Шифр студента 0612, 0609

В контрольной работе студент должен разработать структуру микропроцессорного устройства управления объектом, составить машинный алгоритм функционирования данного устройства и по нему написать в операторах языка Ассемблер программу. Полученную программу записать в машинных кодах с использованием шестнадцатеричной системы счисления и отладить с использованием программного эмулятора.

Для выполнения контрольной работы необходимо:

рекомендуемую литературу; определить свой вариант задания;



изучить заданный алгоритм работы микропроцессорного устройства управления объектом и дать его описание;

 разработать и привести структурную схему микропроцессорного устройства управления объектом, предполагая, что программа функционирования и исходные данные хранятся в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), для хранения промежуточных и окончательных результатов используется оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), каждый тип результата выводится через свой порт вывода;

 привести описание разработанной структурной схемы микропроцессорного

устройства;

составить машинный алгоритм работы микропроцессорного устройства;



написать текст программы на языке Ассемблер с комментариями;

представить текст программы в машинных кодах используемого микропроцессора в шестнадцатеричной системе счисления;

 определить адресное пространство программы, используемые адреса ячеек

ПЗУ и ОЗУ, адреса портов вывода;  отладить программу, используя программный эмулятор микропроцессора.

Вариант задания (прил.1) соответствует последней цифре шифра студента и определяет заданный алгоритм работы микропроцессорного устройства. Последние три цифры учебного шифра определяют адрес ячейки памяти в шестнадцатеричной системе счисления, с которой начинается программа. Две последние цифры учебного шифра определяют значения константы допуска DOP, используемой в алгоритме, также в шестнадцатеричной системе счисления. Параметры PARIN и PAROU выбираются произвольно так, чтобы при отладке программы на эмуляторе выполнялись все ветви алгоритма (задается несколько значений).

В контрольной работе должны быть выполнены все пункты задания. Пояснительная записка должна содержать исходные данные по варианту, схему микропроцессорного устройства и схемы алгоритмов. Каждый чертеж вставляется в пояснительную записку после той страницы, на которой имеется первая ссылка на него. Пояснения выполненной студентом работы должны быть краткими и разборчивыми для чтения. В контрольную работу вкладывается листинг программы, полученный после ее отладки. Система команд микропроцессора приведена в прил.2.

**МЕТОДИЧЕКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Структурная схема микропроцессорного устройства**

Типовая структурная схема микропроцессорного устройства показана на рис.1. В микропроцессорное устройство входят следующие основные блоки: микропроцессор (МП), системный контроллер, генератор тактовых импульсов, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), порты ввода и порты вывода.

Блоки, входящие в состав микропроцессорного устройства соединяются между собой посредством шин. В рассматриваемой трехшинной структуре используются: шина адреса (ША) для передачи 16-ти разрядного адреса, шина данных (ШД) для передачи 8-ми разрядного слова данных и шина управления (ШУ) для передачи сигналов управления отдельными блоками.

Функции обработки данных и управления работой блоков микропроцессорного устройства возложены на МП. Он обеспечивает выдачу адресов на ША, выдачу слова на ШД, прием слова с ШД и выдачу сигналов, из которых формируются сигналы управления, поступающие в ШУ.

Для управления работой ПЗУ, ОЗУ и портов ввода-вывода микропроцессор формирует управляющие сигналы, поступающие на системный контроллер. Системный контроллер в свою очередь вырабатывает необходимые управляющие сигналы и выдает их на ШУ. Данные от/к микропроцессора к остальным блокам устройства также поступают через системный контроллер. Таким образом, системный контроллер позволяет организовать двунаправленную передачу данных и их буферизацию.

Для синхронизации во времени процессов, происходящих в блоках микропроцессорного устройства, используется еще одна интегральная схема - генератор тактовых импульсов, который выдает в МП и системный контроллер последовательности синхроимпульсов.

Хранение программы, обеспечивающей функционирование микропроцессорного устройства по заданному алгоритму, исходных данных и результатов осуществляется в памяти устройства. Для хранения промежуточных данных и результатов используется ОЗУ. Слово поступает в ОЗУ по шине данных и записывается в ячейку памяти, которая указывается адресом, поступающим с ША. Режим записи или считывания слова задается сигналами с ШУ.

Для микропроцессорного устройства, управляющего определенным процессом по конкретному алгоритму, программу удобно хранить в ПЗУ, куда она записывается заранее на стадии подготовки микропроцессорного устройства к эксплуатации и не может быть стерта. ПЗУ является энергонезависимой памятью в отличие от ОЗУ, где хранимая информация разрушается при прерывании электропитания. Таким образом, ПЗУ работает только на считывание информации.

