**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский университет ИТМО»**

Факультет информационных технологий и программирования

Лабораторная работа №8

*Синтез команд базовой ЭВМ*

**Выполнил студент группы № M3111**

Гонтарь Тимур Сергеевич

**Подпись:**



**Проверил:**

Батоцыренов Павел Андреевич

Санкт-Петербург

2023

**Вариант 3**

* Часть 2 ДЗ№4. Микрокоманды цикла исполнение команд:

1. 7xxx – Сравнение аккумулятора и ячейки памяти (М - А, БР => C, N, Z)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарии** |
| B0 | 1150  0001000101010000 | !А + РД + 1 => БР, то же самое что  БР = РД – A;  В АЛУ слева подается обратный код аккумулятора, справа РД, выполняется их сложение + 1, что значит разности РД и А.  Результат записывается в буферный регистр. |
| B1 | 4070  0100000001110000 | С = БР[15], N = (БР < 0), Z = (БР == 0);  Буферный регистр проверяется на признаки вычитания, в результате: в C записывается есть ли переполнение, в N записывается знак числа, в Z записывается 1 если БР стало 0. Сам результат из БР никуда не пересылается. |
| B2 | 838F  1000001110001111 | GOTO ПРЕ(8F);  Осуществляет безусловный переход к микрокомандам, завершающим исполнение команды базовой микро ЭВМ |

1. Dxxx – переход по адресу (указанному в РД), если выполняется условие, что значение A > 16383. Очевидно, что это выполняется если:
2. Аккумулятор больше 0
3. 15 бит слева == 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарии** |
| D0 | C28F  1100001010001111 | if РС[2] == 1: GOTO 8F;  Проверка условия 1), если аккумулятор меньше 0 (регистр N равен 1), то завершение выполнения команды |
| D1 | BE8F  1011111010001111 | if A[14] == 0: GOTO 8F;  Проверка условия 2), если у аккумулятора 15 бит слева равен 0, то завершение выполнения команды |
| D2 | 0100  0000000100000000 | БР = РД;  Если оба условия для проверки аккумулятора были выполнены, то пересылка регистра данных в буферный регистр. |
| D3 | 4004  0100000000000100 | СК =БР;  Пересылка регистра данных в счётчик команд |
| D4 | 838F  1000001110001111 | GOTO ПРЕ(8F);  Осуществляет безусловный переход к микрокомандам, завершающим исполнение команды базовой микро ЭВМ |

1. FE00 – безадресная команда, получение дополнительного кода аккумулятора. FE00 – 1111 1110 0000 0000, то есть необходимо чтобы 10 бит слева был 1, а 9 был 0. Для этого в процессе дешифрации сначала исключим факт 0 в 10 бите, затем исключим факт 1 в 9 бите. Это всё нужно, чтобы выполнялась именно команда FE00, а не какая-либо другая.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарии** |
| E0 | A98F  1010100110001111 | if РК[9] == 0: GOTO 008F;  Проверка на условие 1, если 10 бит слева равен 0, то выход из команды |
| E1 | E88F  1110100010001111 | if РК[8] == 1: GOTO 008F;  Проверка на условие 2, если 9 бит слева равен 1, то выход из команды |
| E2 | 1050  0001000001010000 | БР = !А + 1;  Если предыдущие условия выполняются, и команда реально FE00, то в буферный регистр записывается обратный код аккумулятора + 1 |
| E3 | 4075  0100000001110101 | C = БР[15], N = (БР < 0), Z = (БР == 0), A = БР;  Буферный регистр проверяется на признаки построения дополнительного кода, в результате: в C записывается есть ли переполнение, в N записывается знак числа, в Z записывается 1 если БР стало 0. Сам результат из БР пересылается в аккумулятор |
| E4 | 838F  1000001110001111 | GOTO ПРЕ(8F);  Осуществляет безусловный переход к микрокомандам, завершающим исполнение команды базовой микро ЭВМ |

