

**Микропроцессор.
Устройство и принцип
действия ЭВМ.
Структурная схема
микроЭВМ.**

- 1. Микропроцессор.**
- 2. Структурная схема микроЭВМ.**
- 3. Система команд микроЭВМ.**
- 4. Организация памяти МП-системы.**

С развитием технологии и схемотехники цифровых интегральных схем появилась возможность создавать сложные устройства обработки цифровой информации в виде компактных микросхем. Однако увеличение сложности реализуемого алгоритма обработки, как правило, сужает область его применения. Устранить противоречие между сложностью БИС и ее универсальностью удалось за счет программирования выполняемых микросхемой функций. В программируемых БИС потребитель может путем подачи определенных командных сигналов задать один из возможных режимов работы. Основным типом программируемых БИС являются БИС микропроцессоров. Микропроцессор (МП) - это программно-управляемое устройство обработки информации, выполненное в виде одной или нескольких БИС.

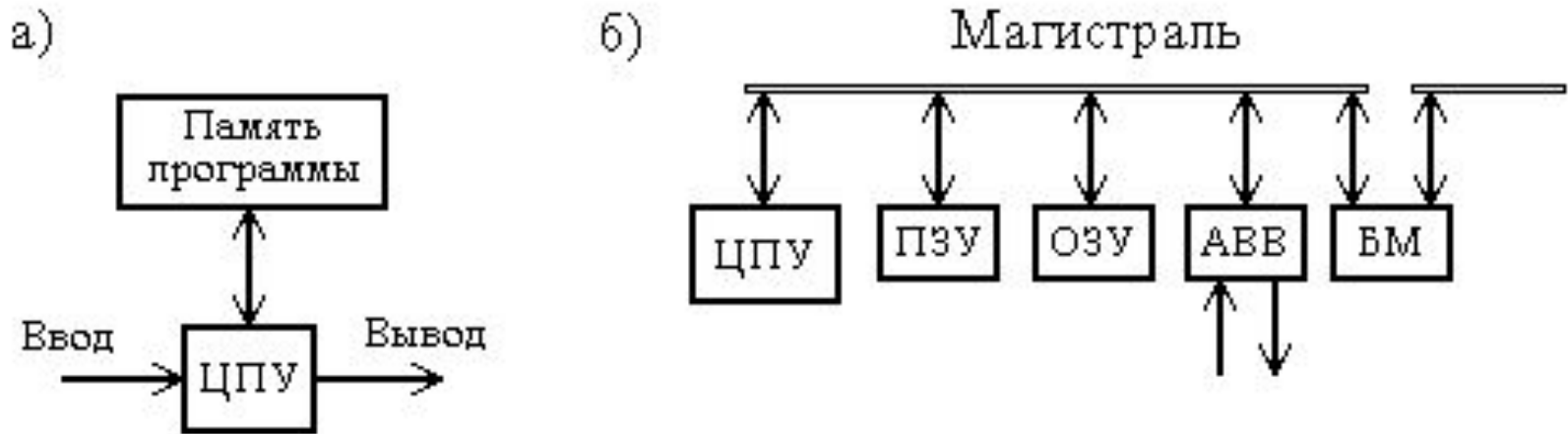


Рис. 1. Схемы, поясняющие принцип построения микропроцессорных систем.

Запоминающее устройство, которое на рис. 1а было показано в виде одного блока, на рис. 1б представлено двумя блоками: постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) и оперативным запоминающим устройством (ОЗУ). ПЗУ служит для хранения неизменяемой части программы и может работать только в режиме выдачи информации. ОЗУ используется для хранения промежуточных данных и может не только принимать на хранение, но и выдавать записанную ранее информацию.

Для того чтобы согласовать устройства ввода-вывода информации с магистралью, служат адаптеры ввода-вывода (АВВ) рис. 1б. Магистраль обычно снабжается буфером магистрали (БМ), увеличивающим ее нагрузочную способность, или адаптером магистрали, но и преобразовывать сигналы.

Рис. 1б показывает набор основных функциональных блоков, входящих в микропроцессорную систему (МП-систему). Каждый из этих блоков может состоять из одной или нескольких БИС. Существуют также однокристалльные микро-ЭВМ, сконструированные таким образом, что одна микросхема содержит в том или ином виде все блоки, необходимые для построения МП-системы. Совокупности БИС, имеющих единые принципы организации и позволяющим строить на их основе функционально законченные МП-системы, называют обычно микропроцессорными наборами.

Микропроцессорные наборы, совместимые по принятым системам команд, уровням сигналов, принципам передачи сигналов по магистралям, носят название микропроцессорных семейств. Широко известны за рубежом, например, МП-семейства типов 8080 и 6800. Первое семейство включает в себя МП-наборы типов 8080, 8085, Z80, 8088, 8086, Z8001, второе - МП-наборы типов 6800, 6802, MD46802, 6809, 68000. Отечественные аналоги микропроцессоров 8080, 8085, 8088 - это МП типов КР580ВМ80, КМ1821ВМ85, КР1810ВМ88.

Наибольшей популярностью пользуется МП серии К580 - аналог 8080. В значительной степени это, вероятно, объясняется его доступностью и наличием хороших описаний в технической литературе. За рубежом широко применяются более развитые представители семейства 8080, и в частности МП Z80 (в Германии выпускается его аналог U880). Отечественная промышленность также выпускает достаточно совершенные МП семейства 8080. Сюда относятся 8-разрядный микропроцессор типа КР1821ВМ85 (аналог 8085) и 16-разрядные МП КР1810ВМ86 (аналог 8086) и КР1810ВМ88 (аналог 8088).