Исходные данные могут поступать в микропроцессорное устройство от устройств ввода по специальной команде МП через порты ввода. Необходимый порт ввода выбираются по адресу, поступающему от МП по ША, а по сигналу считывания, выдаваемого на ШУ, информация передается на ШД и в МП.

Результаты операции могут быть выведены на устройства вывода через порты вывода аналогичным образом.

5

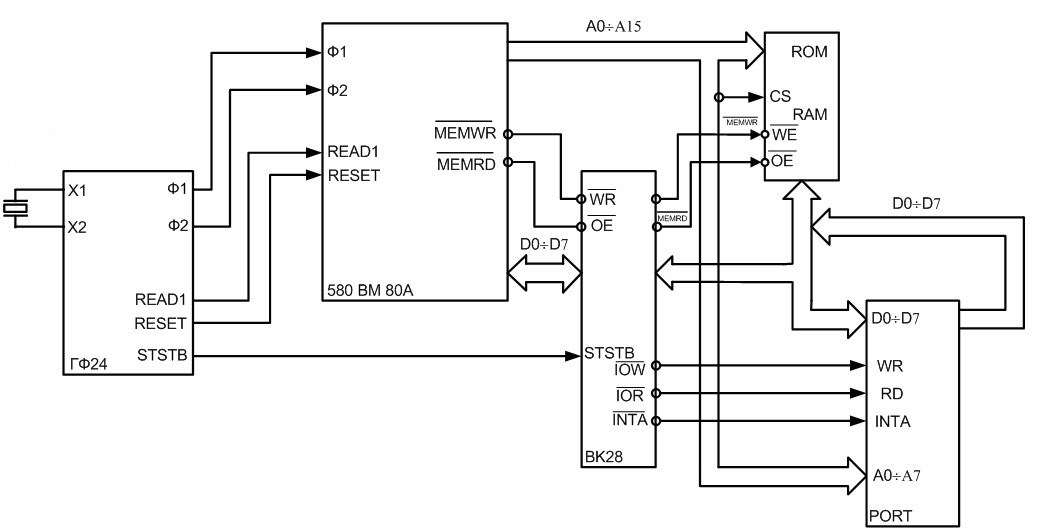


Рисунок 1. Структурная схема микропроцессорного устройства

**Программирование микропроцессорного устройства**

Любая программа состоит из упорядоченного набора команд. Каждая команда несет в себе информацию, определяющую некоторую элементарную последовательность действий микропроцессорного устройства.

Система команд микропроцессора К580ВМ80А, используемого в контрольной работе для построения микропроцессорной системы приведена в приложении 2.

По назначению они разбиты на отдельные группы:

команды пересылки данных (пересылка, загрузка, обмен, запись); команды арифметических операций (сложение, вычитание, инкремент, декремент);



 команды логических операций («И», «ИЛИ», «НЕ», «Исключающее

ИЛИ», сравнение, сдвиги); команды ветвлений и переходов; команды ввода-вывода и работы со стеком.



Команда может иметь длину один, два или три байта и соответственно занимать в памяти от одной до трех последовательно расположенных ячеек. Форматы команд показаны на рис.2.

Первый байт любой команды определяет код операции, т.е. действия МП. Далее, в зависимости от того требуется ли дополнительная информация для выполнения необходимой команды, могут записываться второй, а иногда и третий байты, представляющие собой данные. Для двухбайтных команд в качестве данных может записываться 8-ми разрядный операнд, с которым далее оперирует микропроцессор или адрес порта ввода-вывода. В качестве второго и третьего байтов для трехбайтовых команд могут использоваться как сами двухбайтовые операнды, так и адреса ячеек памяти, к которым обращается процессор.

7 0

|  |
| --- |
| Код операции (КОП) |

а)

7 0 7 0

|  |  |
| --- | --- |
| Код операции (КОП) | Байт данных или адреса |

б)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Код операции (КОП) | Младший байт данных или адреса | Старший байт данных или адреса |

7 0 7 0 7 0 в)

Рисунок 2. Форматы команд

а) однобайтовая; б) двухбайтовая; в) трехбайтовая

При записи команды в двоичной системе счисления (как показано в приложении 2) вероятность ошибки, как в самой команде, так и в адресе, по которому она хранится, увеличивается. Поэтому при написании программ пользуются представлением кодов команд и данных в шестнадцатеричной системе счисления.

