



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению Лабораторной работы №1
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Проектирование микропроцессорных систем (МП и МК)»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению Лабораторной работы №1
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Проектирование микропроцессорных систем (МП и МК)»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению лабораторной работы №1 по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Проектирование микропроцессорных систем (МП и МК)» / Коллектив авторов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 27 с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание по выполнению лабораторной работы №1 по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Проектирование микропроцессорных систем (МП и МК)».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

Введение.

Настоящие методические указания и задания по лабораторному практикуму являются составной частью курса лекций “Управление в технических системах. Микропроцессоры.”.

Настоящий лабораторный практикум посвящен изучению микропроцессорного комплекта (МПК) на базе микропроцессорной секции серии К589 с микропрограммным управлением. Студенты выполняют работы на учебных микро-ЭВМ типа МП589М, построенных на МПК К589. Целью работ является изучение принципов построения и программирования разрядно модульных МП с микропрограммным управлением.

Методика изложения в какой-то степени основывается на описании работы микро-ЭВМ МП-589М (“Учебная микро-ЭВМ МП-589М. Паспорт . ПБА2.390.038ПС”, М.: МИЭТ, 1984), на учебном пособии “Микропроцессоры. В 3^х книгах.”/Под ред. Преснухина Л.Н., М.: Высшая школа, 1986 и на справочнике “Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем. Справочник в 2-х т. ”/ В.-Б. Б.Абрайтис, Н.Н.Аверьянов, А.И.Белоус и др.: под ред. В.А.Шахнова.- М.: Радио и связь, 1988.

Приведенные в практикуме описания блоков и программ позволят студентам самостоятельно проектировать микро-ЭВМ и микроконтроллеры на базе БИС МПК К589 и использовать их в технических разработках.

1. Описание работы микро-ЭВМ МП-589М.

Микро-ЭВМ МП-589М (см. рис. 1) представляет собой настольную установку, состоящую из корпуса (5) с установленными в нем источником электропитания (3), платой звуковой сигнализации (1), а также плат микро-ЭВМ (2) и индикации (4), закрытых прозрачной крышкой (6). На верхней панели располагаются светодиоды индикации питания и перегрузки источника электропитания. На правой боковой поверхности корпуса расположен выключатель сетевого электропитания. На задней стенке корпуса имеется откидная крышка, за которой находятся сетевой шнур, клемма защитного заземления и предохранители.

Основой установки служит плата микро-ЭВМ, построенная на базе МПК К589. Расположение основных элементов на плате показано на рис.1. Функциональная схема микро-ЭВМ приведена на рис.2. Микро-ЭВМ состоит из следующих основных составных частей:

1. восьмиразрядного операционного блока (ОБ), выполненного на 4^x двухразрядных центральных процессорных элементах (ЦПЭ) К589ИК02 и БИС К589ИК03 – схеме ускоренного переноса (СУП);
2. устройства управления (УУ), состоящего из:
 - а) ПЗУ микрокоманд (4 ИС К556РТ5), емкостью 512 слов по 32 разряда;
 - б) регистра микрокоманд (РМК) на базе ИС К155ИР1 и К155ТМ2;
 - в) мультиплексора условий (МС) на ИС К155КП7;
 - г) блока приоритетных прерываний (БПП) на ИС К589ИК04;
 - е) регистра кода команды (РКК);
3. ОЗУ емкостью 256 байт на 8^{ми} ИС К561РУ2;
4. клавиатуры данных и режимов работы;
5. генератора тактовых сигналов (ГТИ), стабилизированного кварцевым резонатором на частоту 2 МГц, работающим на основной гармонике;
6. схем индикации состояния шин на светодиодах АЛ307БМ.

К шинам адреса (А), данных от процессора (Д), данных от внешних источников (В), данных из памяти (М) подключаются платы индикации и звуковой сигнализации.

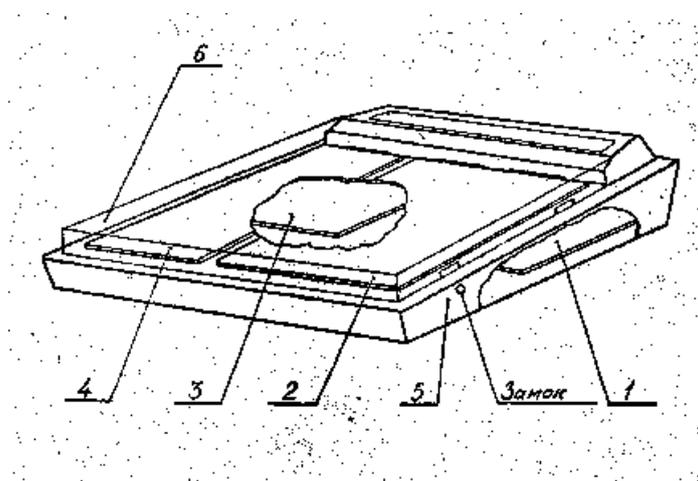


Рис 1. Внешний вид микро-ЭВМ МП-589М.

1.1. Операционный блок микро-ЭВМ.

Операционный блок микро-ЭВМ построен на ЦПЭ К589ИК02, который представляет собой двухразрядную процессорную секцию, допускающую объединение аналогичных ЦПЭ для увеличения разрядности обрабатываемых слов.

Структура ЦПЭ показана на рис.3. В его состав входят следующие основные блоки:

1. сверхоперативное запоминающее устройство (СОЗУ), состоящее из 11 регистров общего назначения (РОН) R0...R9, T;
2. регистр адреса (РА);
3. регистр-аккумулятор (АС);
4. арифметико-логическое устройство (АЛУ);
5. два мультиплексора (А и В);
6. дешифратор микроинструкций;
7. буферные схемы выходных магистралей ВА и ВД.