В конце 1973 года фирма Intel выпустила микропроцессор 8080, который синхронизировался тактовой частотой 2 МГц. Он мог адресовать к 64 Кб ячейкам памяти и работать с 8-разрядной шиной данных. На его основе фирма IBM выпустила в 1975 г. первую персональную ЭВМ модели 5100, которая стоила 9000 дол., и поэтому была недоступна многим пользователям. В 1976 г. новая компания Apple Computer выпускает ЭВМ Apple I, а через год вторую модель стоимостью 1 600 дол., имевшую большой успех на рынке. В СССР был изготовлен аналог МП 8080 микропроцессор КР580 (ИС КР580ВМ80А, КР580ИК80А), на котором были построены первые отечественные персональные ЭВМ типа СМ-1800. Эти и другие ранние компьютеры использовали операционную систему CP/M.

Состав МПК БИС К580

Тип БИС	Наименование
KP580BM80	Микропроцессор
KP580VB55	Программируемый параллельный интерфейс
KP580VB51	Программируемый последовательный интерфейс
KP58GBH59	Программируемый контроллер прерываний
KP580BI53	Программируемый таймер
KF58DBKT8	Системный контроллер
KP580ГФГ*]	Генератор тактовых сигнала пов
KP580BT57	Контроллер прямого доступа к памяти
KP580VB79	Программируемый интерфейс клавиатуры и индикации
KP580BG72	Контроллер КГМД
KP580BG75	Контроллер видеотерминала
KP580BAB6	Шинный формироваель

Отдельные задачи измерительной техники могут эффективно решать однокристальные 8-разрядные микро-ЭВМ серии К1816 (аналог MDS-48) и однокристальная микро-ЭВМ КМ1813ВЕ1 со встроенными 4-канальным АЦП и 8-канальным ЦАП (аналог 2920 “Интел”). МП КР580ВМ80А является аналогом известного МП 8080А, разработанного фирмой “Интел” (США). Он изготавливается по *n*-канальной МОП-технологии, позволяющей получить высокую степень интеграции компонентов на одном кристалле.

В 1981 г. фирма IBM выпустила на базе микропроцессора 8088 первую модель нового персонального компьютера PC с операционной системой MS-DOS фирмы Microsoft, которую прекратила выпускать в 1987 г. Микропроцессор Intel 8088 адресует к 1 Мб ячейкам памяти и является аналогом 8086 с той лишь разницей, что имеет 8-разрядную внешнюю шину данных. Тактовая частота микропроцессора 8088, равная 4.77 МГц, позволяет в два раза увеличить быстродействие PC по сравнению с моделями ЭВМ на кристалле 8080.

Модель PC использовала до двух внешних накопителей на гибких магнитных дисках емкостью 360 Кб и 83-клавишную клавиатуру. Взаимодействие между блоками PC осуществлялось при помощи стандартной внешней шины ISA. Компьютеры с шиной ISA часто называют классическими персональными компьютерами семейства PC-XT. На системной плате PC устанавливался микропроцессор 8088, сопроцессор 8087, ОЗУ динамического типа с временем доступа 200 нс и емкостью от 64 до 256 Кб с контролем на четность. Кроме того, на системной плате в ПЗУ "зашит" встроенный интерпретатор Бейсика, система ввода/вывода BIOS и программа самопроверки при включении POST.

Упрощенная структурная схема, этого МП КР580ВМ80 построенная на его основе МП-системы показана на рис. 2. В данном случае МП выполняет роль центрального процессорного устройства (ЦПУ). Ограниченность энергии, которая может быть рассеяна в кристалле, не позволяет обеспечить достаточную нагрузочную способность выходов МП. Поэтому в большинстве случаев требуется включение внешних буферов. Внешняя магистраль в рассматриваемой системе представлена тремя отдельными шинами: шиной данных (ШД), шиной управления (ШУ) и шиной адреса (ША). Соответственно предусмотрены три буфера: буфер шины данных (БШД), буфер шины управления (БШУ), буфер шины адреса (БША).