* Проверка правильности исполнения синтезированных команды базовой ЭВМ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес** | **Код** | **Мнемоника** | **Комментарии** |
| 010 | 7123 | - | Ячейка, которая нужна для изначального заполнения аккумулятора |
| 011 | 7000 | - | Ячейка M, из которой будет вычитаться аккумулятор с помощью собственной команды 7xxx |
| 012 | 0000 | - | Ячейка для хранения результата проверки командой Dxxx, если значение в аккумуляторе подходит под условие |
| 013 | 0000 | - | Ячейка для хранения значения регистра знака N, после выполнения команды 7xxx |
| 014 | 0000 | - | Ячейка для хранения результата проверки командой Dxxx, если значение в аккумуляторе уже не подходит подходит под условие |
| 015 | 0000 | - | Ячейка для хранения дополнительного кода, полученного в результате выполнения команды FE00 |
| 016 | F200 | CLA | Очистка аккумулятора |
| 017 | 4010 | ADD 010 | Записать в аккумулятор значение ячейки 010 |
| 018 | D01A | Dxxx | Проверка условия Dxxx (первая), в случае успеха переход на 01A |
| 019 | C01C | BR 01C | Безусловный переход на ячейку 01C |
| 01A | 0012 | ISZ 012 | Нарастить значение ячейки 012 на 1, СК++ |
| 01B | F100 | NOP | Нет операции |
| 01C | 7011 | 7xxx | Вычесть из значения ячейки памяти 011 значение аккумулятора |
| 01D | A01F | BMI 01F | Если аккумулятор меньше 0, то перейти по адресу 01F |
| 01E | C021 | BR 021 | Безусловный переход по адресу 021 |
| 01F | 0013 | ISZ 013 | Нарастить значение ячейки 013 на 1, СК++ |
| 020 | F100 | NOP | Нет операции |
| 021 | 6011 | SUB 011 | A – M. После выполнения 7xxx поменялись биты РС, но сам аккумулятор не поменялся. Для повторной проверки команды Dxxx необходимо вычесть уже из самого аккумулятора это значение. |
| 022 | D024 | Dxxx | Проверка условия Dxxx (вторая) , в случае успеха переход на 024 |
| 023 | C026 | BR 026 | Безусловный переход на ячейку 026 |
| 024 | 0014 | ISZ 014 | Нарастить значение ячейки 014 на 1, СК++ |
| 025 | F100 | NOP | Нет операции |
| 026 | FE00 | - | Выполнение собственной программы FE00, дополнительный код аккумулятора |
| 027 | 3015 | MOV 015 | Значение аккумулятора записывается в ячейку памяти 015 |
| 028 | F200 | CLA | Очистка аккумулятора |
|  | F000 | HLT | Завершение программы |

В ходе данной программы были выполнены действия: в аккумулятор записали число, удовлетворяющее условию Dxxx. Условие оказалось верным, в ячейку 012 записывается значение 1 как знак того что условие выполнилось. Затем выполняется команда 7xxx, в результате которой изменился регистр знака (значение аккумулятора в свою очередь не изменилось), в подтверждение этому выполняется проверка регистра N – и в ячейку 013 записывается значение 1 как правильный результат (N == 1). Затем из аккумулятора вычитается значение M (011), ибо в результате 7xxx аккумулятор остался неизменным, а для повторной проверки Dxxx надо его поменять. Затем происходит повторная проверка Dxxx, в этот раз она не проходит и в ячейку 014 не записывается 1. После этого выполняется безадресная команда FE00, результат записывается в ячейку 015. После этого программы завершается.