Данные от внешних источников поступают в ЦПЭ по одной из трех входных шин В, М, К. Результаты вычислений передаются из ЦПЭ по одной из двух выходных шин А или Д. Внутри ЦПЭ данные хранятся в регистрах СОЗУ РА и АС. Данные с входных шин, регистров СОЗУ или аккумулятора (АС) поступают на входы АЛУ через мультиплексоры А и В. Входы и выходы переноса (С1 и С0), входы и выходы сдвига вправо (СП1 и СП0), а также выходы для схемы ускоренного переноса (СУП) X и Y служат для организации сдвигов и переносов в много разрядном ОБ, возможных при выполнении арифметических и логических операций.

АЛУ способно выполнять следующие арифметические и логические операции: увеличение и уменьшение операнда на 1, сложение в двоичном коде, логическое умножение операндов (логическое “И”), логическое сложение операндов (логическое “ИЛИ”), операцию “исключающее ИЛИ”, операцию получения логического дополнения.

Данные для обработки АЛУ получает через мультиплексоры А и В, которые имеют различное назначение. Мультиплексор А может передавать в АЛУ информацию либо с шины А, либо из аккумулятора или выбранного регистра СОЗУ. Мультиплексор В соединяет со входом АЛУ шины В или К или выход аккумулятора, причем его выходные сигналы образованы конъюнкцией кода на шине К и выбранных информационных сигналов с шины В или из аккумулятора. Поэтому шина К может использоваться для маскирования отдельных разрядов при арифметических и логических операциях и для передачи констант из памяти.

Для построения много разрядных операционных блоков ЦПЭ соединяют каскадами (см. рис.4), подавая на каждую секцию свои разряды шин данных, адреса, маски (шина К) и внешних устройств. Выводы сдвигов влево (С0, С1) и вправо (СП0, СП1) соединяют с соседними каскадами, что позволяет продвигать переносы по секциям ЦПЭ.

Каждый ЦПЭ выполняет операцию в соответствии с кодом микроинструкции F0–F6, подаваемым на вход дешифратора микроинструкций. Код микроинструкции делится на 2 группы: F-группа (F4, F5, F6) принимает значения 0...7 и её кодировка

приведена в табл. П1, R-группа (F0, F2, F3), кодировка которой приведена в табл. П2. F-группа определяет вид выполняемой операции, а R-группа – регистры, участвующие в операции. Причем R-группа №1 включает регистры R0...R9, T и аккумулятор, R-группа №№ 2 и 3 – только регистры T и аккумулятор. Таблицы системы команд можно найти в [1].

Временная диаграмма работы ЦПЭ следующая. По положительному фронту синхроимпульса, поступающего из тактового генератора на ЦПЭ, устройство управления устанавливает на входах код F0–F6 микроинструкции. В соответствие с этим кодом к АЛУ с помощью мультиплексоров А и В подключаются входные информационные магистрали, либо один из регистров СОЗУ или аккумулятор АС. После формирования в АЛУ результата по отрицательному фронту синхроимпульса он загружается в указанный в этой же микроинструкции регистр. Затем содержимое регистра адреса РА или аккумулятора АС через выходные буфера может подаваться на выходные магистрали А или Д.

ЦПЭ имеет специальные выходы X и Y для подключения схемы ускоренного переноса (СУП). Данная схема в случае необходимости осуществляет генерацию параллельного переноса по всем секциям ЦПЭ одновременно, существенно ускоряя тем самым выполнение арифметических операций.

1.2. Устройство управления.

Операционный блок микро-ЭВМ работает в соответствии с сигналами устройства управления, использующего микропрограммный способ управления. Для этого слово микрокоманды расширено до 32 разрядов и включает в себя кроме непосредственно кода F0–F6 микроинструкции ЦПЭ ряд дополнительных элементов, каждый из которых определяет ряд дополнительных микроопераций, производимых остальными составляющими операционного блока. Микрокоманды хранятся в ПЗУ микрокоманд и последовательно выбираются оттуда устройством управления.

В изучаемой микро-ЭВМ устройство управления формирует управляющие сигналы для всех блоков машины. Устройство управления реализовано на регистре с динамическим управлением (регистре микрокоманд РМК) и ПЗУ микрокоманд, в котором записаны все возможные в данной микро-ЭВМ микрокоманды. Формат формируемой микрокоманды приведен в табл. 1.

Адрес выполняемой на текущем шаге микрокоманды определяется $8^{\text{ми}}$ разрядным кодом в РМК и одноразрядным кодом в мультиплексоре условий (MS). Этот мультиплексор формирует

младший бит адреса в соответствие с 8^{ми} разрядным входным сигналом. Три разряда поступают из РМК (CN1, CN2, CN3) при выполнении текущей микрокоманды, остальные входные биты имеют следующий смысл:

1. код переноса ЦПЭ текущей микрокоманды;
2. логические 0 или 1;
3. запрос блока приоритетных прерываний (БПП);
4. три сигнала от внешних устройств;
5. выходной код триггера, задающего пошаговый режим выполнения микрокоманд.

Адрес следующей микрокоманды может формироваться по содержимому адресной части микрокоманды (NA0...NA7) РМК, по содержимому регистра кода команды РКК (при начале выполнения последовательности микрокоманд) или по выходному коду блока приоритетных прерываний БПП.

Рассмотренный способ формирования следующего адреса позволяет осуществить в каждой микрокоманде переходы следующих типов:

безусловный переход к микрокоманде с адресом, определяемым кодом текущей микрокоманды NA0...NA7 (разряды A1...A8) и формируемым мультиплексором условий MS младшим разрядом A0;

условный переход к микрокоманде с адресом, определяемым кодом текущей микрокоманды NA0...NA7 (разряды A1...A8) и значением A0, определяемым по коду на входе мультиплексора условий MS (т.е. по условиям перехода);

переход к микрокоманде, адрес которой NA0...NA7 определяется регистром кода команды, а задается выходом мультиплексора условий MS.

