



РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О МИКРОПРОЦЕССОРАХ И МИКРО-ЭВМ

Конструкторы сверхзвуковых самолетов говорят, что их детище весит меньше, чем вся техническая документация на него. А микропроцессоры! Объем выпущенной литературы о них уже в тысячи раз больше их собственного объема! Однако, как ни парадоксально, среди множества статей, брошюр, книг, монографий едва ли найдется десяток изданий, рассчитанных на новичков в этой области. О них-то и решила позаботиться редакция.

Конечно, кратко, доходчиво и в то же время достаточно полно рассказать о микропроцессорной технике дело довольно сложное. Несмотря на, это нам кажется, настало самое время подключить к ней радиолюбителей. Тем более, что специалисты утверждают: за микропроцессорами — будущее!

Самое собой разумеется, что наш цикл рассчитан на людей, уже сталкивавшихся с цифровой техникой и имеющих некоторый запас знаний. Но он вполне доступен и радиолюбителям. Это — народ пылливый, перед трудностями не отступает, и мы надеемся, что наши читатели с удовольствием прочтут статьи цикла.

В общем, как говорится, дорогу осилит идущий. Так давайте же сделаем первый шаг. А поможет Вам его сделать заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор, ректор Московского института электронного машиностроения ЕВГЕНИЙ ВИКТОРИНОВИЧ АРМЕНСКИЙ.

В соответствии с решениями XXVI съезда КПСС в одиннадцатой пятилетке в различных отраслях народного хозяйства должно начаться широкое освоение и внедрение новой элементной базы электроники — микропроцессорных БИС. Сейчас в стране выпускается более десятка комплектов различных типов микропроцессорных БИС, предназначенных для применения в самой разнообразной аппаратуре: от сложных высокопроизводительных вычислительных систем до стиральных машин и детских игрушек.

Можно предположить, что повсеместное внедрение микропроцессорных БИС вызовет в технике столь же революционные изменения, как и появление транзисторов и интегральных схем.

Для того чтобы лучше понять причины этого, обратимся к истории появления микропроцессоров.

К началу семидесятых годов успехи технологии в микроэлектронике привели к возможности создания интегральных схем с весьма высоким уровнем интеграции: число активных элементов может достигать 10 тысяч на одном кристалле. Выпуск таких микросхем при современном уровне автоматизации проектирования (из-за больших первоначальных затрат, обус-

ловленных разработкой их логической структуры, топологии, изготовлением фотомасок и технологической подготовки производства) экономически оправдан только в случае их массового производства. Однако, за исключением устройств памяти, калькуляторов и некоторых других схем, не удавалось определить набор универсальных функциональных узлов массового применения с таким большим уровнем интеграции. Ранее, при выпуске схем с малым и средним уровнями интеграции, такими узлами являлись широко распространенные микросхемы, реализующие элементарные логические функции: «И», «ИЛИ», «НЕ», триггеры, сдвиговые регистры, дешифраторы, мультиплексоры, счетчики...

Изготовление заказных микросхем с высоким уровнем интеграции для какого-либо частного применения экономически оправдано лишь при объеме их выпуска, превышающем десятки тысяч. Заказные микросхемы при меньшем объеме выпуска применяются в отдельных, достаточно редких случаях, когда требуется, например, достичь особо высокой надежности, малых габаритов или удовлетворить другие специальные требования, а стоимость изделия не имеет первостепенного значения.

В результате поиска областей массового применения микросхем с высоким уровнем интеграции их разработчиками была предложена идея создания одной универсальной БИС или некоторого набора БИС, специализация которых для каждого конкретного применения достигается не схемно, а программно.