* Таблица проверки и отладки программы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **СчМК до выборки МК** | **ВМК** | **СК** | **РА** | **РК** | **РД** | **А** | **С** | **БР** | **N** | **Z** | **СчМК** |
| **Команда F200, расположенная по адресу 016** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 017 | 016 | F200 | F200 | 0000 | 0 | 0000 | 0 | 1 | 089 |
| **Команда 4010, расположенная по адресу 017** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 018 | 010 | 4010 | 7123 | 7123 | 0 | 7123 | 0 | 0 | 089 |
| **Команда D01A, расположенная по адресу 018** | | | | | | | | | | | |
| 089 | 8301 | 018 | 010 | 4010 | 7123 | 7123 | 0 | 7123 | 0 | 0 | 001 |
| 001 | 0300 | 018 | 010 | 4010 | 7123 | 7123 | 0 | 0018 | 0 | 0 | 002 |
| 002 | 4001 | 018 | 018 | 4010 | 7123 | 7123 | 0 | 0018 | 0 | 0 | 003 |
| 003 | 0311 | 018 | 018 | 4010 | D01A | 7123 | 0 | 0019 | 0 | 0 | 004 |
| 004 | 4004 | 019 | 018 | 4010 | D01A | 7123 | 0 | 0019 | 0 | 0 | 005 |
| 005 | 0100 | 019 | 018 | 4010 | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 006 |
| 006 | 4003 | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 007 |
| 007 | AF0C | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 008 |
| 008 | AE0C | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 009 |
| 009 | AD0C | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 00C |
| 00C | AB1D | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 01D |
| 01D | EF2D | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 02D |
| 02D | AE30 | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 02E |
| 02E | AC47 | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 02F |
| 02F | 83D0 | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0D0 |
| 0D0 | C28F | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0D1 |
| 0D1 | BE8F | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0D2 |
| 0D2 | 0100 | 019 | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0D3 |
| 0D3 | 4004 | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0D4 |
| 0D4 | 838F | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 08F |
| 08F | C591 | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 090 |
| 090 | 83F5 | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 0F5 |
| 0F5 | 8788 | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 088 |
| 088 | 4008 | 01A | 018 | D01A | D01A | 7123 | 0 | D01A | 0 | 0 | 089 |
| **Команда 0012, расположенная по адресу 01A** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 01C | 012 | 0012 | 0001 | 7123 | 0 | 001C | 0 | 0 | 089 |
| **Команда 7011, расположенная по адресу 01C** | | | | | | | | | | | |
| 089 | 8301 | 01C | 012 | 0012 | 0001 | 7123 | 0 | 001C | 0 | 0 | 001 |
| 001 | 0300 | 01C | 012 | 0012 | 0001 | 7123 | 0 | 001C | 0 | 0 | 002 |
| 002 | 4001 | 01C | 01C | 0012 | 0001 | 7123 | 0 | 001C | 0 | 0 | 003 |
| 003 | 0311 | 01C | 01C | 0012 | 7011 | 7123 | 0 | 001D | 0 | 0 | 004 |
| 004 | 4004 | 01D | 01C | 0012 | 7011 | 7123 | 0 | 001D | 0 | 0 | 005 |
| 005 | 0100 | 01D | 01C | 0012 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 006 |
| 006 | 4003 | 01D | 01C | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 007 |
| 007 | AF0C | 01D | 01C | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 00C |
| 00C | AB1D | 01D | 01C | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 01D |
| 01D | EF2D | 01D | 01C | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 01E |
| 01E | 0100 | 01D | 01C | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 01F |
| 01F | 4001 | 01D | 011 | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 020 |
| 020 | EE27 | 01D | 011 | 7011 | 7011 | 7123 | 0 | 7011 | 0 | 0 | 027 |
| 027 | 0001 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | 0000 | 0 | 0 | 028 |
| 028 | AD2B | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | 0000 | 0 | 0 | 029 |
| 029 | AC43 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | 0000 | 0 | 0 | 02A |
| 02A | 83B0 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | 0000 | 0 | 0 | 0B0 |
| 0B0 | 1150 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 0 | 0 | 0B1 |
| 0B1 | 4070 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 0B2 |
| 0B2 | 838F | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 08F |
| 08F | C591 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 090 |
| 090 | 83F5 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 0F5 |
| 0F5 | 8788 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 088 |
| 088 | 4008 | 01D | 011 | 7011 | 7000 | 7123 | 0 | FEDD | 1 | 0 | 089 |
| **Команда A01F, расположенная по адресу 01D** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 01F | 01D | A01F | A01F | 7123 | 0 | A01F | 1 | 0 | 089 |