Таблица 1

Формат микрокоманд

Код микроинструкции	Разрядность	Выполняемая функция
NA	8	Разряды следующей микрокоманды
S	1	Управление режимом шаг/цикл
F	7	Код микрооперации ЦПЭ
CN	8	Адрес входа мультиплексора
CE	1	Разрешение выбора ОЗУ
C1, 2	2	Формирование C1
RV, K	2	Управление регистром
УС	2	Управление внешними устройствами
R/W	1	Режим чтение/запись ОЗУ

Код микроинструкции	Разрядность	Выполняемая функция
СРП	1	Строб разрешения прерывания БПП
К	4	Код шины (магистрالی) К

1.3. Функционирование микро-ЭВМ.

При построении микро-ЭВМ с микропрограммным принципом управления программа может записываться либо в ПЗУ как последовательность микрокоманд, либо в ОЗУ как последовательность команд (операций), каждая из которых вызывает выполнение своей последовательности микрокоманд из ПЗУ, реализующих в результате данную команду (операцию) программы. В изучаемой микро-ЭВМ обработка информации осуществляется по второму способу.

По коду команды, записанному в ОЗУ, определяется адрес в ПЗУ первой микрокоманды из последовательности микрокоманд, реализующей команду с данным кодом.

Эта последовательность может состоять из одной или нескольких микрокоманд и адресуется в процессе выполнения описанным в п. 1.2 способом. Завершается выполнение команды обращением к программному счетчику РС (в микро-ЭВМ его значение хранится в регистре R8 ЦПЭ), содержимое которого увеличивается на 1. При реализации команд перехода увеличение программного счетчика РС осуществляется не на 1, а на величину, указанную в коде команды. Затем производится выборка следующей команды из ОЗУ по адресу в программном счетчике РС.

Для возможности работы с подпрограммами в микро-ЭВМ организована стековая память, куда записывается адрес возврата из вызываемой подпрограммы. Стековая память размещается в ОЗУ с адреса 0F6h и меньше, а указатель стека реализован на внутреннем регистре ЦПЭ R9. Распределение памяти микро-ЭВМ показано на рис. 5.

Рисунок 5.

Адрес	Данные	Комментарии
FF	AC	
FE	R7	
FD	R6	
FC	R5	
FB	R4	
FA	R3	
F9	R2	
F8	R1	Область хранения значений

Адрес	Данные	Комментарии
F7	R0	рабочих регистров
F6	SP0	Область стека
...		↓
...		
...		
02		
01		↑
00		Область программы пользователя

1.4. Внешние устройства микро-ЭВМ.

1.4.1. Клавиатура.

Рабочий ввод программ в ОЗУ, данные адресов команд, ввод исходных данных осуществляется в микро-ЭВМ с помощью клавиатуры, управление которой возложено на БПП. Для ввода информации используется шестнадцатеричная клавиатура, организованная по матричному принципу (рис. 4).

На выходы А0...А3 подаются сигналы сканирования клавиатуры (т.е. в на одном выходе устанавливается логический уровень "0", а на всех остальных выходах присутствует уровень "1") и производится считывание входов сканирования В0...В3, где на входах, соответствующих замкнутому состоянию клавиш устанавливается уровень "0", а на всех остальных – "1". Далее уровень "0" переносят на следующий выход А0...А3 и процесс повторяется. По положению нулевых разрядов на входах сканирования В0...В3 определяется номер нажатой клавиши. БПП формирует запрос прерывания для перехода на микрокоманду обслуживания клавиатуры о определении кода нажатой клавиши. Для устранения дребезга контактов клавиатуры первой вызываемой микрокомандой будет микрокоманда выдержки на время Т – время окончания переходных процессов при нажатии клавиши. Если после задержки подтверждается факт нажатия (т.е. на соответствующих входах В0...В3 присутствуют уровни "0"), то происходит переход к микрокоманде анализа кода нажатой клавиши и ввода его в микро-ЭВМ.

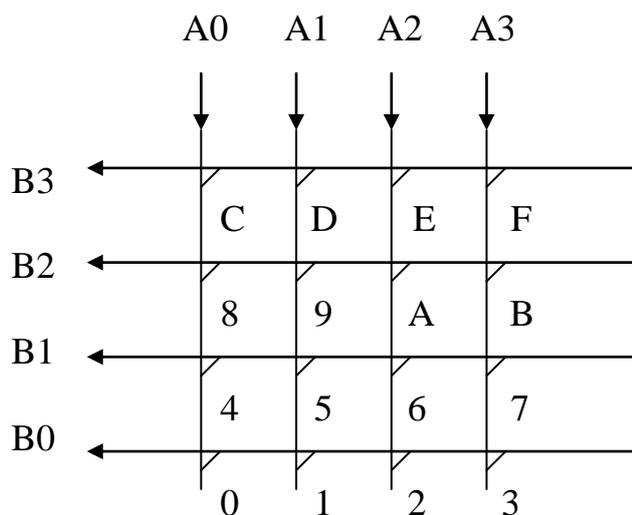


Рис. 6. Матрица клавиатуры микро-ЭВМ.

Кроме шестнадцатеричной клавиатуры, микро-ЭВМ имеет ряд функциональных клавиш, при нажатии которых запускаются системные программы операционной системы микро-ЭВМ:

1. “LA” – программа загрузки байта в регистр-аккумулятор AC ЦПЭ;
2. “SA” – установка адреса ОЗУ, адрес записывается в регистр адреса RA;
3. “RI” – просмотр содержимого ОЗУ с увеличением адреса;
4. “RD” – просмотр содержимого ОЗУ с уменьшением адреса;
5. “WI” – запись данных в ОЗУ по адресу, содержащемуся в RA и последующее увеличение содержимого RA на 1;
6. “RC” – циклическое выполнение программы, записанной в ОЗУ с адреса, в программном счетчике PC;
7. “RS” – пошаговое выполнение программы, начиная с адреса, записанного в программном счетчике PC. Выполняется один оператор и ожидается ввод с клавиатуры (используется в режиме отладки).

1.4.2. Плата индикации.

Плата индикации предназначена для имитации работы внешних устройств и индикации шин А и D в шестнадцатеричном виде.