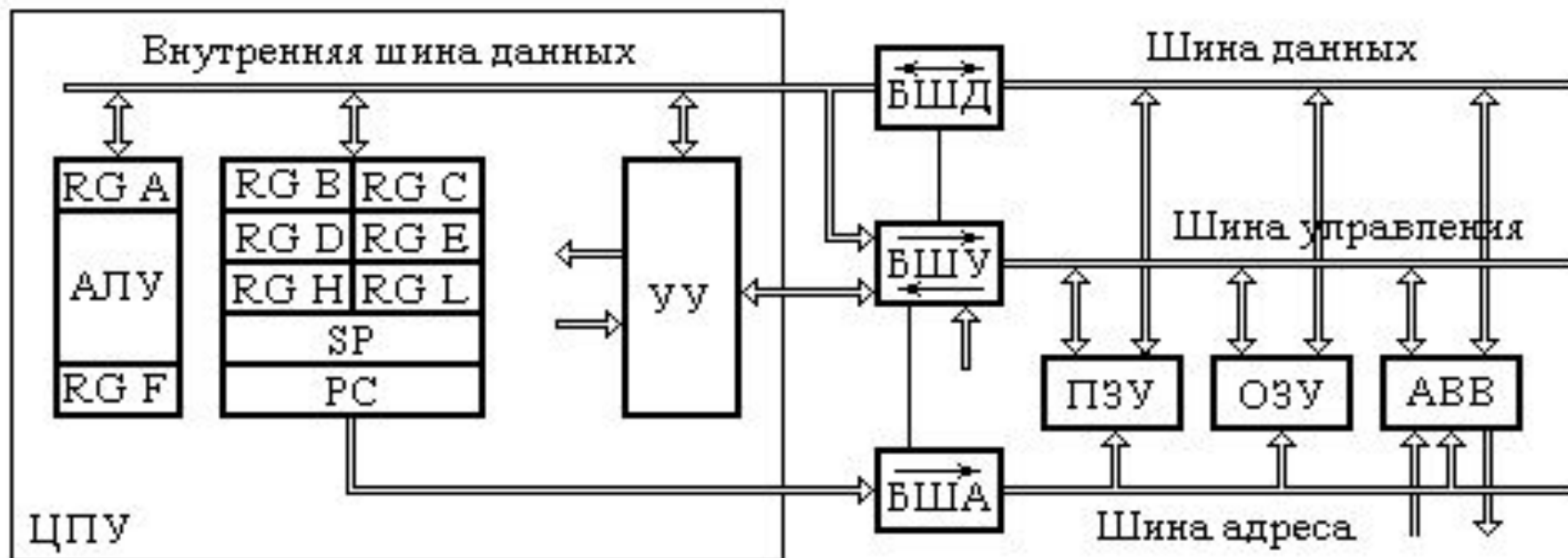


Рис. 2. Структурная схема микропроцессорной системы на основе МП КР580ВМ80 [1].

Конструктивно шины выполняются в виде набора проводов или печатных проводников, соединяющих выходы БИС или контакты разъемов, к которым подключаются модули МП-системы. МП 8080 оперирует с восьмиразрядными словами данных. Поэтому ШД здесь состоит из восьми отдельных проводников, по которым передаются двоичные сигналы. Уровни этих сигналов соответствуют стандартным уровням ТТЛ-схем.

Шина данных в МП-системе - двунаправленная. Информация по ней может передаваться как в ЦПУ, так и из ЦПУ. Направление передачи по ШД устанавливает ЦПУ.

Шина управления в рассматриваемой системе состоит из набора отдельных проводников, каждый из которых предназначен для передачи определенного сигнала в определенном направлении. МП 8080 выполнен в корпусе, имеющим 40 выводов. Это оказывается недостаточным для того, чтобы предоставить каждому сигналу управления отдельный вывод.

Поэтому часть сигналов управления передается по выводам шины данных в режиме разделения времени. Этим объясняется соединение на схеме рис. 2 буфера шины управления как с внутренним устройством управления (УУ), так и с шиной данных.

Разрядностью шины адреса (ША) определяется предельно возможный объем памяти, которой может быть укомплектована МП-система. Чем больше объем памяти, тем более сложные программы может реализовать система и тем мощнее ее вычислительные и управляющие возможности. МП типа 8080 имеют 16-разрядную адресную шину. Это означает, что ЦПУ может адресоваться к $2^{16} = 65536$ ячейкам памяти. Учитывая, что по каждому адресу может храниться 8-разрядное слово (1 байт), получаем, что предельный объем памяти составляет в данном случае 64 КБайт (1 Кбайт = 1024 байт). Шина адреса - однонаправленная, код адреса из ЦПУ поступает на ПЗУ, ОЗУ и АБВ.

Внутренняя функциональная схема МП 8080 на рис. 2 показана предельно схематично. Обозначены в основном лишь те узлы, ссылки на которые имеются в системе команд. В состав МП входит арифметико-логическое устройство (АЛУ), способное выполнять простейшие арифметические и логические операции с одним или двумя кодовыми словами. Один из операндов (или единственный операнд), над которыми производится действие в АЛУ, как правило, хранится в регистре-аккумуляторе (RG A). В этот же регистр передается результат выполнения операции. В АЛУ имеются также регистры временного хранения операндов, которые на рис. 2 не показаны.

Непосредственно к АЛУ примыкает регистр флажков (RG F), в котором хранится информация (5 разрядов) о признаках, характеризующих результат, полученный в АЛУ после выполнения очередной операции. Эти признаки представлены следующими битами:

1. битом переноса (C),
2. битом дополнительного переноса (ac),
3. битом знака (S),
4. битом нулевого признака (Z),
5. битом четности (P).

Бит переноса устанавливается равным 1 при переносе из старшего разряда (переполнение разрядной сетки). Дополнительный перенос - это перенос из младшего полубайта в старший. Информация об этом переносе нужна при переводе двоичных чисел в двоично-десятичные. Бит знака равен 1 тогда, когда в 7-м (старшем) разряде результата операции присутствует единица (отрицательные числа в ЦПУ представлены в дополнительном коде). Если $Z = 1$, то это означает, что получен нулевой результат. И, наконец, бит четности, равный единице, указывает на то, что в полученном результате содержится четное число кодовых единиц.

Не все операции, выполняемые в АЛУ, воздействуют на содержание регистра флажков. Этот факт следует учитывать при программировании условных переходов по состоянию отдельных разрядов регистра F. Содержание регистра F дополняется до стандартного 8-разрядного размера тремя постоянными нулями.

Входящие в МП восьмиразрядные регистры общего назначения В, С, D, E, H, L играют роль сверхоперативного запоминающего устройства. Эти регистры могут использоваться отдельно и в виде 16-разрядных регистровых пар ВС, DE, HL, называемых в командах по имени первых регистров В, D, H, содержащих старшие байты чисел.

Шестнадцатиразрядный регистр SP (*stack pointer*) -это указатель стека, т.е. регистр, информация в котором указывает адрес очередной свободной ячейки стековой памяти. Стековая, или магазинная, память работает по принципу "последний вошел, первый вышел". Программист выделяет область ОЗУ, отводимую под стек, и помещает в регистр SP адрес последней ячейки этой области (в рассматриваемом МП стек заполняется с конца). Затем при необходимости по ходу выполнения программы на хранение в стек могут быть отправлены 16-разрядные кодовые слова из регистровых пар AF, BC, DE, HL . Каждое такое слово занимает две восьмиразрядные ячейки памяти с адресами (SP) и (SP) - 1, где (SP) - содержимое регистра SP

Соответственно при помещении в стек очередного слова содержимое регистра SP автоматически уменьшается на 2. Затем при чтении каждого записанного в стек слова содержимое регистра SP увеличивается на 2. Операции со стеком удобны тем, что реализуются короткими однобайтными командами и программисту не нужно в командах указывать адреса ячеек памяти, куда записывается или откуда читается информация. Однако нужно учитывать, в каком порядке слова были направлены в стек, так как при чтении они будут выдаваться в обратном порядке.