Таким образом, появились стандартные универсальные программируемые элементы — микропроцессорные БИС со структурой (иногда в литературе употребляют термин «архитектура»), аналогичной структуре ЭВМ. На основе микропроцессорных БИС строят микропроцессорные системы или микро-ЭВМ. Обычно все ЭВМ принято делить на большие, мини-и микро-. Такое деление основывается на таких признаках, как скорость выполнения операций, габариты и стоимость ЭВМ. Так, большие ЭВМ занимают значительные площади и стоят миллионы рублей, современные мини-ЭВМ могут размещаться в небольшой комнате и стоить несколько десятков тысяч рублей, а микро-ЭВМ может быть размещена на одной плате и стоит всего несколько сотен рублей. Основные принципы работы всех ЭВМ одинаковы, но область применения микро-ЭВМ из-за их малой стоимости столь расширилась, что, наряду с использованием их по прямому назначению, появилась возможность встраивать в различную аппаратуру, повышая тем самым ее потребительские качества.

Так как специализация микро-ЭВМ под конкретные функции, выполняемые аппаратурой, достигается путем записи в ее память соответствующих программ, то различная по назначению микропроцессорная аппаратура может иметь похожие электрические схемы. Это позволяет унифицировать многие ее узлы, сократить сроки проектирования и снизить производственные расходы на изготовление.

Однако основным следствием применения встроженных микро-ЭВМ является то, что они позволяют придать разнообразным приборам, устройствам и механизмам «разумный» характер. Приборы, станки с числовым управлением, роботы-манипуляторы, бытовая и профессиональная радиоаппаратура, системы управления на транспорте, телефонная связь, обучающие системы, домашние ЭВМ, детские игрушки — вот далеко не полный перечень областей применения новой элементной базы.

Так, применение микропроцессорных БИС в измерительной технике позволяет существенно повысить точность и автоматизировать процесс измерения. Такие измерительные приборы обладают способностью самокалибровки и самопроверки, а также могут

проводить математическую обработку результатов измерений. Во многих приборах встроенная микро-ЭВМ позволит избавиться от панелей с множеством ручек управления. В магнитофоне микро-ЭВМ возьмет на себя функции управления скоростью движения и натяжением ленты во всех режимах, позволит автоматически устанавливать ток подмагничивания применительно к конкретному типу ленты, находить нужные записи, программировать последовательность смены режимов работы.

Точно так же микро-ЭВМ может быть встроена и в любую другую бытовую и радиоловительскую аппаратуру, повышая качество ее работы и придавая ей новые функциональные свойства. Надо полагать, что области применения микро-ЭВМ в радиоловительской практике будут ограничиваться только фантазией и квалификацией радиоловителя.

Развитие микропроцессорной техники изменило не только способы проектирования цифровых устройств, но и требования к знаниям их разработчиков. Теперь разработчик, занимающийся проектированием микропроцессорной аппаратуры, должен знать как методы проектирования и отладки электронной аппаратуры, так и программирование. Накопленный опыт показывает, что разработку электронных схем легче и быстрее освоить методы программирования, чем программисту методы проектирования и отладки аппаратуры. Но и они, после изучения основ микропроцессорной техники, могут с успехом проектировать микропроцессорную аппаратуру.

Цель публикуемой серии статей — познакомить радиоловителей и разработчиков различной аппаратуры — специалистов в области вычислительной техники — с основами микропроцессорной техники в объеме, достаточном для самостоятельного проектирования несложной микропроцессорной аппаратуры на базе микро-ЭВМ с микропроцессором КР580ИК80А. Выбор этого 8-разрядного микропроцессора для первоначального изучения микропроцессорной техники объясняется типичностью его внутренней структуры и системы команд, высокой производительностью и достаточно широким распространением. Учитывалось также и то, что для микропроцессоров этого типа накоплен большой объем программного обеспечения.

Желаю радиоловителям успешного освоения микропроцессорной элементной базы и внедрения ее в свои разработки.

Е. Грин

ПЕРВЫЙ ШАГ

Г. ЗЕЛЕНКО, В. ПАНОВ, С. ПОПОВ

В публикуемой серии статей читатели познакомятся с принципами функционирования, структурой, системой команд и принципиальными электрическими схемами отдельных модулей микро-ЭВМ, построенной на основе микропроцессора КР580ИК80А. Устройством визуального отображения информации в этой микро-ЭВМ служит обычный телевизор, а внешнее запоминающее устройство выполнено на базе кассетного магнитофона.