Плата содержит 3 группы семисегментных индикаторов. Два самых левых отображают адрес ячейки ОЗУ, следующие два – состояние шины данных D. Четыре правых индикатора являются дисплеями пользователя, у которых каждый сегмент управляется соответствующим разрядом шины D (рис. 7). На рис. 7 внутри каждого сегмента показан байт данных, который необходимо

сформировать в аккумуляторе АС для засвечивания данного сегмента индикатора.

Если необходимо зажечь несколько сегментов, т код будет равен арифметической сумме кодов отдельных сегментов. Например, код символа “L” будет равен 38h.

Верхний ряд точечных светодиодов на плате (ниже семисегментных) отображает состояния разрядов выходного порта, в который можно заносить информацию с шины Д, выставив адрес 08.

Нижний ряд светодиодов индицирует состояние тумблеров входного порта, с помощью которых можно заносить информацию в микро-ЭВМ при задании адреса на шине А (адрес 07).

Кнопка задания признака, расположенная в правом нижнем углу платы, служит для выставления некоторого признака при обращении по адресу 06.

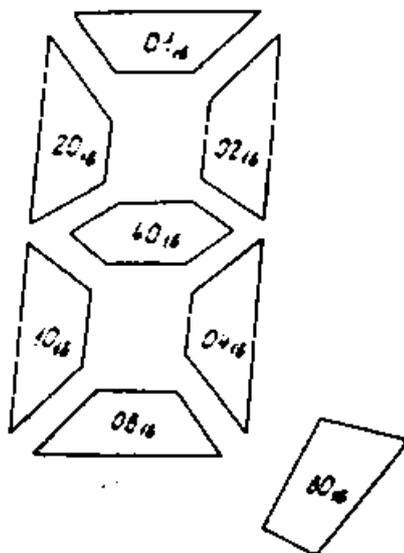


Рис. 7. Соответствие битов данных сегментам индикатора.

1.4.3. Плата звуковой сигнализации.

Плата звуковой сигнализации предназначена для выработки звукового сигнала, частота и длительность которого определяется цифровым кодом, поступающим на микро-ЭВМ. Код, определяющий частоту сигнала, поступает по шине Д и записывается в регистр кода частоты, а длительность сигнала определяется кодом длительности. Плата вырабатывает сигнал заданной длительности и частоты в виде меандра, который поступает на динамическую головку.

1.5. Система команд микро-ЭВМ.

Как уже упоминалось, функционирование данной микро-ЭВМ реализовано на командном уровне, т.е. рабочая программа записывается в ОЗУ, а устройство управления УУ выбирает из него коды операций и организует выполнение последовательности микрокоманд МК, составляющих каждую операцию. Мнемоники операций, количество байт и выполняемые функции приведены в табл. 2. Коды команд приведены в табл. 3.

Все команды (операции) разделены по группам:

1. команды арифметических и логических операций;
2. команды переходов;
3. команды работы с памятью;
4. команды работы с интерфейсными устройствами;
5. команды работы со стекком.

Таблица 2.

Система команд микро-ЭВМ МП-589.

Мнемоника команды	Число байт	Выполняемая операция и ее формат	Комментарии
CLR RN	1	$0 \rightarrow RN$	Обнуление регистра RN ЦПЭ
INR RN	1	$RN+1 \rightarrow RN$	Увеличение на 1 регистра RN
DCR RN	1	$RN-1 \rightarrow RN$	Уменьшение на 1 регистра RN
MOV AC,RN	1	$RN \rightarrow AC$	Пересылка значения регистра RN в аккумулятор AC
MOV RN,AC	1	$AC \rightarrow RN$	Пересылка значения аккумулятора AC в регистр RN
ADD RN	1	$RN+AC \rightarrow RN, AC$	Арифметическое сложение регистра RN с аккумулятором и помещение результата в пару рег.
CMC	1	$Not AC \rightarrow AC$	Инвертирование аккумулятора
STC	1	$0FFh \rightarrow AC$	Установка аккумулятора в 0FFh
ALRN	3	$RN+AC \rightarrow AC XX$ If C0=0 $\Rightarrow A1 \rightarrow PC$ If C0=1 $\Rightarrow A2 \rightarrow PC$	Арифметическое сложение регистра RN с аккумулятором и переход по адресу во втором байте, если перенос равен 0, иначе переход по адресу в третьем байте
ALA	3	$AC+AC \rightarrow AC XX$ If C0=0 $\Rightarrow A1 \rightarrow PC$ If C0=1 $\Rightarrow A2 \rightarrow PC$	Умножение аккумулятора на 2 и переход по адресу во втором байте, если перенос равен 0, иначе переход по адресу в третьем байте
GO TO N	2	Переход XX $N \rightarrow PC$	Безусловный переход по адресу, указанному во втором байте
TZRN	3	Усл.переход XX If RN=0 $\Rightarrow A1 \rightarrow PC$	Условный переход по адресу во втором байте, если регистр RN