Показанный на схеме рис. 2 16-разрядный регистр РС (*programm counter*) - это программный счетчик. Слово, записанное в регистре РС, выводится на 16-разрядную адресную шину и определяет, таким образом, адрес ячейки памяти, к которой в данный момент производится обращение. После выполнения каждой команды, за исключением команд переходов, число, записанное в РС, увеличивается на число единиц, равное числу байтов в коде этой команды. При выполнении команд переходов, содержимое РС может изменяться скачком.

Устройство управления УУ, входящее в состав МП (рис. 2), обеспечивает правильное функционирование всех внутренних узлов ЦПУ, выдает командные сигналы на внешнюю шину управления и воспринимает сигналы с этой шины.

Функциональные узлы ЦПУ соединены между собой внутренней шиной данных, с помощью которой они могут обмениваться информацией. Шины данных и адреса, выходящие из ЦПУ, могут быть переведены в высокоимпедансное состояние (внутренние буфера этих шин на рис. 2 не показаны).

Буферные регистры W,Z не являются программно доступными регистрами и используются для выполнения команд внутри МП БИС.

Регистр команд РгК и дешифратор команды ДШК используются в МП БИС для получения и дешифрации кода команды. При извлечении команды первый байт, содержащий ее код, помещается в регистр команды и поступает на дешифратор команд. Дешифратор совместно с устройством управления и синхросигналами $\Phi 1$ и $\Phi 2$ формируют управляющие сигналы для всех внутренних блоков МП БИС, а также его выходные сигналы управления и состояния.

Выполнение каждой команды производится в МП БИС в строго определенной последовательности, определяемой кодом команды, и синхронизируется во времени сигналами $\Phi 1$ и $\Phi 2$ тактового генератора.

Период синхросигналов CLK1 и CLK2 называется МАШИНЫМ ТАКТОМ (Т). Длительность машинного такта Т может быть установлена произвольно в диапазоне от 0.5 до 2 микросекунд. При использовании МП БИС необходимо ясно представлять динамику его работы, т.е. на каких магистралях, в зависимости от каких управляющих сигналов и когда МП БИС будет выдавать ту или иную информацию. Это в дальнейшем поможет понимать работу схем, позволяющих согласовывать ее с различными периферийными устройствами микро-ЭВМ.

При анализе процессов будем использовать следующие понятия:

Машинный цикл (M)-время , требуемое для извлечения из памяти один байт информации или выполнение команды, определяемой одним машинным словом. Машинный цикл может состоять из 3-5 машинных тактов. **Время выполнения команды** - время получения, декодирования и выполнения команды.

В зависимости от вида команды это время может состоять из 1-5 машинных циклов. Для МП БИС КР580ИК80 существует 10 различных типов машинных циклов:

1. Извлечение кода команды (M1).
2. Чтение данных из памяти.
3. Запись данных в память.
4. Извлечение из стека.
5. Запись данных в стек.
6. Ввод данных из внешнего устройства.
7. Запись данных во внешнее устройство.
8. Цикл обслуживания прерывания.
9. Останов.
10. Обслуживание прерываний при работе МП БИС в режиме останова.

Тип выполняемого цикла МП указывает на первом такте каждого машинного цикла с помощью 8-разрядного слова состояния, выдаваемого на ШД.

Отдельные разряды слова состояния задействуются в микро-ЭВМ для формирования магистрали управления. Слово состояния выдается на ШД лишь на интервале синхросигналов С (такты T1 и T2), а используется на протяжении всего машинного цикла, поэтому необходимо записать его в специальный регистр слова состояния PгСС. Запись осуществляется с использованием сигнала “Синхро” и тактового импульса Ф1. Сигнал “Синхро” появляется в начале каждого цикла и занимает промежуток времени между положительными фронтами тактового импульса Ф2 на тактах T1 и T2. Таким образом, запись слова состояния осуществляется сигналом Ф1 на такте T2.

1. Извлечение кода команды или данных из памяти или внешнего устройства.

Цикл М1 является основным циклом с которого начинается выполнение любой команды, поэтому временные процессы для него рассмотрим более подробно. Анализ процессов будем проводить по каждому машинному такту Т (рисунок 5).

На такте Т1 программный счетчик МП выдает на ША адрес ячейки памяти, из которой будет считываться код команды. При этом схема приращения адреса МП автоматически увеличивает на единицу значение числа, записанного в программном счетчике. Положительным фронтом тактового импульса Ф2 формируется сигнал “Синхро” и выдается слово состояния на ШД. Сигнал “Прием”, управляющий двунаправленным шинным формирователем (ШФ) шины данных (рисунок 6), на этом такте равен нулю, что позволяет слову состояния поступить на ШД процессора.

