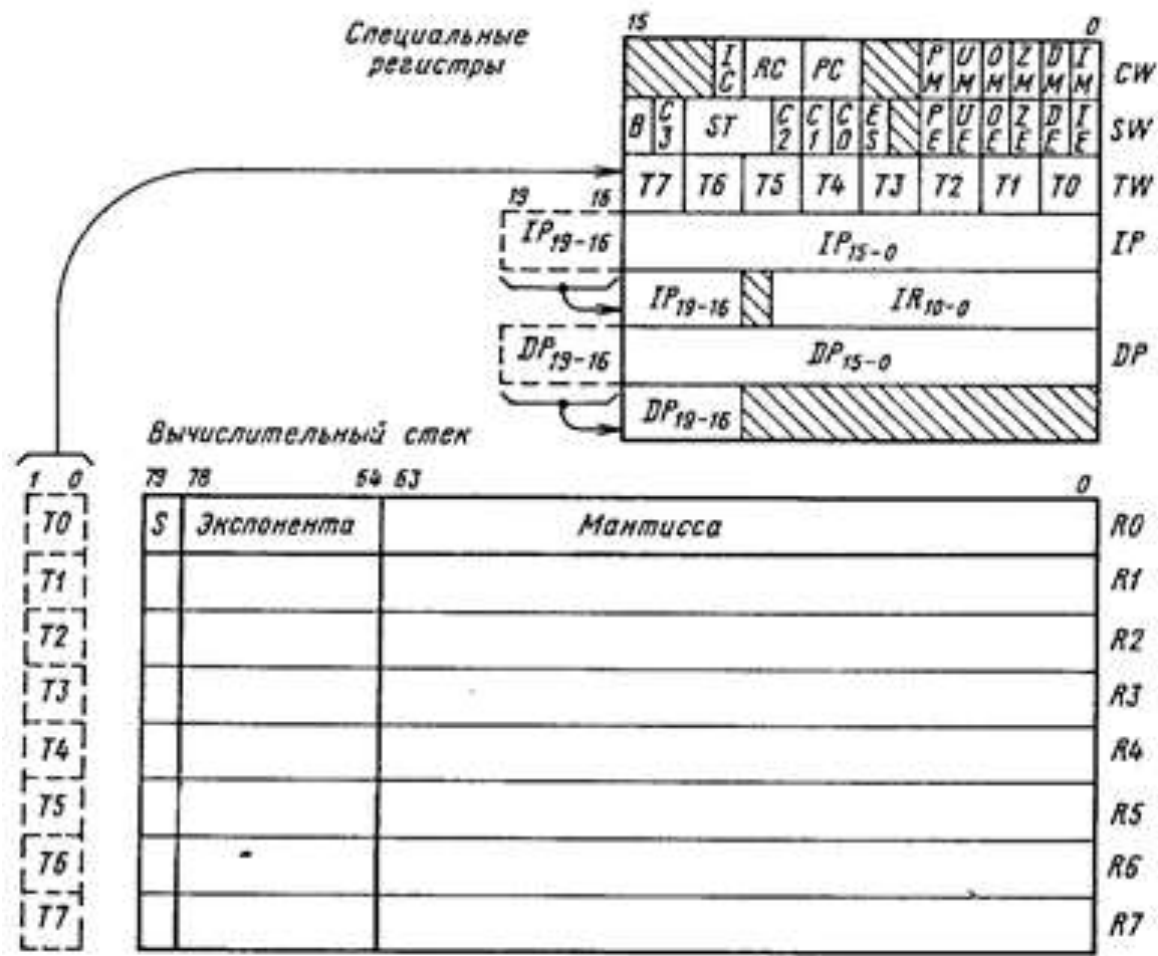


Рис. 1.18. Регистры сопроцессора 8087

Приведенных примеров вполне достаточно, чтобы показать, как разнообразны по своей структуре регистровые наборы МП, выпускаемые промышленностью. Однако несмотря на это многообразие все же удастся найти возможность для их сравнения и оценки с помощью рассмотренных в данном параграфе типовых наборов RSEG.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА по теме:

Концептуальная модель ОС

Ход работы

1. Найти понятие концептуальной модели
2. Выбрать любую ОС
3. Описать концептуальную модель выбранной ОС
4. Подготовить отчёт
5. Скинуть отчёт на почту преподавателя