Мнемоника команды	Число байт	Выполняемая операция и ее формат	Комментарии
		If RN≠0 ⇒ A2 → PC	равен 0, иначе переход по адресу в третьем байте
SRA0	3	AC.0 → C XX If C0=0 ⇒ A1 → PC If C0=1 ⇒ A2 → PC	Сдвиг аккумулятора AC вправо. Младший бит переносится в перенос C0, в старший записывается 0 для SRA0 и 1 для SRA1. Переход по адресу во втором байте, если перенос равен 0, иначе переход по адресу в третьем байте
SRA1	3	AC.0 → C XX If C0=0 ⇒ A1 → PC If C0=1 ⇒ A2 → PC	
JFS	3	Усл.переход XX If упр0=0 ⇒ A1 → PC If упр0=1 ⇒ A2 → PC	Переход по ответному сигналу упр0 платы звука. При генерации звука (упр0 = 1) переход по адресу в третьем байте и по адресу во втором байте (упр0=0) – в режиме молчания.
JFFN	4	Усл.переход XX УВВN → упр1 If упр1=0 ⇒ A1 → PC If упр1=1 ⇒ A2 → PC	Переход по признаку состояния (упр1) внешнего устройства с адресом N, указанным во втором байте.
END	1	Конец	Конец работы программы и переход к ожиданию команд с клавиатуры.
MOV MN,AC	1	AC → M[RN] XX Номер рег. N	Запись аккумулятора AC в ОЗУ по адресу в регистре RN.
MOV AC,MN	1	M[RN] → AC XX Номер рег. N	Запись ячейки ОЗУ с адресом, указанным в регистре в RN, в аккумулятор AC.
MOVI MN,AC	2	AC → M[N] XX Адр. ОЗУ N	Запись аккумулятора AC в ОЗУ по адресу, указанному во втором байте.
MOVI AC,MN	2	M[N] → AC XX Адр. ОЗУ N	Запись ячейки ОЗУ с адресом, указанным во втором байте, в аккумулятор AC.
OUT N	2	AC → УВВN XX Адр. УВВ N	Запись значения аккумулятора AC во внешнее устройство с адресом N, указанным во втором байте.
IN N	2	УВВN → AC XX Адр. УВВ N	Запись значения из внешнего устройства с адресом N, указанным во втором байте, в аккумулятор AC.
MUSIC	*	Music XX F F1 T T1	Вывод музыкального текста. 1 ^{ый} байт – код команды, 2 ^{ой} байт – код 1 ^{ой} ноты, 3 ^{ий} байт – ее

Мнемоника команды	Число байт	Выполняемая операция и ее формат	Комментарии
		F F2 T T2 ... кон. табл. 00	длительность, 4 ^{ый} байт – код 2 ^{ой} ноты, 5 ^{ый} байт – длительность 2 ^{ой} ноты и т.д. до конца таблицы. Признак конца таблицы – нулевой байт.
CALL N	2	Переход N → PC XX N	Вызов подпрограммы с адресом N, указанным во втором байте, адрес текущей команды помещается а стек.
RET	1	Возврат на адр. из стека	Возврат из подпрограммы с восстановлением адреса из стека.

Примечания.

A1, A2 – адреса переходов, указанные во втором и третьем байте трехбайтных команд;

RN – регистры ЦПЭ R0...R7, аккумулятор AC;

M[.] – ячейка памяти, адрес которой помещен в источнике, указанном в квадратных скобках;

If – если выполняется условие, указанное далее, то выполняется действие после символа “⇒”;

В столбце 3 справа для 2^x и 3^x байтных команд указан их формат: первый байт (XX) – код операции (см. табл. 3), затем последующие байты.

Список адресов внешних устройств в микро-ЭВМ:

- 00 – счетчик длительности платы звуковой сигнализации;
- 01 – первый (самый правый) индикатор дисплея платы индикации;
- 02 – второй индикатор дисплея;
- 03 – третий индикатор дисплея;
- 04 – четвертый индикатор дисплея;
- 05 – буферный регистр платы звуковой сигнализации;
- 06 – регистр внешнего признака (кнопка платы индикации);
- 07 – порт ввода платы индикации (переключатели);
- 08 – порт вывода платы индикации (точечные светодиоды).

Таблица 3.

Коды команд микро-ЭВМ МП-589.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
0											GOTO N						0
1							SRA1										1
2	ALR0																2
3	ALR1			ALR2			ALR3			ALR4						ALR5	3
4			ALR6							ALR7			ALA		IN N		4
5					JFF N						MOV R0,AC	MOV R1,AC	MOV R2,AC	MOV R3,AC	MOV R4,AC	MOV R5,AC	5
6	MOV R6,AC	MOV R7,AC				CALL N	DCR R0	DCR R1	DCR R2	DCR R3	DCR R4	DCR R5	DCR R6	DCR R7	DCR AC		6
7			CMC	STC		MUSIC		ADD R0	ADD R1	ADD R2	ADD R3	ADD R4	ADD R5	ADD R6	ADD R7	ADD AC	7
8											TZR0	TZR1	TZR2	TZR3	TZR4	TZR5	8
9	TZR6	TZR7	TZA	SRA0	JFS	MOV M0,AC	MOV M1,AC	MOV M2,AC	MOV M3,AC	MOV M4,AC	MOV M5,AC	MOV M6,AC	MOV M7,AC	MOV MA,AC	MOVI AC,MN	MOVI MN,AC	9
A	END				OUT N			RET	MOV AC,R0	MOV AC,R1	MOV AC,R2	MOV AC,R3	MOV AC,R4	MOV AC,R5	MOV AC,R6	MOV AC,R7	A
B									CLR R0	CLR R1	CLR R2	CLR R3	CLR R4	CLR R5	CLR R6	CLR R7	B
C									INR R0	INR R1	INR R2	INR R3	INR R4	INR R5	INR R6	INR R7	C
D																	D
E									MOV AC,M0	MOV AC,M1	MOV AC,M2	MOV AC,M3	MOV AC,M4	MOV AC,M5	MOV AC,M6	MOV AC,M7	E
F																	F

Примечания:

- код соответствующей команды составляется из шестнадцатеричного номера строки (1^{ая} цифра кода) и шестнадцатеричного номера столбца (2^{ая} цифра кода); например, команда ALR3 имеет код 36h;
- условное обозначение M0...M7 в командах пересылки обозначает M[R0]...M[R7] – ячейку памяти, адрес которой указан в регистрах R0...R7; обозначение MA соответствует ячейке памяти M[AC], адрес которой передается в аккумуляторе;
- код MN обозначает ячейку памяти, адрес которой указан во втором байте команды;
- коды нот в операторе вывода музыкального текста указаны в табл. 4. Коды длительности звучания от 00 до 0Fh эквивалентны абсолютной длительности. Код паузы 0FFh, ее длительность устанавливаются также, как и для ноты.

Таблица 4.

Коды нот платы звука микро-ЭВМ МП-589.

Ноты	Коды октав			
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая
До	0D	86	C3	E1
До#	1B	8D	C6	E2
Ре	28	93	C9	E4
Ре#	34	99	CC	E6
Ми	3F	9F	CF	E7
Ми#				
Фа	4A	A4	D2	E8
Фа#	54	AA	D4	EA
Соль	5E	AE	D7	EB
Соль#	67	B3	D9	EC
Ля	6F	B7	DB	ED
Ля#	77	BB	DD	EE
Си	7F	BF	DF	EF
Си#				

2. Лабораторная работа 1.