Характерной особенностью устройств, в которые как составная часть входит микро-ЭВМ, является то, что значительная часть их функций реализуется, как правило, программными средствами. Поэтому в статье приводятся также и соответствующие программы, а одна из статей серии целиком посвящена приемам программирования микропроцессорных устройств.

На основе описанных электрических схем модулей радиоловитель сможет создать микро-ЭВМ различной сложности. Любая из этих микро-ЭВМ может найти применение и как универсальная домашняя ЭВМ для вычисления, и для управления различной радиоловительской и бытовой аппаратурой или же для создания различных видеоигр на экране телевизора. Их можно использовать также в качестве инструмента для написания и отладки программ различных микропроцессорных устройств на базе микропроцессора КР580ИК80А. Отлаженную программу можно записать в их память с помощью программатора, входящего в состав микро-ЭВМ. Отдельные схемные и программные решения могут быть использованы при проектировании других микропроцессорных устройств.

Стремление популярно изложить отдельные сложные вопросы в журнальной статье ограниченного объема может привести иногда к упрощенному и недостаточно подробному их освещению. В таких случаях даются ссылки на литературу, где эти вопросы изложены более подробно. Радиоловитель, желающему быть с микропроцессорами на «ты», ознакомиться с этой литературой просто необходимо.

* * *

Первоначальное знакомство с принципами работы микро-ЭВМ мы начнем с рассмотрения ее структурной схемы, представленной на рисунке и содержащей минимальный набор элементов, которым должна обладать любая микро-ЭВМ.

Элементом, производящим обработку данных, здесь является микропроцессор КР580ИК80А, выполненный в виде БИС, содержащей около 6 тысяч МОП транзисторов. Микропроцессор и ряд вспомогательных схем, обеспечивающих его работу и работу всей вычислительной системы в целом, образуют так называемый процессорный модуль, к которому с помощью системных шин подключают периферийные модули микро-ЭВМ. Данное разделение микро-ЭВМ на указанные модули носит функциональный характер. Конструктивно все модули могут быть выполнены, например, на одной плате, более того, имеются микропроцессоры (однокристальные микро-ЭВМ), где все рассматриваемые модули размещены в одной БИС.

Системные шины представляют собой набор соединительных проводников — линий, объединяющих одноименные выводы всех периферийных модулей. По каждой линии может быть передано значение одного разряда двоичного кода в виде уровней напряжения +0,3 В или +2,4 В, соответствующих логическому 0 или логической 1. По роду передаваемой информации все линии разделены на три группы, образующие **шину данных, шину адресов и шину управления**.

Периферийными модулями в рассматриваемой микро-ЭВМ являются различные **запоминающие устройства (ЗУ)** и регистры для подключения внешних устройств (например, клавиатуры, устройства визуального отображения информации, различных датчиков и исполнительных механизмов), называемые **портами** ввода или вывода. Так как микропроцессор КР580ИК80А предназначен для обработки 8-разрядных двоичных чисел (далее мы будем именовать их **словами** или **байтами**), то порты ввода или вывода тоже должны быть 8-разрядными. Запоминающее устройство микро-ЭВМ состоит из набора 8-разрядных ячеек памяти. Обмен данными между процессорным и периферийными модулями микро-ЭВМ происходит по шине данных, состоящей также из 8 линий, обозначаемых **D0—D7**. По линии **D0** передается младший, а по линии **D7** — старший разряд байта.

Характерной особенностью шины данных является ее двунаправленность. Под двунаправленностью понимается возможность передачи данных в разные моменты времени в различных направлениях, например, сначала по шине данных можно передавать данные от про-

цессорного модуля к периферийному, а затем в обратном направлении. Двуправленность шины данных обеспечивается трехстабильными буферными регистрами, через которые периферийные модули подключаются к шине. Выходы трехстабильных регистров, кроме состояний логического 0 и логической 1, могут принимать третье пассивное, или, так называемое, высокоимпедансное состояние, благодаря чему они оказываются как бы отключенными от соответствующих линий шины данных.