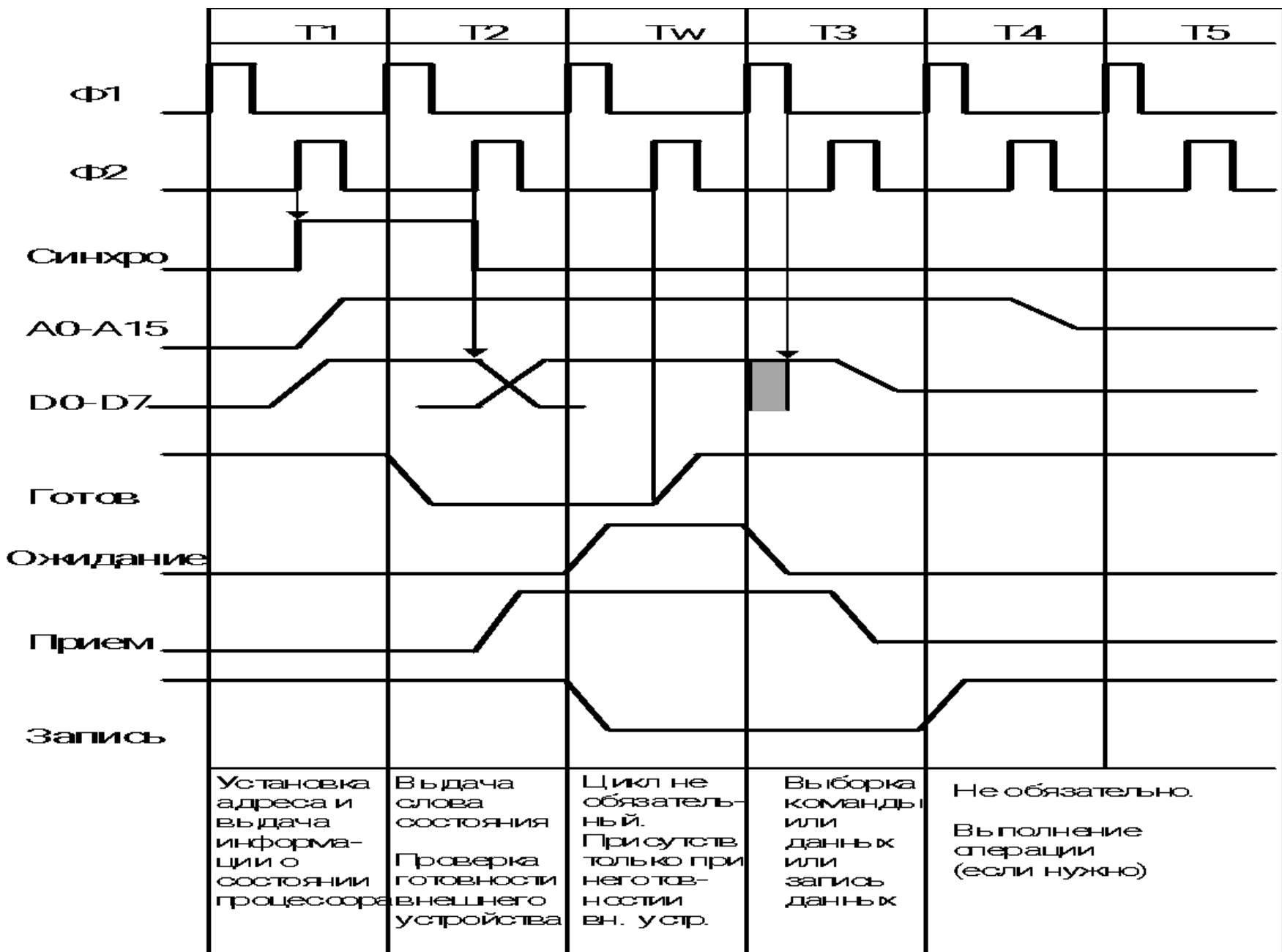


Рисунок 5 - Временные диаграммы цикла выполнения команды

На такте T2 слово состояния записывается в регистр. Положительным фронтом Ф2 заканчивается сигнал “Синхро” и формируется единичный сигнал “Прием”, позволяющий данным поступить на вход МП через ШФ.

На такте T2 из сигнала “Прием” и седьмого разряда слова состояния (Д7) формируется сигнал на чтение данных из памяти (Чт. памяти), позволяющий данным поступать из памяти на ШД (см. рисунок 5). На этом же такте анализируется состояние сигналов “Готов” и “Захват”. При нулевом сигнале на входе “З.Зх” и единичном сигнале на входе “Готов” МП переходит к выполнению такта T3.

Если к моменту появления отрицательного фронта Φ_2 на такте T_2 сигнал на входе “Готов” будет иметь нулевой потенциал, то МП на такте T_3 переходит в режим ожидания. В этом режиме приостанавливается процесс обработки данных и формируется единичный сигнал на выходе “Ожидание”, подтверждающий это состояние. Время ожидания выражается целым числом тактов и может длиться бесконечно долго. На каждом такте в этом режиме при отрицательном фронте Φ_2 будет проверяться состояние сигнала на входе “Готов”.

На такте T3 в момент отрицательного фронта сигнала Ф1 производится запись данных во внутренний регистр кода команды. Положительным фронтом Ф2 снимается сигнал “Прием” на выходе МП и, следовательно, сигнал “Чт. памяти”.

На последующих тактах T4 и T5 . дешифратор кода команды расшифровывает код команды, определяет количество байтов в команде, формирует команды на внутренние пересылки данных и подготавливает МП к выполнению следующих машинных циклов.

Отличие машинных циклов чтения данных из памяти или внешнего устройства будет заключаться лишь в том, что МП будет воспринимать числа, полученные на такте T3 по ШД не как код команды, а как данные. При приеме данных из внешнего устройства на ШУ формируется сигнал чтение устройства ввода-вывода (Чт.ВУ) из сигнала “Прием” и разряда D6 регистра состояния. Этот сигнал позволяет именно ВУ выдать информацию на ШД процессора.

2. Запись данных в память или внешнее устройство.

На такте T1 содержимое регистра адреса МП выдается на ША, а на ШД выдается слово состояния.

На такте T2 на ШД выдаются данные для записи в память.

На такте T3 формируется сигнал “Запись”, по которому будет проходить запись данных в память или ВУ.

На протяжении всего машинного цикла записи данных в память сигнал “Прием” находится на нулевом уровне, что позволяет двунаправленному шинному формирователю работать в режиме выдачи данных на ШД МП.