Ознакомление с учебной микро-ЭВМ. Выполнение простейших программ.

2.1. Цель работы.

Целью работы является ознакомление с принципом действия и работой учебной микро-ЭВМ МП-589М и отладка простейших программ.

2.2. Краткие сведения из теории.

Как указывалось в п. 1.4.1, помимо шестнадцатеричной клавиатуры микро-ЭВМ содержит ряд функциональных клавиш, нажатие которых запускает ту или иную системную программу. Описание этих программ дано в п. 1.4.1. Здесь в табл. 5 приведено краткое описание индикации состояния микро-ЭВМ и дальнейших действиях оператора после нажатия соответствующей клавиши.

Ниже указаны простейшие действия с микро-ЭВМ, позволяющие записывать, проверять и исполнять программы.

Таблица 5.

Назначение и функции клавиш микро-ЭВМ МП-589М.

Функциональная клавиша	Назначение системной программы	Индикация на табло и звуковая сигнализация	Действия пользователя
R	Начальная установка микро-ЭВМ	Появление звука нарастающего тона, индикация адресов и данных	Использование других функциональных клавиш для ввода программ
LA	Загрузка в аккумулятор значения	Звуковой сигнал низкого тона. После набора данных (2 цифры) индикатор данных отображает содержимое АС	Нажать две произвольные клавиши на клавиатуре данных. 1ое нажатие сопровождается звуковым сигналом низкого тона, 2ое – высокого.
SA	Установка адреса	Звуковой сигнал низкого тона. После набора данных на индикаторе адреса высвечивается адрес ячейки ОЗУ.	Набрать на клавиатуре данных байт адреса (звуковые сигналы как в предыдущем пункте)
WI	Запись в ОЗУ с увеличением адреса	Звуковой сигнал низкого тона. После ввода байта данных происходит автоматическое увеличение адреса на 1 и данные записываются в ячейку ОЗУ	Набрать на клавиатуре байт данных для записи в ячейку, адрес которой находится на индикаторе адреса. Рекомендуется для ввода программ.
RD	Чтение из ОЗУ с уменьшением адреса	Звуковой сигнал низкого тона. При каждом нажатии адрес на индикаторе уменьшается на 1. На самых правых точечных индикаторах высвечивается содержимое ячейки ОЗУ.	Последовательное нажатие клавиши рекомендуется для проверки правильности ввода программ.
RI	Чтение из ОЗУ с увеличением	Звуковой сигнал низкого тона. При	Последовательное нажатие клавиши

Функциональная клавиша	Назначение системной программы	Индикация на табло и звуковая сигнализация	Действия пользователя
	адреса	каждом нажатии адрес увеличивается на 1. На самых правых точечных индикаторах высвечивается содержимое ячейки ОЗУ.	рекомендуется для проверки правильности ввода программ.
RC	Циклическое выполнение программ	Последовательное выполнение операторов до оператора END или до нажатия функциональной клавиши	—
RS	Пошаговое выполнение программ	Индикация адреса и кода следующей команды	Контроль правильности работы программы, затем повторное нажатие клавиши RS

Загрузка рабочей программы. Установить начальный адрес программы с помощью клавиши “SA” и набором на шестнадцатеричной клавиатуре данных начального адреса. Загрузить последовательно все коды с помощью клавиши “WI”. Клавишами “RI, RD” проверить правильность набора.

Выполнение рабочей программы.

С помощью клавиши “SA” установить начальный адрес программы. Рекомендуется сначала использовать пошаговый режим выполнения.

Пошаговый режим осуществляется нажатием клавиши “RS”. Каждое нажатие приводит к выполнению одного оператора. Затем можно использовать циклический режим, который запускается клавишей “RC”. После выполнения оператора конца программы “END” или при нажатии любой функциональной клавиши управление передается программе обслуживания клавиатуры и ожидается дальнейший ввод. Для повторного запуска программы в этом случае необходимо вновь нажать клавишу “SA”, и ввести начальный адрес.

Проверка и изменение содержимого регистров ЦПЭ.

Программист может использовать 8 регистров ЦПЭ R0...R7. Каждому регистру соответствует ячейка памяти ОЗУ (см. рис. 5). При переходе микро-ЭВМ в режим ожидания ввода с клавиатуры (после выполнения очередной команды в пошаговом режиме или оператора "END" в циклическом режиме) информация из внутренних регистров ЦПЭ переписывается в соответствующие ячейки ОЗУ.

Можно после проверки содержимого регистра в целях отладки изменить это содержимое путем набора новых данных в соответствующей ячейке ОЗУ. Это приведет к изменению и содержимого этого регистра.

2.3. Задание для домашней подготовки.

1. Разработать программу 2.1, обеспечивающую запись во внутренние регистры ЦПЭ R0...R7 последовательности чисел 0...7 и запись в регистр-аккумулятор АС числа 8. Эту и последующие программы оформить в виде таблицы (табл. 6);
2. разработать программу 2.2, обеспечивающую запись содержимого регистров R0...R7 в ячейки памяти соответственно по адресам 40h...48h. Программу разместить в памяти таким образом, чтобы было возможно самостоятельное последовательное выполнение программ 2.1 и 2.2. Пользуясь командой условного перехода, объединить программы 2.1 и 2.2;
3. составить программу 2.4, которая обеспечивает формирование кода 0FFh в аккумуляторе АС, кода 0FEh в R7, 0FDh в R6 и запись содержимого этих регистров в память соответственно по адресам 30h, 31h, 32h;
4. составить программу 2.5, обеспечивающую запись в ОЗУ, начиная с адреса 30h последовательности чисел с 5 до 15.

Таблица 6.

Вид таблицы для записи программ.

Адрес	Код	Мнемоника	Комментарии

2.4. Задание к лабораторной работе.