Однако запись программы в шестнадцатеричной системе счисления (в машинных кодах) имеет недостаток – пользователь должен помнить машинные коды. Более удобным является программирование на языке Ассемблер.

Любая команда на языке Ассемблер записывается следующим образом: *Метка: Операция Данные; Комментарий*

*Метка* используется для обозначения адреса ячейки памяти, в которой хранится данная команда. Она может состоять из шести символов, не должна включать знаков пунктуации и пробелов, причем первым символом должна быть буква. Метка всегда определяется двоеточием и является необязательным элементом команды. Она применяется только при необходимости.

*Операция* является обязательным элементом команды. Она представляет собой мнемоническую запись из двух – четырех букв, которые указывают на характер выполняемых действий, например:

HLT – мнемоническое обозначение команды останов МП.

*Данные* – часть команды, в которой может размещаться одно или два восьмиразрядных слова в зависимости от типа команды (адрес ячейки памяти, адрес порта ввода- вывода, непосредственные данные).

*Комментарий* отделяется от команды точкой с запятой. Комментарием является запись облегчающая понимание назначения команды. Комментарий является необязательной частью команды. Тем не менее рекомендуется снабжать команды программы комментариями, которые помогают определить роль команды в алгоритме решения задачи.

**Пример выполнения контрольной работы** Алгоритм работы устройства управления объектом приведен на рис.3.

Изучение предложенного алгоритма позволяет представить микропроцессорное устройство управления (МУУ) следующими функциями.

МУУ считывает из памяти параметр PAROU (блок 1), Увеличивает значение переменной PAROU на единицу (блок 2) и сравнивает его с допуском DOP, значение которого задано (блок 3). Если PAROU < DOP, то алгоритмом функционирования предусмотрен возврат к блоку 2. Если PAROU > DOP, то значение параметра PAROU уменьшается на 25 (блок 4) и результат выдается в порт PRT1 на объект управления (блок 5). После чего МУУ переходит к считыванию очередного значения параметра PAROU (блок

1).

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

*PAROU*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

Конец

Уменьшить

параметр

*PAROU*

на

25

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PAROU*

Инкрементировать

параметр

*PAROU*

1

2

3

4

5

Рисунок 3. Алгоритм работы устройства управления

Процесс управления заканчивается при достижении ситуации, когда PAROU = DOP.

При разработке структурной схемы МУУ в качестве основы используют структурную схему, показанную на рис.1.

Далее студенту следует описать назначение каждого блока структурной схемы и на основании принципов функционирования МУУ и системы команд составить машинный алгоритм работы устройства управления.

Машинный алгоритм показан на рис.4.

Блоком 1 алгоритма осуществляется загрузка пары регистров HL адресом ячейки памяти, в которой хранится параметр PAROU. Блок 2 пересылает содержимое ячейки памяти (параметр PAROU), адрес которой указан в паре регистров HL в регистр аккумулятор. Блок 3 осуществляет инкремент содержимого регистра аккумулятора. Далее в регистровую пару HL заносится адрес ячейки памяти, в которой хранится параметр DOP (блок

4).

Начало

(

A

)

–

((

HL

))

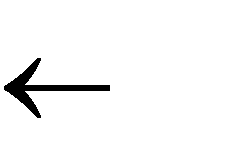
Стоп

(

PRT

1

)



(

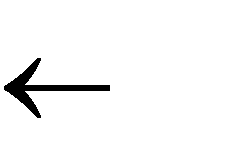
A

)

(

HL

)



адрес

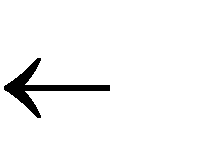


PAROU

(

A

)

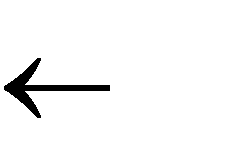


PAROU

(

A

)



(

A

)

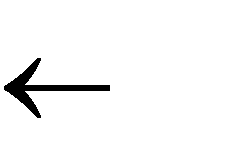
+

1

(

HL

)



адрес

DOP

C

=

1

Z

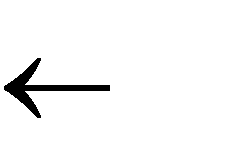
=

1

(

A

)



(

A

)

-

(

байт

2

)