Процесс записи данных во внешнее устройство аналогичен записи данных в память. Единственное отличие этого процесса заключается в том, что вместо сигнала “Зп.память” формируется сигнал “Зп.в ВУ”, т.е. в первом случае выполнялась сборка по “И” для сигналов “Запись” с МП и “Память” с РгСС, а во втором - сборка по “И” для сигналов “Запись” и “Вывод”.

Начальная установка.

В течение всего времени, пока входе R установлен уровень “1”, все операции в МП будут приостановлены. За это время обнуляются программный счетчик, триггер разрешения прерывания.

Следовательно, первая выполняемая команда будет считываться по адресу 0000.

После начала выполнения программы прерывания остаются отключенными. Для восстановления возможности восприятия запросов прерывания в программу необходимо включить команду EI.

Режимы работы МП-системы. МП-система - это, в конечном счете, цифровой автомат, который выполняет операции с цифровой информацией в соответствии с хранящейся в памяти программой. Поэтому работа по программе и является основным режимом работы такой системы.

После начального запуска (сброса) в программном счетчике (регистр РС) устанавливается число 0000H. Буква H в конце числа указывает, что число представлено в шестнадцатеричном коде, т. е. отношение весов данного и соседнего младшего разрядов числа равно 16 (в шестнадцатеричном коде используются цифры 0 - 9, а также буквы A - F латинского алфавита, соответствующие десятичным числам 10 - 15).

Установка в состояние 0000H регистра РС приведет к тому, что на адресную шину будет выдан адрес 0000H и ЦПУ произведет чтение байта информации, хранящегося в ячейке памяти, расположенной по этому адресу. Содержимое этого байта будет расшифровано в ЦПУ как код соответствующей операции. Получив код операции (КО), ЦПУ определяет число байт, которое должно содержать полный код команды. В рассматриваемом микропроцессоре команды бывают одно-, двух- и трехбайтные, причем по содержанию кода операции МП однозначно устанавливает длину кода команды. Если команда описывается двумя или тремя байтами, то ЦПУ считывает недостающие один или два байта из последующих ячеек памяти.

Микропроцессор БИС КР580ВМ80 имеет фиксированный набор команд. Время выполнения команды определяется процессом получения, декодирования и выполнения команды. Его можно представить состоящим из ряда временных интервалов. Наиб. короткий, равный периоду синхросигналов МП БИС, называется машинным тактом. Время, необходимое для извлечения 1 байт информации из памяти или внешнего устройства или выполнения команды, определяется одним машинным словом, называется машинным циклом.

Ряд команд МП предусматривает обработку или передачу чисел двойной длины. В этих случаях пары регистров В и С, D и E или H и L объединяются в 16-разрядные регистры

К двухбайтным командам в МП относятся команды с непосредственной адресацией и команды ввода-вывода. Соответственно второй байт команды этой группы содержит 8-разрядный операнд или 8-разрядный адрес устройства ввода или вывода.

В трехбайтных командах второй и третий байты содержат 16-разрядные адреса (в командах с прямой адресацией) или 16-разрядные операнды (в командах загрузки регистровых пар и указателя стека).

После выполнения каждой операции а АЛУ вырабатывается пять признаков, значения которых могут влиять на выполнение последующих команд обработки информации и условной передачи управления. Однако следует иметь ввиду, что различные команды по-разному влияют на отдельные признаки.

Для удобства сохранения и восстановления состояния МП во время прерываний и перехода к подпрограммам все указанные признаки сохраняются в специальном регистре - регистре признаков. Расположение признаков в разрядах регистра приведено в таблице.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
S	Z	0	AC	0	P	1	CY

где S - признак "знака" (принимает значение старшего разряда результата);

Z - признак нулевого результата;

AC - признак вспомогательного переноса (если есть перенос между тетрадами байта, то AC=1, иначе AC=0);

P - признак четности результата (если число единиц в байте результата четно, то P=1, иначе P=0);

C - признак переноса или заема (если при выполнении команды возник перенос из старшего разряда или заем в старший разряд то C=1, иначе C=0).

Для ускорения вычислений некоторые операнды хранятся в блоке РОН. Команды, работающие с этими операндами, используют укороченные адресные коды (регистрающую адресацию).

Эти команды позволяют исключить сравнительно длинный цикл обращения к ОЗУ и тем самым существенно повысить скорость выполнения операций. В связи с ограниченной разрядностью РОН и при работе с большим массивом данных, используются другие методы адресации, которые позволяют обращаться к операндам, расположенным во внешней по отношению к МП памяти. Наиболее распространенной является косвенная регистрающая адресация, которая использует регистрающую пару HL.

3. Система команд микроЭВМ.

Последовательность (закон) преобразования информации в ЭВМ задается программой. Программа размещается в ОЗУ в виде команд, представленных в машинных кодах. Представление программ в машинных кодах требует много времени на ввод команд и их проверку. Поэтому для уменьшения времени на программирование, вероятности ошибок кодирования, повышения наглядности представления команд для задания закона преобразования информации используется машинно-ориентированный язык Ассемблер. Поскольку различные микроЭВМ отличаются структурой и конструктивными особенностями, изменяется содержание и языка Ассемблер.

Поэтому в зависимости от разновидности операции и участвующих в ней устройств в микроЭВМ используются 1-, 2- и 3-байтные команды. В 1-байтной команде 5 разрядов отводится под КОП и 3 разряда – под адрес устройства микропроцессора. В 2- и 3-байтных командах под поле КОП отводится первый байт команды. Вторые и третьи байты используются или под операнд (непосредственная адресация), или под код адреса ячейки в ПЗУ или ОЗУ (прямая адресация).

Отличительной особенностью команды условного перехода от команд управления безусловного перехода является проверка значения логического условия в соответствии с типом команды перед последней микрооперацией передачи содержимого группы регистров W и Z в РС. Если условие выполняется, то содержимое из W, Z передается в РС; если нет, то содержимое остается адресом следующей команды. Содержимое РС затем передается в РА.