1. Включение микро-ЭВМ. Включить микро-ЭВМ в сеть и с помощью тумблера "Сеть" справа на корпусе включить

установку. На передней панели должен загореться светодиод “Сеть”.

ВНИМАНИЕ! Если загорается светодиод “Перегрузка”, немедленно выключите установку. Разрешается включить микро-ЭВМ повторно, спустя 30 секунд. Если перегрузка возникла снова, то выключить установку и позвать преподавателя или лаборанта.

Нормальное включение микро-ЭВМ должно сопровождаться звуковым сигналом нарастающего тона. После включения индикаторы адреса и данных содержат нули. Машина готова к работе.

2. Проверка функционирования микро-ЭВМ. Провести начальную установку, нажав клавишу “R”. Убедиться, что нажатие сопровождается нарастающим звуковым сигналом, а индикаторы показывают нули. При этом обнуляется программный счетчик РС и устанавливается в начальное положение указатель стека SP, а также изменяется содержимое нулевой и пятой ячейки ОЗУ. Поэтому рекомендуется записывать программы с адреса 10h. Проверить работу других системных программ (см. табл. 5).
3. Ввести в ОЗУ коды разработанной при домашней подготовке программы 2.1 и проверить правильность ввода. Исполнить программу по командам в пошаговом режиме (режим “RS”). Пользуясь картой памяти микро-ЭВМ, убедиться в правильности работы программы (см. рис. 5).
4. Записать в память коды программы 2.2. В циклическом режиме (режим “RC”) последовательно выполнить программы 2.1 и 2.2. Убедиться в правильности выполнения программ, просмотрев содержимое ячеек 40h...48h.

В циклическом режиме выполнить программу 2.1 и изменить содержимое ячеек памяти, в которые записывается содержимое регистров R0...R7, аккумулятора AC, после чего выполнить программу 2.2 и проверить содержимое ячеек ОЗУ с адресами 40h...48h.

5. Записать в ОЗУ коды программы 2.3 и убедиться в правильности ее выполнения.
6. Проверить на микро-ЭВМ правильность составления программы 2.4.
7. Выполнить программу 2.5 и проверить правильность ее выполнения с помощью системных команд и контрольной программы.

2.5. Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Рабочие программы, разработанные при выполнении домашнего задания с обязательными комментариями, и если необходимо, структурными схемами.
2. Протоколы выполнения программ: входные величины, что получилось в результате выполнения, возможные ошибки, обнаруженные при прогоне программ, написанных при домашней подготовке.

2.6. Задание для самопроверки.

1. По каким магистралям возможен ввод-вывод информации в и из ЦПЭ К589ИК02 ?
2. Как составить 12^{ти} разрядный операционный блок на основе ЦПЭ К589ИК02 ?
3. Какое устройство определяет адрес выполняемой микрокоманды?
4. Какие схемы формируют код микрокоманды и как определяется адрес следующей выполняемой микрокоманды ?
5. Каким образом задается источник формирования следующего адреса микрокоманды ?
6. Каково назначение мультиплексора MS ?
Какие сигналы определяют его выходной код ?
7. Определите назначение программного счетчика PC.
8. Каково назначение указателя стека SP? Как изменится содержимое SP а) при последовательном обращении к 3^м подпрограммам, б) при обращении к 3^м вложенным подпрограммам ?
9. Каким образом функционирует клавиатура микро-ЭВМ ?
- 10.С помощью каких системных средств можно просмотреть содержимое ОЗУ ?
- 11.Зачем в программу обслуживания клавиатуры введена подпрограмма временной задержки ? Чем определяется длительность задержки ?

3. Лабораторная работа 2.

Работа микро-ЭВМ с внешними устройствами.

3.1. Цель работы.

Целью работы является изучение организации функционирования микро-ЭВМ при взаимодействии с внешними устройствами.

3.2. Краткие сведения из теории.

Для выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с материалом, приведенным в п.1 настоящих методических указаний и пп.9.2 и 9.3 [1].

Лабораторная микро-ЭВМ может быть связана с 256 внешними устройствами, обмен с которыми осуществляется командами IN N и OUT N, где N – номер внешнего устройства. Связь с ними проводится по магистрали A (задает адрес устройства), B (передает информацию от устройства к микро-ЭВМ) и D (передает информацию в обратном направлении).

В лабораторной микро-ЭВМ в качестве внешних устройств могут выступать: входной и выходной порты, семисегментные индикаторы пользователя (все расположены на плате индикации), плата звуковой сигнализации.

Рассмотрим программу задержки на 256 циклов, которая необходима, например, для устранения дребезга контактов. Для организации цикла используем счетчик в регистре-аккумуляторе AC. Выход из программы осуществляется по переполнению (программа 3.1).

Программа 3.1.

Адрес	Код	Мнемоника	Комментарии
10	BF	CLR AC	0 → AC
11	CF	INR AC	AC+1 → AC ←
12	92	TZA	Проверка переполнения
13	15*	=0	
14	11*	≠0	→
15	A0	END	Конец программы

В программе 3.1 звездочками отмечены адреса переходов при выполнении того или иного условия в операторе условного перехода TZA. Для организации задержки большей, чем на 256 циклов, необходимо использовать 2 счетчика и вложенные циклы. В программе 3.2 задержка составляет 65536 циклов.

Программа 3.2.

Адрес	Код	Мнемоника	Комментарии
10	B7	CLR R0	0 → AC
11	BF	CLR AC	0 → AC
12	C7	INR R0	R0+1 → R0 ←
13	8A	TZR0	Проверка переполнения R0
14	16*	=0	
15	12*	≠0	→

16	CF	INR AC	AC+1 → AC	
17	92	TZA	Проверка переполнения AC	
18	1A*	=0		
19	12*	≠0	→—————┘	
1A	A0	END	Конец программы	

В качестве следующего примера рассмотрим программу реализации последовательного точечных светодиодов порта вывода. Структурная схема алгоритма приведена на рис. 8. Для организации пауз после переключения использована подпрограмма временной задержки на основе 2^x счетчиков R0 и R1. Задержка составляет $256 \times 256 \times 2$ машинных циклов.