Каждый периферийный модуль микро-ЭВМ имеет вход для приема сигнала **ВМ** (выбор модуля). В процессе работы микро-ЭВМ с помощью этого сигнала одновременно может «активизироваться» только один из периферийных модулей. Это означает, что возможен обмен данными между ним и процессорным модулем. Выходы остальных модулей при этом остаются в высокоимпедансном состоянии (отключенном) и на работу микро-ЭВМ не влияют.

При работе процессорный модуль должен обмениваться данными с определенными ячейками памяти или портами. Для того чтобы иметь возможность обращаться (адресоваться) к ним, каждая ячейка памяти и каждый порт ввода или вывода имеют свои индивидуальные номера — адреса. При обмене данными процессорный модуль устанавливает на адресной шине микро-ЭВМ двоичный код, соответствующий адресу ячейки памяти. Число линий адресной шины нашей микро-ЭВМ определяется разрядностью адресной шины микропроцессора КР580ИК80А и равно 16. Это позволяет обращаться к 2^{16} 64К ячеек памяти. Число $K=1024$ байт и является единицей измерения объема памяти.

Конструктивно **ЗУ** микро-ЭВМ состоит из одной или нескольких БИС памяти, каждая из которых имеет вход для приема сигнала **ВМ**. Дешифрация кода на адресной шине позволяет выбрать определенную БИС **ЗУ** с помощью соответствующего сигнала **ВМ**. Обращение к определенной ячейке памяти внутри БИС **ЗУ** происходит по сигналу с выхода внутреннего дешифратора, входы которого (адресные входы БИС **ЗУ**) подключаются к соответствующим линиям шины адресов.

Микропроцессор КР580ИК80А позволяет подключить к шинам адресов до 256 портов ввода и до 256 портов вывода. Все входы **ВМ** портов ввода или вывода подключаются через схемы дешифраторов номеров портов к восьми младшим разрядам адресной шины микро-ЭВМ. Порты «активизируются» при появлении на шине адресов кодов, соответствующих их номерам. Дополнительным условием «активизации» любого периферийного модуля является наличие соответствующего сигнала на шине управления. По линиям шины управления от процессорного модуля к периферийным поступают сигналы

выбора группы модулей (порты или модули памяти) и направления обмена данными: сигнал чтения из модулей запоминающих устройств — **ЧТЗУ**, сигнал записи в модули запоминающих устройств — **ЗПЗУ**, сигнал записи данных в порт вывода данных — **ЗПВВ**, сигнал чтения из порта ввода — **ЧТВВ**. По шине управления передаются также и другие сигналы, назначение которых будет рассмотрено в последующих статьях.

Работа микро-ЭВМ, как и любого цифрового устройства, заключается в обработке исходных данных по заданному алгоритму. Под алгоритмом работы цифрового устройства понимается набор последовательно выполняемых действий по обработке исходных данных с целью получения требуемого результата. В микро-ЭВМ алгоритм реализуется при выполнении программы, хранимой в **ЗУ** в виде последовательности команд. При этом исходными для программы являются данные, вводимые через порты ввода, промежуточные данные хранятся в **ЗУ** микро-ЭВМ или во внутренних регистрах микропроцессора, а полученные результаты выводятся через порты вывода.

Каждый микропроцессор характеризуется определенной системой команд. Система команд — это полный перечень элементарных действий, которые способен производить микропроцессор. Управляемый этими командами микропроцессор выполняет очень простые действия, такие, как элементарные арифметические и логические операции, операции пересылки данных, сравнения двух величин и другие. Однако, составив программу из последовательности таких команд, можно запрограммировать выполнение алгоритма любой сложности.

По формату (числу отведенных для нее разрядов) команды микропроцессора делятся на одно-, двух- и трехбайтовые. Байты команды последовательно друг за другом располагаются соответственно в одной, двух или трех ячейках **ЗУ** микро-ЭВМ. Первый байт любой команды содержит код операции. Он определяет формат команды и те

действия, которые должны быть произведены микропроцессором над данными в процессе ее выполнения. Эти данные обычно называют операндами.