Буферные регистры W,Z не являются программно доступными регистрами и используются для выполнения команд внутри МП БИС.

Кроме двоичной системы, в ЭВМ часто используется шестнадцатеричная система счисления. Более компактная запись чисел в этой системе позволяет уменьшить вероятность ошибок и увеличить скорость ввода информации, уменьшить число индикаторов контроля правильности преобразования информации и расширить диапазон представления чисел. В этой системе алфавит состоит из 16 символов: 0, ..., 9, A, B, C, D, E, F, каждый из которых может быть размещен в одной из позиций числа. Ввиду кратности оснований систем счисления правила перевода чисел из двоичной системы счисления в шестнадцатеричную и обратно весьма просты.

Сначала двоичное число разбивается на тетрады, затем каждая тетрада заменяется соответствующим шестнадцатеричным символом. Например, разбиение целого числа 11110111 на тетрады справа налево даст 1111 0111, а в результате замены шестнадцатеричным эквивалентом получаем число F7(16). Обратное преобразование шестнадцатеричного числа осуществляется заменой символов 0,1,...,F тетрадами двоичного эквивалента. Например, 6FD(16)= 0110 1111 1101(2) .

Команды передачи данных

Первая группа команд обеспечивает выполнение операций размещения, обмена, загрузки и перемещения данных. Число команд – 84. Наибольшее число команд пересылки типа $MOV\ R_i, R_j$. Команды однобайтные, предназначены для пересылки операндов из одного регистра в другой или обмена информацией между РОН и ОЗУ. Например, команда $MOV\ A, B$ имеет код $78_{(16)}$ (дополнение к таблице 5.1); адресация – регистровая, выполняет операцию передачи содержимого регистра B в регистр A ($A \leftarrow B$).

Команды `MOV M,Rj` осуществляют передачу содержимого одного из `РОН` в ячейку памяти с адресом, указанным в регистровой паре `H,L`. Поэтому перед выполнением данных команд необходимо предварительно поместить младший байт адреса ячейки `M` в регистр `L`, старший байт адреса в регистр `H`.

Команды MOV Ri,M осуществляют передачу содержимого ячейки памяти M с адресом, указанным в регистровой паре H,L, в один из РОН.

Рассмотрим назначение других команд:

MVI Ri,V осуществляют непосредственную передачу операнда, находящегося во втором байте команды, в РОН или ячейку памяти.

MVI B,V (код – $06_{(16)}$) загружает в регистр B второй байт команды, равный V.

MVI M,V (код – $36_{(16)}$) осуществляет непосредственную передачу второго байта команды V в ячейку с адресом, указанным в регистровой паре H,L.

LDA aa осуществляет прямую загрузку аккумулятора содержимым ячейки памяти с адресом aa, причем второй байт команды – младшие разряды адреса, третий байт – старшие.

STA aa осуществляет передачу содержимого аккумулятора в ячейку с адресом aa , т.е. $M(\text{байт3}, \text{байт2}) \leftarrow A$.

LHLD aa загружает регистровую пару H,L содержимым ячеек памяти с адресами aa, aa+1, т.е. $H \leftarrow M(aa+1)$, $L \leftarrow M(aa)$.

LDAX B, LDAX D загружают аккумулятор содержимым ячейки по адресу, находящемуся в регистровой паре B,C; D,E соответственно.

STAX B, STAX D передают содержимое аккумулятора в ячейку памяти по адресу, находящемуся в регистровой паре B,C; D,E соответственно.

XCHG осуществляет обмен данными между регистрами H и D, L и E.

SHLD aa загружает две соседние ячейки памяти содержимым регистров H,L: $M(\text{байт3}, \text{байт2} = aa_{(16)}) \leftarrow L$, $M(aa+1) \leftarrow H$.

Арифметические команды

Эти команды предназначены для выполнения операции сложения, сложения с переносом, вычитания, вычитания с заёмом, инкрементирования, декрементирования, десятичной коррекции аккумулятора. В большинстве случаев эти команды изменяют содержимое разрядов регистра флажков F, который содержит информацию следующего вида:

S – индикатор знака;

Z – нуля;

AC – вспомогательного переноса;

P – четности;

CU – переноса.

S	Z	O	AC	O	P	1	CU	
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	, где разряд

Рассмотрим команды этой группы:

ADD R_i осуществляет сложение в прямых кодах содержимого аккумулятора и операнда, находящегося в PОН или ячейке памяти.

ADD B (код – $80_{(16)}$) выполняет операцию $A=A+B$ без учета знака, результат сложения остается в A.

ADD M (код – $86_{(16)}$) складывает содержимое аккумулятора с операндом ячейки памяти по адресу, указанному в регистровой паре H,L.

ADI V выполняет сложение в АЛУ аккумулятора с операндом в команде, результат сложения заносит в А. В данной команде в первом байте располагается КОП, во втором – операнд V.

ADC Ri складывает содержимое А с РОН или ячейкой памяти и в младший разряд сумматора АЛУ прибавляет содержимое младшего разряда регистра F.

Логические команды

Задачей этих команд является выполнение поразрядной конъюнкции, дизъюнкции, сложения по модулю 2, сравнения содержимого A и R_i или A и V , а также циклического сдвига операндов в A (таблица 5.1). Например, команда $XRA M$ (код – $AE_{(16)}$) осуществляет сложение по модулю 2 содержимого ячейки памяти M , расположенной по адресу, находящемуся в H,L , с аккумулятором, результат операции размещает в A .

Команды передачи управления

Четвертая группа команд содержит команды перехода, вызова, возврата и повторного запуска. Эта группа предназначена для изменения естественного порядка следования команд.

JMP aa безусловный переход к команде, находящейся в ячейке (байт3, байт2 = aa). Второй и третий байты команды загружаются в W,Z и затем в PC, а через регистр адреса команда извлекает очередную необходимую команду программы.