1

2

3

4

5

6

7

Рисунок 4. Машинный алгоритм функционирования МУУ

Блок 5 осуществляет сравнение содержимого регистра аккумулятора A и содержимого ячейки памяти M, адресуемой парой регистров HL. В ячейке памяти хранится параметр DOP, а в регистре аккумуляторе – параметр PAROU. В результате сравнения содержимого аккумулятора с содержимым ячейки памяти устанавливаются флаги C и Z. Если (A) < (M), то флаг переноса C = 1 и осуществляется переход к блоку 3. Если (A) = (M), то разность (A) – (M) = 0 и устанавливается флаг Z =1 и осуществляется переход к блоку СТОП. Если не выполняется ни одно из рассмотренных условий, осуществляется переход к блоку 6. В результате выполнения операции сравнения содержимое регистра аккумулятора, где хранится параметр PAROU, не изменяется.

Блок 6 осуществляет операцию уменьшения содержимого регистра аккумулятора, т.е. уменьшение значения PAROU на десятичную константу 25 (десятичное число 25 в шестнадцатеричной системе счисления 19H) и результат заносится в аккумулятор. Далее блоком 7 содержимое аккумулятора передается в выходной порт PRT1, и управление передается на блок 1 алгоритма.

В соответствии с рассмотренным алгоритмом составим программу для МУУ (табл.1).

Таблица 1. Программа функционирования МУУ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Машинные коды | | Ассемблер | | |
| Адрес | Код | Метка | Команда | Комментарий |
| 0131 | 21 | BEGIN | LXI H, 0148H | ;загрузить в пару регистров HL адрес ячейки памяти, в которой хранится параметр PAROU |
| 0132 | 48 |  |  |
| 0133 | 01 |  |  |
| 0134 | 7E |  | MOV A, M | ;переслать содержимое ячейки памяти, адрес которой находится в паре регистров HL в регистр аккумулятор |
| 0135 | 3C | LET1 | INR A | ;увеличение PAROU на 1 |
| 0136 | 21 |  | LXI 0149H | ;загрузка в пару регистров HL адреса ячейки памяти, в которой хранится значение допуска DOP |
| 0137 | 49 |  |  |
| 0138 | 01 |  |  |
| 0139 | BE |  | CMP M | ;сравнение содержимого регистра аккумулятора с содержимым ячейки памяти, адрес которой указан в паре  регистров HL |
| 013A | CA |  | JZ STOP | ;переход по адресу STOP при равенстве сравниваемых величин |
| 013B | 47 |  |  |
| 013C | 01 |  |  |
| 013D | DA |  | JC LET1 | ;переход по адресу LET1 при отрицательном результате сравнения |
| 013E | 35 |  |  |
| 013F | 01 |  |  |
| 0140 | D6 |  | SUI 19H | ; уменьшение параметра PAROU на  25 |
| 0141 | 19H |  |  |
| 0142 | D3 |  | OUT PORT1 | ;вывод параметра PAROU в порт  PRT1 |
| 0143 | F0 |  |  |
| 0144 | C3 |  | JMP BEGIN | ;передача управления команде по адресу BEGIN |
| 0145 | 31 |  |  |
| 0146 | 01 |  |  |
| 0147 | 76 | STOP | HLT | ;останов |
| 0148 | 59 | PAROU | EQU 59H | ;параметр PAROU |
| 0149 | 54 | DOP | EQU 54H | ;параметр DOP |

Таким образом, программа функционирования МУУ размещается в 25 ячейках памяти. Ячейка памяти с адресом 0148H используется для хранения параметра PAROU, равного 59H, ячейка с адресом 0149H – для хранения допуска DOP, равного 54H. Адресное пространство памяти, занимаемое программой, определяется адресами 0131H ÷ 0149H. Порту PRT1 присвоен адрес F0H.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Вариант 0