Программа работы встроенной в какое-либо устройство микро-ЭВМ хранится в постоянном запоминающем устройстве (**ПЗУ**) модуля **ЗУ**. **ПЗУ** — это БИС памяти, в которую необходимая информация (программа, константы) заносится в процессе ее изготовления или непосредственно перед установкой в микро-ЭВМ. Информация в **ПЗУ** сохраняется независимо от того, включен ли источник питания или выключен. Во время работы микро-ЭВМ информацию из **ПЗУ** можно только считывать. Промежуточные данные в микро-ЭВМ хранятся в оперативном запоминающем устройстве (**ОЗУ**), в которое они могут и записываться и из которого считываются в процессе работы. При снятии питающего напряжения данные в **ОЗУ** теряются. При отладке программ, а также в случае использования микро-ЭВМ в качестве универсальной (то есть выполняющей в разное время различные программы), **ОЗУ** используется и для хранения программ. В этом случае микро-ЭВМ обычно имеет **ПЗУ** с малым количеством ячеек (с малым объемом) памяти, куда записывается небольшая программа-загрузчик, под управлением которой в начале работы в **ОЗУ**, с какого-либо внешнего устройства загружается рабочая программа.

Выполнение любой команды микропроцессора начинается с чтения ее кода операции из **ЗУ**. Для этого процессорный модуль устанавливает на адресных шинах код адреса ячейки памяти, в которой записан код операции команды, а на соответствующей линии шины управления сигнал **ЧТЗУ**. В результате код операции команды выдается из ячейки памяти на шину данных и считывается процессорным модулем.

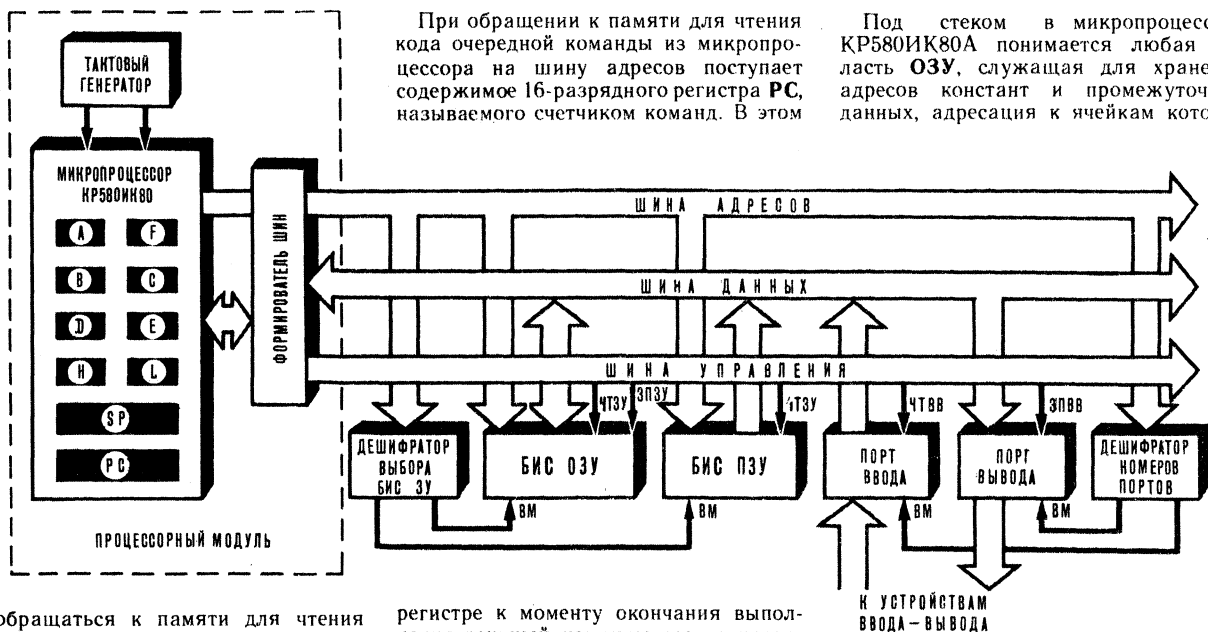
Микропроцессор декодирует код операции, определяет, какие действия ему необходимо выполнить в соответствии с ним и переходит к исполнению команды. Во время выполнения одной команды микропроцессор может неоднократно