JNZ aa извлекает команду аналогично JMP только при Z=0, в противном случае извлекается следующая по порядку команда, PC=PC+1.

JZ aa извлекает команду по адресу aa при Z=1, а при Z=0 по адресу PC=(PC*+1), т.е. по состоянию счетчика команд на 3 больше адреса предыдущего PC*.

CALL aa выполняет безусловный переход на $aa_{(16)} = (\text{байт3}, \text{байт2})$ команды. При этом прерванный адрес в счетчике команд $PC = (PCN, PCL)$ следующий за CALL команды запоминается занесением в стековую память: в ячейку памяти $M(SP-1)$ заносятся старшие разряды PCN, в ячейку $M(SP-2) = PCL$ младший байт PC, значение указателя стека SP уменьшается за два цикла на 2.

Данная команда осуществляет безусловный переход на `aa`, однако часто требуется переход к подпрограмме в зависимости от состояния регистра `F`. Для этой цели используются следующие разновидности команды `CALL aa`:

`CNZ aa(C4)`, `CZ aa(CC)`, `CNC aa(D4)`, `CC aa(DC)`, `CPO aa(E4)`, `CPE aa(EC)`, `CP aa(F4)`, `CM aa(FC)`.

В этих командах проверяются условия аналогично командам условного перехода и при истинности условий реализуют функции CALL aa, т.е. осуществляют переход к подпрограмме по адресу aa с занесением содержимого PC в стековую память. Если условие не выполняется, реализуется следующая команда основной программы по адресу PC.

RET безусловный возврат к команде основной программы: её адрес загружается в PC из вершины SG стековой памяти и к указателю стека прибавляется 2. Возможен также возврат по условию с использованием команд: RNZ(C0), RZ(C8), RNC(D0), RC(D8), RPO(E0), RPE(E8), RP(F0), RM(F8).

Команды ввода/вывода из периферийных устройств и организации прерываний

Последняя группа команд выполняет операции помещения в стек и извлечения из него, ввода и вывода данных, обмена данными, подтверждения и неподтверждения прерываний, управления отсутствием операций и останова, установления маски прерываний.

IN ар вводит данные в А из порта периферийного устройства, адрес которого определяется вторым байтом команды.

OUT ар выводит данные из А в порт, адрес которого определяется вторым байтом команды.

PUSH RP помещает содержимое регистровой пары RP в стек. В ячейку $M(SP-1)$ помещает значение старшего регистра, в $M(SP-2)$ – значение младшего регистра пары, указатель стека дважды декрементируется $SP=SP-2$. Разновидностью этой команды является команда занесения в стек слова состояния процессора PUSH PSW, которая помещает в $M(SP-1)$ содержимое A, а в ячейку $M(SP-2)$ содержимое F, причем разрядам ячейки $M(SP-2)$ присваиваются $b0 \square CY$, $b2 \square P$, $b4 \square AC$, $b6 \square Z$, $b7 \square S$.

POP RP извлекает из стека в регистровую пару RP содержимое двух ячеек памяти, в младший регистр загружаются данные из $M(SP)$, в старший – из $M(SP+1)$. К указателю стека прибавляется 2. Разновидностью этой команды является POP PSW, которая из ячейки $M(SP)$ загружает регистр F по следующему правилу: флагу $CU \square b0$, $P \square b2$, $AC \square b4$, $Z \square b6$, $S \square b7$, $A \square M(SP+1)$

Программа 1.1 (в мнемокодах)

Мнемокод

Комментарий

LDA 0B00 Получить число из адреса 0B00.

CMA Инвертировать число.

STA 0B01 Записать результат по адресу 0B01.

RST 1 Прервать выполнение программы.

При записи программ все числа представляются в шестнадцатеричной системе счисления.

Программа 1.1 (размещение по адресам памяти)

Адрес	Число	Комментарий
0800	3A	Код команды LDA
0801	00	Младший байт адреса
0802	0B	Старший байт адреса
0803	2F	Код команды CMA
0804	32	Код команды STA
0805	01	Младший байт адреса
0806	0B	Старший байт адреса
0807	CF	Код команды RST 1

Для записи программы в память микро-ЭВМ необходимо перевести мнемокоды команд в машинные коды. Команды в программе могут быть одно-, двух- или трехбайтные и должны в памяти занимать соответственно один, два или три адреса.

Программа 1.1 (общий вид записи)

Адрес	Машинный код	Метка	Мнемокод	Комментарий
0800	3A 000B		LDA,0B00	Получить число
0803	2F		CMA	Инвертировать число
0804	32 010B		STA,0B01	Записать по адресу
		0B01		
0807	CF		RST 1	Прервать выполнение программы

Предварительную запись программ удобно проводить в более компактной форме. В программе указывается начальный адрес каждой команды и при этом понимается, что в зависимости от длины (одно-, двух-, трехбайтная) команды в памяти будут занимать от одной до трех последовательных ячеек. При такой записи в левом столбце указываются лишь адреса команд в программе. Это позволяет сократить объем при описании программ и сделать более простым их анализ. В программе 1.1 используется прямой способ адресации.

Программа 1.2

Адрес	Машинный код	Метка	Мнемокод	Комментарий
0800	21 000B 0B00 H		LXT H,0B00	Записать в регистры HL число
0803	7E		MOV A,M	Получить число из адреса, указанного в регистрах HL
0804	2F		CMA	Инвертировать число в аккумуляторе
0805	23		INX H	Увеличить на 1 число в регистрах H,L
0806	77		MOV M,A	Записать число из аккумулято- ра по указан ному адресу в H,L
0807	CF		RST 1	Прервать выполнение программы

Микросхемы памяти ОЗУ (К573РУ9) и ППЗУ (К573РФ5) в составе микропроцессорной системы