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAR*

*IN*

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

*PAR*

*IN*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

Сложить

*PARIN*

*=*

*PARIN*

*+*

*PAROU*

Конец

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

# Вариант 1

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAR*

*IN*

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

*PAROU*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

Увеличить

параметр

*PARIN*

в

4

раза

Уменьшить

параметр

*PARIN*

в

2

раза

Конец

# Вариант 2

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

Сравнить

*PAROU*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

Конец

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Увеличить

параметр

*PARIN*

в

2

раза

Передать в выходной

порт

*PRT*

*3*

параметр

*PARIN*

Вариант 3

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*1*

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*2*

Вычесть

*PAROU*

*=*

*PAROU*

*1*

*-*

*PAROU*

*2*

Сравнить

*PAROU*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

Конец

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Вариант 4

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*DOP*

*PAROU*

>

*DOP*

Больше

Меньше

Конец

Инкрементировать

параметр

*PAROU*

Вариант 5

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

параметр

*PARIN*

Увеличить

параметр

*PARIN*

на

2

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

*PAROU*

<

>

*DOP*

Меньше

Больше

Равно

Конец

параметр

*PARIN*

Уменьшить

параметр

*PARIN*

на

4

Прочитать из

ячейки памяти

Прочитать из

ячейки памяти

Вариант 6

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*1*

Сравнить

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*2*

Сложить

*SUM*

*=*

*PAROU*

*1*

*+*

*PAROU*

*2*

SUM

<

DOP

параметр

*PARIN*

Увеличить

параметр

*PARIN*

на

3

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

Меньше

Больше

Вариант 7

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

*PAROU*

*=*

*DOP*

Да

Нет

Уменьшить

параметр

*PAROU*

в

4

раза

Записать

параметр

*PAROU*

в память

параметр

*PARIN*

Декрементировать

параметр

*PARIN*

Передать в выходной

порт

*PRT*

*1*

параметр

*PARIN*

Прочитать из

ячейки памяти

# Вариант 8

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*1*

Сравнить

Записать

параметр

*PAROU*

*2*

в память

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

*2*

Сложить

*SUM*

*=*

*PAROU*

*1*

*+*

*PAROU*

*2*

SUM

<

DOP

Меньше

Больше

Вариант 9

Начало

Прочитать из

ячейки памяти

параметр

*PAROU*

Сравнить

*PAROU*

*DOP*

*PAROU*

в выходной

порт

*PRT*

*1*

Инкрементировать

параметр

*PAROU*

Записать параметр

*PAROU*

в память

Больше

Меньше

Равно

Конец

<

>

Передать параметр

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СИСТЕМА КОМАНД МИКРОПРОЦЕССОРА К580 ВМ80А