ВНИМАНИЮ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Магазин № 8 «Техника» Москниги имеет в продаже и высылает наложенным платежом (без задатка) книгу из серии «Телевизионный и радиоприем. Звукотехника» — «Унифицированные электропроигрывающие устройства II класса» (М., Радио и связь, 1981, 128 с. Ц. 95 к.). Авторы Я. Я. Милзарайс и А. Д. Микшев рассматривают в ней унифицированные монофонические и стереофонические электропроигрывающие устройства II класса с улучшенными параметрами — II-ЭПУ-60, II-ЭПУ-62СП и II-ЭПУ-62СМ. Приведены их основные технические характеристики, принципиальные схемы корректирующих усилителей. Разобраны особенности конструкций ЭПУ, возможные неисправности, методы их обнаружения и устранения.

Книга рассчитана в первую очередь на квалифицированных радиолюбителей и радио-механиков по ремонту и наладке ЭПУ, но она представляет интерес и для владельцев бытовой аппаратуры с такими электропроигрывающими устройствами.

Адрес магазина: 103031, Москва, Петровка, 15, Отдел «Книга» — почтой.



При обращении к памяти для чтения кода очередной команды из микропроцессора на шину адресов поступает содержимое 16-разрядного регистра **РС**, называемого счетчиком команд. В этом

Под стеком в микропроцессоре **КР580ИК80А** понимается любая область **ОЗУ**, служащая для хранения адресов констант и промежуточных данных, адресация к ячейкам которой

но обращаться к памяти для чтения или записи данных.

После окончания выполнения текущей команды микропроцессор переходит к выполнению очередной команды, т. е. обращается к ячейке **ЗУ**, где хранится код операции следующей команды.

Микропроцессор имеет сложную внутреннюю структуру, но с точки зрения программиста он состоит только из семи 8-разрядных регистров **А, В, С, D, E, H, L**, регистра признаков результатов выполнения операции **Ф** и двух 16-разрядных регистров **SP** и **PC**.

Рассмотрим назначение внутренних регистров микропроцессора. Регистр **А**, так называемый **аккумулятор**, используется для хранения операнда, с которым работает **арифметико-логическое устройство (АЛУ)** микропроцессора. Результат работы **АЛУ** по окончании обработки данных вновь помещают в регистр **А**. При проектировании аппаратуры на базе микропроцессора **КР580ИК80А** знание принципов организации и работы **АЛУ** и других недоступных для программиста элементов его внутренней структуры не обязательно, поэтому их работа здесь не освещается.

Шесть регистров **В, С, D, E, H, L** предназначены для хранения промежуточных данных. При исполнении некоторых команд регистры **В** и **С, D** и **Е, H** и **L** объединяются в регистровые пары для хранения 16-разрядных данных. Назначение регистра признаков **Ф** будет рассмотрено при описании системы команд в следующей статье.

Для изучения системы команд и написания программ важно знать способы адресации, которые заложены в микропроцессоре, т. е. знать, как происходит формирование кода на шине адресов.

регистре к моменту окончания выполнения текущей команды всегда подготавливается адрес очередной команды программы. Во время выполнения программы микропроцессору необходимо обращаться к определенным ячейкам памяти для чтения и записи промежуточных данных. В системе команд имеются команды, с помощью которых можно задать адрес обращения к памяти непосредственно (команды с **непосредственной адресацией**). Они имеют трехбайтовый формат, т. е. каждая команда занимает три последовательно расположенных в памяти ячейки. В первом байте команды хранится код операции, а во втором и третьем записан 16-разрядный адрес обращения к памяти. При выполнении такой команды микропроцессор последовательно считывает значения второго и третьего байтов во внутренние буферные регистры и затем, при обращении к памяти, для записи или чтения данных передает из этих регистров на шину адресов 16-разрядный адрес. Команды с непосредственной адресацией выполняются довольно медленно, так как микропроцессору при их выполнении приходится дважды обращаться к памяти для побайтного чтения кода адреса.