Последний пример: программа последовательного переключения сегментов семисегментных индикаторов пользователя. Номера разрядов, включающих каждый сегмент, показаны на рис. 7. Структурная схема программы приведена на рис. 9. Блок 1 обеспечивает загрузку в R3 (играет роль счетчика числа индикаторов) и в аккумулятор AC (используется для записи адреса индикатора в ячейку, соответствующую второму байту команды вывода информации на индикаторы (блок 2)) константы 4. Блок 3 формирует в аккумуляторе AC единицу, что соответствует зажиганию 1^{го} сегмента, блоки 4-9 образуют подпрограмму временной задержки переключения сегментов (в качестве счетчиков используются регистры R0 и R1). В блоке 10 содержимое аккумулятора AC выводится на индикатор, адрес которого был предварительно записан во второй байт команды. Блок 11 сдвигает 1 в аккумуляторе AC на разряд влево. Блок 12 проверяет, все ли сегменты данного индикатора были зажжены. Если все, то происходит переход на следующий индикатор (блок 13). Блок 14 проверяет, во всех ли индикаторах зажгались сегменты. Если во всех, то происходит переход на начало программы.

3.3. Задание для домашней подготовки.

1. Составить программу 3.3, обеспечивающую вывод на точечные индикаторы порта вывода определенной кодовой комбинации.
2. Разработать программу 3.4, которая вводит в аккумулятор AC код с переключателей порта ввода, инвертирует ее и выводит на точечные индикаторы порта вывода.
3. Составить программу 3.5, вводящую код с переключателей порта ввода и выводящую изображение какой-либо цифры на один из семисегментных индикаторов. Учесть, что не все кодовые комбинации дают на индикаторе изображение цифр.

4. Разработать программу 3.6 формирования звукового сигнала определенной длительности и тона.
5. Реализовать музыкальную программу 3.7, воспроизводящую нарастающую по частоте звуковую последовательность. Кодировка тонов звуковой частоты приведена в табл. 4.
6. Составить программы 3.8 и 3.9 по структурным схемам на рис. 8 и рис. 9.

3.4. Задание к лабораторной работе.

1. Ввести программу 3.1 задержки на 256 тактов. Выполнить ее в пошаговом режиме. Убедиться, что содержимое аккумулятора АС изменяется с каждым циклом.
2. Ввести программу 3.2 задержки на 65536 тактов. Выполнить программу в пошаговом режиме. Для выхода из внутреннего цикла во внешний использовать кнопку R1 на плате индикации. Для этого после выполнения нескольких проходов внутреннего цикла с ячейки 13h перейти на адрес 16h, три раза нажав кнопку R1. Убедиться, что после одного прохода внешнего цикла программа возвращается во внутренний. Запустить программу в циклическом режиме. Заметить время выполнения программы. Рассчитать ориентировочное время выполнения одной команды. Изменить программу задержки так, чтобы счетчиками циклов были 2 регистра и оформить ее в виде подпрограммы. Ввести основную программу, осуществляющую счет в аккумуляторе АС и использующую для замедления счета программу задержки на 65536 тактов. Выполнить основную программу в циклическом режиме. Определить, во сколько раз замедлился счет в аккумуляторе АС.
3. Ввести в микро-ЭВМ программы, составленные в процессе домашней подготовки. Выполнить эти программы, провести анализ промежуточных результатов.

3.5. Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

1. Рабочие программы, разработанные при выполнении домашнего задания с обязательными комментариями, и если необходимо, структурными схемами.
2. Протоколы выполнения программ: входные величины, что получилось в результате выполнения, возможные ошибки, обнаруженные при прогоне программ, написанных при домашней подготовке. Результаты анализа промежуточных данных, полученных в процессе исполнения рабочих программ.

3.6. Задание для самопроверки.

1. Какие адреса можно присваивать внешним устройствам, подключаемым к микро-ЭВМ ?
2. Сколько внешних устройств одновременно можно подключать к лабораторной микро-ЭВМ ?
3. Чем отличаются команды выдачи кодов внешним устройствам от команд приема информации от них ?
4. Каким образом осуществляется асинхронный обмен информации внешнего устройства с микро-ЭВМ ?
5. Чем отличается обращение к различным семисегментным индикаторам ?
6. Каким образом можно увеличить сверх 65536 тактов время задержки в программе временной задержки ?
7. Какие коды необходимо вводить в микро-ЭВМ для правильного отображения на семисегментных индикаторах цифр 0...9 и А...F?

Список литературы.

1. Микропроцессоры. В 3^х книгах. / Под ред. Преснухина Л.Н. - М.: Высшая школа, 1986
2. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем. Справочник в 2-х т. / В.-Б. Б.Абрайтис, Н.Н.Аверьянов, А.И.Белоус и др.: под ред. В.А.Шахнова. - М.: Радио и связь, 1988
3. Микропроцессоры и микропроцессорные системы. / Балашов Е.П., Пузанков Д.В. – М.: Радио и связь, 1981
4. Микропроцессоры микро-ЭВМ. / Соучек Б. – М.: Советское радио, 1979.

Приложение 1.

Кодировка разрядов шины микроинструкций ЦПЭ К589ИК02.

Таблица П1.

F Группа	F6	F5	F4	F - вось- меричное
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	2
3	0	1	1	3
4	1	0	0	4
5	1	0	1	5
6	1	1	0	6
7	1	1	1	7

Таблица П2.

R группа	Регистр	F3	F2	F1	F0
1	R0	0	0	0	0
	R1	0	0	0	1
	R2	0	0	1	0
	R3	0	0	1	1
	R4	0	1	0	0
	R5	0	1	0	1
	R6	0	1	1	0
	R7	0	1	1	1
	R8	1	0	0	0
	R9	1	0	0	1
	T	1	1	0	0
	AC	1	1	0	1
2	T	1	0	1	0
	AC	1	0	1	1
3	T	1	1	1	0
	AC	1	1	1	1