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| **Команды передачи данных** | | | |
| MOV R1, R2 | 5/1 | 01DDDSSS | Передача между регистрами. (R1) (R2). Содержимое регистра R2 передается в регистр R1. Содержимое регистра R2 не меняется. |
| MOV R, M | 7/1 | 01DDD110 | Передача из памяти. (R) (M).    Содержимое ячейки памяти, адрес которой находится в паре регистров HL, передается в регистр R. |
| MOV M, R | 7/1 | 01110SSS | Передача в память. (M) (R). Содержимое регистра R передается в ячейку памяти, адрес которой находится в паре регистров HL. |
| MVI R, data | 7/2 | 00DDD110 | Непосредственная передача в регистр. (R)  (байт2). Содержимое байта 2 команды передается в регистр R. |
| MVI M, data | 10/2 | 00110110 | Непосредственная передача в память. (M) (байт2). Содержимое байта 2 команды передается в ячейку памяти, адрес которой указан в паре регистров HL. |
|  | | | Загрузка |
| LXI RP, data | 10/3 | 00RP0001 | Непосредственная загрузка пары регистров. (RH) (байт3);(RL) (байт2). Байт 3 команды передается в старший регистр (RH) регистровой пары RP, а байт 2 в младший регистр (RL) этой же пары. |
| LDA addr | 13/3 | 00111010 | Прямая загрузка аккумулятора. (A)    ((байт3)(байт2)). Содержимое ячейки памяти, адрес которой определен байтами 2 и 3 команды, передается в аккумулятор. |
| LHLD addr | 16/3 | 00101010 | Прямая загрузка пары регистров. L ((байт3)(байт2)); H  ((байт3)(байт2)+1). Содержимое ячейки памяти, адрес которой определяется байтами 2 и 3 команды передается в регистр L. Содержимое следующей ячейки памяти передается в регистр H. |
| LDAX RP | 7/1 | 00RP1010 | Косвенная загрузка аккумулятора. (A) (M). Содержимое ячейки памяти, адрес которой определяется парой регистров RP, передается в аккумулятор. Могут использоваться только пары RP=B    (регистры B и C) или RP=D (регистры D и  E). |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| XCHG | 4/1 | 11101011 | Обмен. (H) (D); (L) (E). Содержимое регистров H и L обмениваются с содержимым регистров D и E. |
| STA addr | 13/3 | 00110010 | Прямое размещение содержимого аккумулятора. ((байт3)(байт2)) (A). Содержимое аккумулятора передается в ячейку памяти, адрес которой указан байтами 2 и 3 команды. |
| SHLD addr | 16/3 | 00110010 | Прямое размещение содержимого регистров. ((байт3)(байт2)) (L); ((байт3)(байт2)+1)  (H). Содержимое регистра L передается в ячейку памяти, адрес которой определяется байтами 2 и 3 команды, одержимое регистра H передается в следующую ячейку памяти. |
| STAX RP | 7/1 | 00RP0010 | Косвенная загрузка аккумулятора. (M)  (A). Содержимое аккумулятора передается в ячейку памяти, адрес которой содержится в паре регистров RP. Могут использоваться только пары RP=B (регистры B и C) или RP=D (регистры D и E). |
| **Арифметические команды** | | | |
| ADD R | 4/1 | 10000SSS | Сложение содержимого регистра. (A)    (A)+(R). Содержимое регистра R складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| ADD M | 7/2 | 10000110 | Сложение содержимого ячейки памяти. (A)  (A)+((H)(L)). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| ADI data | 7/2 | 11000110 | Непосредственное сложение. (A) (A)+(байт2). Содержимое байта 2 команды складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.    Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| ADC R | 4/1 | 10001SSS | Сложение содержимого регистра и переноса. (A) (A)+(R)+(C). Содержимое регистра R и флага переноса C (бит переполнения) складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| ADC M | 7/2 | 10001110 | Сложение содержимого ячейки памяти и переноса. (A) (A)+((H)(L))+(C).    Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, и флага переноса C складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| ACI data | 7/2 | 11001110 | Непосредственное сложение с учетом переноса. (A) (A)+(байт2)+(C). Содержимое байта 2 команды и флага переноса C складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| DAD RP | 10/3 | 00RP1101 | Сложение содержимого пары регистров с содержимым пары регистров HL. (H)(L)    (H)(L)+(RH)(RL). Содержимое пары регистров RP складывается с содержимым пары регистров HL. Устанавливается флаг C. C=1, если есть перенос при сложении с удвоенной точностью, C=0, если нет переноса. |
| DAA | 4/1 | 00100111 | Десятичная коррекция аккумулятора: 1. Если (A3…A0) > 9 или AC = 1, то (A)+6; 2.  Если (A7…A4) > 9 или C = 1, то (A7…A4)+6 |