В системе команд есть также одно- и двухбайтовые команды, использующие **косвенную регистровую адресацию**. При их выполнении адресация осуществляется по содержимому одной из регистровых пар **BC, DE** или **HL**, куда предварительно помещается адрес требуемой ячейки памяти и откуда он поступает на шину адресов.

Кроме описанных двух способов адресации, возможна адресация к ячейкам памяти по содержимому 16-разрядного регистра **SP**, называемого **указателем стека**.

осуществляется с помощью указателя стека **SP**. При обращении к ячейке **ЗУ**, расположенной в стековой области, на шину адресов засылается содержимое регистра **SP**. Перед выполнением команд, использующих регистр **SP**, в него должен быть предварительно записан код начала стековой области **ОЗУ** (код «верхушки» стека). С помощью команд, использующих стековую адресацию, в стек можно переслать 16-разрядное число из любой регистровой пары или регистра счетчика команд **PC**.

Запись числа в память происходит побайтно: сначала записывается старший байт в ячейку памяти с адресом, на 1 меньше содержимого указателя стека (т. е. в ячейку с адресом **SP — 1**), затем — младший байт в ячейку с адресом **SP — 2**. Таким образом, по окончании записи содержимое указателя стека становится равным **SP — 2**. Часто вместо выражения «содержимое указателя стека» употребляют выражение «положение указателя стека». Тогда можно сказать, что при занесении в стек содержимого регистровых пар или счетчика команд **PC** указатель стека автоматически каждый раз «смещается вниз» (т. е. в сторону младших адресов памяти) на две ячейки.

В системе команд микропроцессора есть и такие, которые позволяют осуществлять обратную операцию, т. е. побайтно пересылать содержимое пары ячеек стека в любую регистровую пару или в счетчик команд **PC**. При этом сначала переписывается во внутренний регистр микропроцессора младший байт из ячейки памяти, адресуемой текущим положением указателя стека, затем в другой регистр регистровой пары переписывается старший байт из ячейки

памяти с адресом **SP + 1**. После выполнения команды указатель стека принимает значение **SP + 2**, т. е. указатель стека оказывается автоматически «смещенным вверх» на две ячейки в сторону старших адресов памяти.

Достоинством команд с адресацией по указателю стека является то, что программист может не заботиться каждый раз о конкретных адресах ячеек памяти, куда записывают и откуда считывают данные. Ему необходимо только соблюдать определенную последовательность при записи данных в стек и их извлечении, т. е. читать данные из стека в последовательности, обратной той, которая была при записи. При этом говорят, что при работе со стеком используется принцип «последний пришел — первый вышел».

Теперь рассмотрим порядок записи 16-разрядных чисел в память и внутренние регистры микропроцессора. Для хранения таких чисел в микропроцессоре можно использовать три регистровые пары — **BC, DE, HL**, указатель стека **SP** и счетчик команд **PC**. При этом в регистрах **B, D и H** регистровых пар хранятся старшие байты чисел, а в регистрах **C, E и L** — их младшие байты. В операциях со стеком как 16-разрядное число рассматривается также совокупность регистра **A** (старший байт) и регистра признаков **F** (младший байт), именуемая **PSW**.

Для хранения в памяти 16-разрядному числу всегда отводятся две смежные ячейки. Запись чисел в эти ячейки происходит побайтно, причем в ячейку с меньшим адресом записывается младший байт, а в ячейку с большим адресом — старший байт числа. Это правило выполняется при любых способах адресации, а также при записи в память трехбайтовых команд, где второй и третий байты являются соответственно младшим и старшим байтами 16-разрядного числа.

* * *

Итак, мы рассмотрели основные принципы работы микропроцессорных устройств и их возможности. Это — первый шаг в освоении микропроцессорных БИС. В двух следующих статьях будут приведены справочные сведения по системе команд микропроцессора **KP5801IK80A** и некоторые примеры небольших программ. Их необходимо усвоить, прежде чем мы перейдем к рассмотрению принципиальных схем отдельных модулей, так как без программ эти модули не работоспособны. Конечно, множество новых понятий и большой объем фактического материала могут «испугать», но без этих начальных сведений не обойтись, если Вы хотите своими руками собрать микро-ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедревский М. А., Кручинкин Н. С., Подоян В. А. Микропроцессоры. — М., Радио и связь, 1981.