| **Команда 0013, расположенная по адресу 01F** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 021 | 013 | 0013 | 0001 | 7123 | 0 | 0021 | 1 | 0 | 089 |
| **Команда 6011, расположенная по адресу 021** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 022 | 011 | 6011 | 7000 | 0123 | 1 | 0123 | 0 | 0 | 089 |
| **Команда D024, расположенная по адресу 022** | | | | | | | | | | | |
| 089 | 8301 | 022 | 011 | 6011 | 7000 | 0123 | 1 | 0123 | 0 | 0 | 001 |
| 001 | 0300 | 022 | 011 | 6011 | 7000 | 0123 | 1 | 0022 | 0 | 0 | 002 |
| 002 | 4001 | 022 | 022 | 6011 | 7000 | 0123 | 1 | 0022 | 0 | 0 | 003 |
| 003 | 0311 | 022 | 022 | 6011 | D024 | 0123 | 1 | 0023 | 0 | 0 | 004 |
| 004 | 4004 | 023 | 022 | 6011 | D024 | 0123 | 1 | 0023 | 0 | 0 | 005 |
| 005 | 0100 | 023 | 022 | 6011 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 006 |
| 006 | 4003 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 007 |
| 007 | AF0C | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 008 |
| 008 | AE0C | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 009 |
| 009 | AD0C | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 00C |
| 00C | AB1D | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 01D |
| 01D | EF2D | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 02D |
| 02D | AE30 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 02E |
| 02E | AC47 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 02F |
| 02F | 83D0 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 0D0 |
| 0D0 | C28F | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 0D1 |
| 0D1 | BE8F | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 08F |
| 08F | C591 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 090 |
| 090 | 83F5 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 0F5 |
| 0F5 | 8788 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 088 |
| 088 | 4008 | 023 | 022 | D024 | D024 | 0123 | 1 | D024 | 0 | 0 | 089 |
| **Команда C026, расположенная по адресу 023** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 026 | 023 | C026 | C026 | 0123 | 1 | C026 | 0 | 0 | 089 |
| **Команда FE00, расположенная по адресу 026** | | | | | | | | | | | |
| 089 | 8301 | 026 | 023 | C026 | C026 | 0123 | 1 | C026 | 0 | 0 | 001 |
| 001 | 0300 | 026 | 023 | C026 | C026 | 0123 | 1 | 0026 | 0 | 0 | 002 |
| 002 | 4001 | 026 | 026 | C026 | C026 | 0123 | 1 | 0026 | 0 | 0 | 003 |
| 003 | 0311 | 026 | 026 | C026 | FE00 | 0123 | 1 | 0027 | 0 | 0 | 004 |
| 004 | 4004 | 027 | 026 | C026 | FE00 | 0123 | 1 | 0027 | 0 | 0 | 005 |
| 005 | 0100 | 027 | 026 | C026 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 006 |
| 006 | 4003 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 007 |
| 007 | AF0C | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 008 |
| 008 | AE0C | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 009 |
| 009 | AD0C | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 00A |
| 00A | EC5E | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 05E |
| 05E | AB61 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 05F |
| 05F | AA6C | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 060 |
| 060 | 83E0 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 0E0 |
| 0E0 | A98F | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 0E1 |
| 0E1 | E88F | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FE00 | 0 | 0 | 0E2 |
| 0E2 | 1050 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | 0123 | 1 | FEDD | 0 | 0 | 0E3 |
| 0E3 | 4075 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 0E4 |
| 0E4 | 838F | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 08F |
| 08F | C591 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 090 |
| 090 | 83F5 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 0F5 |
| 0F5 | 8788 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 088 |
| 088 | 4008 | 027 | 026 | FE00 | FE00 | FEDD | 1 | FEDD | 1 | 0 | 089 |
| **Команда 3015, расположенная по адресу 027** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 028 | 015 | 3015 | FEDD | FEDD | 1 | 0000 | 1 | 0 | 089 |
| **Команда F200, расположенная по адресу 028** | | | | | | | | | | | |
| 088 | 4008 | 029 | 028 | F200 | F200 | 0000 | 1 | 0000 | 0 | 1 | 089 |
| **Команда F000, расположенная по адресу 029** | | | | | | | | | | | |
| Завершение программы. | | | | | | | | | | | |

**Вывод:** в ходе выполнения данной лабораторной работы были загружены в память микропрограмм микрокоманды новых команд базовой ЭВМ, загружены в память ЭВМ программы для проверки правильности выполнения синтезированных команд, а также проверены и отлажены эти микропрограммы.