| SUB R | 4/1 | 10010SSS | Вычитание содержимого регистра (A)    (A)-(R). Содержимое регистра R вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| SUB M | 7/2 | 10010110 | Вычитание содержимого ячейки памяти. (A) (A)-(M). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| SUI data | 7/2 | 11010110 | Непосредственное вычитание. (A) (A)(байт2). Содержимое байта 2 команды вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| SBB R | 4/1 | 10011SSS | Вычитание содержимого регистра и переноса (A) (A)-(R)-(C). Содержимое регистра R и флага переноса C вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги; Z, S, C, P, AC  . |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| SBB M | 7/2 | 10011110 | Вычитание содержимого ячейки памяти и переноса. (A) (A)-(M)-(C). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, и флага переноса C вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор.  Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC |
| SBI data | 7/2 | 11011110 | Непосредственное вычитание данных и переноса. (A) (A)-(байт2)-(C).    Содержимое байта 2 команды и индикатора переноса C вычитается из содержимого аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, C, P, AC. |
| INR R | 5/1 | 00DDD100 | Инкремент содержимого регистра. (R) (R)+1. Содержимое регистра увеличивается на 1. Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC. |
| INR M | 10/3 | 00110100 | Инкремент содержимого ячейки памяти. (M)  ((H)(L))+1. Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, увеличивается на 1.  Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC |
| INX RP | 5/1 | 00RP0011 | Инкремент содержимого пары регистров. (RH)(RL) (RH)(RL)+1. Содержимое пары регистров RP увеличивается на 1 |
| DCR R | 5/1 | 00DDD101 | Декремент содержимого регистра. (R) (R)-1. Содержимое регистра уменьшается на 1. Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC. |
| DCR M | 10/3 | 00110101 | Декремент содержимого ячейки памяти (M)  (M)-1. Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL, уменьшается на 1. Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC. |
| DCX RP | 5/1 | 00RP1011 | Декремент содержимого пары регистров (RH)(RL) (RH)(RL)-1. Содержимое пары регистров RP уменьшается на 1. |
| **Логические команды** | | | |
| ANA R | 4/1 | 10100SSS | «И» с содержимым регистра. (A) (A) (R). Содержимое регистра R и содержимое аккумулятора логически умножается. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z,    S, P, AC. C=0 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| ANA M | 7/2 | 10100110 | «И» с содержимым ячейки памяти. (A) (A) (M). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL и содержимое аккумулятора логически умножается. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC. C = 0 |
| ANI data | 7/2 | 11100110 | «И» непосредственно с данными. (A) (A) (байт2). Содержимое байта 2 команды и содержимое аккумулятора логически умножается. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P, AC. C = 0. |
| XRA R | 4/1 | 10101SSS | «Исключающее ИЛИ» с содержимым регистра (A) (A) (R). Исключающее ИЛИ выполняется с содержимым регистра R и содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |
| XRA M | 7/2 | 10101110 | «Исключающее ИЛИ» с содержимым ячейки памяти. (A) (A) (M).  Исключающее ИЛИ выполняется с содержимым ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL и содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |
| XRI data | 7/2 | 11101110 | «Исключающее ИЛИ» непосредственно с данными. (A) (A) (байт2). Исключающее ИЛИ выполняется с содержимым байта 2 команды и содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |
| ORA R | 4/1 | 10110SS | «ИЛИ» с содержимым регистра. (A) (A) (R). Содержимое регистра R логически складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |
| ORA M | 7/2 | 10110110 | «ИЛИ» с содержимым ячейки памяти. (A) (A) (M). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан в паре регистров HL логически складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| ORI data | 7/2 | 11110110 | «ИЛИ» непосредственно с данными. (A) (A) (байт2). Содержимое байта 2 команды логически складывается с содержимым аккумулятора. Результат помещается в аккумулятор. Устанавливаются флаги – Z, S, P. AC=0, C=0. |
| CMP R | 4/1 | 10111SSS | Сравнить содержимое регистра. (A)-(R). Содержимое регистра R вычитается из содержимого аккумулятора. Содержимое аккумулятора не изменяется. Флаги – Z=1, если (A)=(R), C=1, если (A)<(R). |
| CMP M | 7/2 | 10111110 | Сравнить содержимое ячейки памяти. (A)(M). Содержимое ячейки памяти, адрес которой указан парой регистров HL, вычитается из содержимого аккумулятора. Содержимое аккумулятора не изменяется. Флаги – Z=1, если (A)=(M), C=1, если (A)<(M). |
| CPI data | 7/2 | 11111110 | Непосредственно сравнить данные. (A)(байт2). Содержимое байта 2 команды вычитается из содержимого аккумулятора. Содержимое аккумулятора не изменяется. Флаги – Z=1, если (A)=(байт2), C=1, если (A)<(байт2). |
| RLC | 4/1 | 00000111 | Сдвиг влево. (A ) (2A). Содержимое аккумулятора сдвигается на один разряд влево (A0 A7, C A7, An+1 An).  Устанавливается флаг C. |