ТРИ ПОКОЛЕНИЯ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРОВ

Е. КУЗНЕЦОВ, Л. ЛЕПКО, Л. МИНКИН

Одной из основных тенденций в автоматизации различного рода расчетов и вычислений, необходимых как в повседневной жизни, так и в промышленности, экономике, торговле, сфере услуг и образовании, является широкое использование карманных ЭВМ — микрокалькуляторов (МК).

Сегодня МК, пришедший на смену счетной линейке, математическим таблицам и арифмометру, все чаще можно увидеть и на рабочем столе ученого, экономиста или инженера, и в руках продавца, и на парте школьника.

Что же представляет собой МК? Это портативное вычислительное цифровое устройство с десятичным представлением цифр при вводе и выводе, предназначенное для индивидуального использования непрофессиональными счетными работниками. Основой МК служат большие интегральные схемы (БИС) с уровнем интеграции до 40 000 элементов на кристалле площадью в 25...30 мм² с автономным источником питания.

Начиная с 1974 г., каждые последующие три-четыре года обновлялась и совершенствовалась как элементная база, так и конструктивно-технологическое исполнение МК. Шел непрерывный целенаправленный процесс роста вычислительных и сервисных возможностей, поиск новых художественно-конструкторских решений, максимально отвечающих вкусам широкого круга потребителей, снижения стоимости и повышения надежности МК. Постоянно сменялась и расширялась номенклатура выпускаемых изделий. Это дало возможность говорить о трех поколениях (этапах) МК.

Смена поколений в первую очередь связана с развитием и техническим совершенствованием электронных компонентов МК, к которым относятся БИСы и индикаторы. В таблицах 1 и 2 приведены основные технические характеристики МК трех поколений и двух классов — для простых (табл. 1) и инженерных расчетов (табл. 2).

Характерной особенностью МК первого поколения, разработанных и освоенных в производстве в 1974—1977 гг., было начало их дифференциации по

областям использования и элементной базе. Появились МК для простых арифметических расчетов («Электроника БЗ-04»), для решения инженерных задач («Электроника БЗ-18А», БЗ-18М) и экономических расчетов («Электроника БЗ-26»). В качестве элементной базы широко использовались р-МДП БИС с уровнем интеграции до 15 000 элементов на кристалле площадью около 27 мм² (например, в «Электронике БЗ-26», БЗ-18А, БЗ-18М) и индикаторы на катодолюминесцентных приборах (КЛИ), а также значительное (до 50 шт.) количество дискретных резисторов, конденсаторов и транзисторов. Лишь одна модель «Электроника БЗ-04» была реализована на четырех КМДП БИС с максимальным уровнем интеграции 3400 элементов на кристалле площадью около 25 мм² и жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ).

Во всех случаях ввод данных и последовательность операций осуществляются по правилам алгебраического синтаксиса. Исключение составляла модель «Электроника БЗ-04», в которой ввод вычислялся по правилам арифметического синтаксиса. Чисто внешне МК с алгебраическим синтаксисом можно отличить по специальной клавише ввода результата «=», а с арифметическим синтаксисом — по клавише выдачи результата, совмещенной с клавишей «плюс» (а иногда и с клавишей «минус») «+ =», «— =». Операции выполнялись над 8-разрядными десятичными числами, представленными при вводе и выводе в форме с естественной запятой. Лексика входного языка для простых МК включала четыре арифметических действия и вычисление некоторых элементарных функций, для инженерных — широкий набор математических функций и функций целевого назначения.

Габариты и масса МК первого поколения все еще оставались довольно значительными (простейшие — 142×80×17,5 мм, 300 г; инженерные — 170×86,5×26,5 мм, 350 г), а время непрерывной работы от автономного источника питания не превышало 3...7 ч. Тем не менее производство и внедрение МК первого поколения имело