| RRC | 4/1 | 00001111 | Сдвиг вправо. (A) (A/2). Содержимое аккумулятора сдвигается на один разряд вправо (A7 A0, C A0, An An+1).  Устанавливается флаг C. |
| RAL | 4/1 | 00010111 | Циклический сдвиг влево. Содержимое аккумулятора сдвигается влево вместе с C (C A7, A0 C An+1 An).        Устанавливается флаг C. |
| RAR | 4/1 | 00011111 | Циклический сдвиг вправо Содержимое аккумулятора сдвигается вправо вместе с C (A7 C, C A0, An  An+1).      Устанавливается флаг C. |
| CMA | 4/1 | 00101111 | Инвертировать содержимое аккумулятора.  (A) (A).Содержимое аккумулятора инвертируется. |
| CMC | 4/1 | 00111111 | Инвертировать флаг переноса. (C) (C).  Инвертируется флаг переноса. |
| STC | 4/1 | 00110111 | Установить перенос. (C) 1. Флаг переноса устанавливается в 1. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| **Команды ветвлений и переходов** | | | |
| JMP addr | 10/3 | 11000011 | Ветвление. (PC) (байт3)(байт2). Управление передается команде, адрес которой указан в байтах 3 и 2 текущей команды. |
| Jcnd addr | 10/3 | 11cnd010 | Условное ветвление. Если (cnd), то (PC)  ((байт3)(байт2). Если условие выполняется, то управление передается команде, адрес которой указан в байтах 2 и 3 текущей команды, иначе – выполняется следующая команда программы. |
| CALL addr | 17/5 | 11001101 | Вызов подпрограммы. (M0)  (PCH),  (адрес (M0) содержится в (SP)-1); (M1) (PCL), (адрес (M1) содержится в (SP)-2); (SP) ((SP)-2); (PC) (байт3)байт2). |
| Ccnd addr | 17/5 | 11cnd100 | Условный вызов подпрограммы. Если условие выполняется, то действия те же, что и в команде CALL, иначе – выполняется следующая команда программы. |
| RET | 10/3 | 11001001 | Возврат из полпрограммы. (M0) (PCL)  (адрес (M0) содержится в (SP)); (M1) (PCH) (адрес (M1) содержится в (SP)+1); (SP) (SP)+2. |
| Rcnd | 11/3 | 11cnd000 | Условный возврат из подпрограммы. Если условие выполняется, то действия те же, что и в RET, иначе – выполняется следующая команда программы |
| RST N | 11/3 | 11NNN111 | Рестарт. (M0) (PCH), (адрес (M0) содержится в (SP)-1); (M1) (PCL), (адрес (M1) содержится в (SP)-2); (SP) ((SP)-2); (PC) (NNN 8). |
| PCHL | 5/1 | 11101001 | Косвенный переход по адресу, указанному в паре регистров HL. (PCH) (H); (PCL)  (L). |
| **Команды ввода/вывода, управления и работы со стеком** | | | |
| IN port | 10/3 | 11011011 | Ввести данные. (A) (port). Данные из порта, адрес которого указан в байте 2 команды записываются в аккумулятор. |
| OUT port | 10/3 | 11010011 | Вывести данные. (port) (A). Данные из аккумулятора записываются в порт, адрес которого указан в байте 2 команды. |
| PUSH RP | 11/3 | 11RP0101 | Загрузить в стек содержимое пары регистров. (M0) (RH), (адрес (M0) содержится в (SP)-1); (M1) (RL), (адрес  (M1) содержится в (SP)-2) ); (SP) ((SP)-2). |
| Наименование | Число тактов/циклов | Двоичный код | Название и описание |
| PUSH PSW | 11/3 | 11110101 | Загрузить в стек содержимое регистра флагов. (M0) (A); (адрес (M0) содержится в (SP)-1); (M1) PSW; (адрес (M1) содержится в (SP)-2) ); (SP) ((SP)-2). |
| POP RP | 10/3 | 11RP0001 | Считать из стека содержимое пары регистров. (RL)  (M0); (адрес (M0) содержится в (SP)); (RH) (M1); (адрес  (M1) содержится в (SP)+1)); (SP)    ((SP)+2). |
| POP PSW | 10/3 | 11110001 | Считать из стека содержимое регистра флагов. (PSW) (M0); (адрес (M0) содержится в (SP)); (A) (M1); (адрес (M1) содержится в (SP)+1)); (SP) ((SP)+2). |
| XTHL | 18/5 | 11100011 | Обмен содержимым верхушки стека и пары регистров HL. (L) (M0); (адрес (M0) содержится в (SP)); (H) (M1); (адрес (M1) содержится в (SP)+1)); |
| SPHL | 5/1 | 11111001 | Пересылка содержимого регистров HL в указатель стека. (SP) (HL). |
| EI | 4/1 | 11111011 | Разрешение прерываний после выполнения следующей команды. |
| DI | 4/1 | 11110011 | Запрещение прерываний после выполнения следующей команды. |
| HLT | 7/1 | 01110110 | Останов. Процессор останавливается. |
| NOP | 4/1 | 00000000 | Нет операций. Не выполняется никаких операций. |

АДРЕСА РЕГИСТРОВ АДРЕСА ПАРЫ РЕГИСТРОВ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Адрес (R) | Регистр |  | Адрес (RP) | Пара регистров |
| 111  000  001  010  011  100  101 | A  B  C  D  E  H  L | 00  01  10  11 | BC  DE  HL  SP |

КОДЫ УСЛОВИЙ (cnd), ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОМАНДАХ УСЛОВНОГО ПЕРЕХОДА, ВЫЗОВА ПОДПРОГРАММ И ВОЗВРАТА ИЗ НИХ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коды | Мнемоника | Условия |
| 000  001  010  011  100  101  110  111 | NZ Z  NC  C  P0  PE  P  M | Не ноль (Z = 0)  Ноль (Z = 1)  Нет переноса (C = 0)  Есть перенос (C = 1)  Нечетный результат (P = 0)  Четный результат (P = 1)  Результат положительный (S = 0) Результат отрицательный (S = 1) |