**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО

Мегафакультет трансляционных информационных технологий

Факультет информационных технологий и программирования

**Лабораторная работа №8**

По дисциплине «Аппаратное обеспечение вычислительных систем»

Вариант № 3

Выполнил студент группы №M3105

*Козлов Никита Сергеевич*

Проверил

*Кулешова Екатерина Дмитриевна*



Санкт-Петербург

2024

Решение с комментариями

1. Микрокоманды цикла «ИСПОЛНЕНИЕ» команд:

Команда 7XXX – сравнение аккумулятора и ячейки памяти (М – А, БР => С, N, Z)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарий** |
| B0 | 1150  0001000101010000 | БР = !A+РД+1(БР = РД - А)  Слева подается А, справа РД, затем в буферный регистр записывается сложение РД с А в доп. коде. |
| B1 | 4070  0100000001110000 | С = Б [0], N = БР < 0, Z = БР == 0  Буферный регистр проверяется на отрицательность: в С записывается 1 если переполнение, в N записывается знак числа из БР, в Z записывается 1 если БР стало 0. Число из БР никуда не пересылается. |
| B2 | 838F  1000001110001111 | If PC[3] == 0: GOTO 008F  Переходим к микрокомандам, которые завершают исполнение команды. |

Команда DXXX – переход по адресу из РД, если A > 16383(214 - 1)(если A > 0 и 15 бит равен 1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарий** |
| D0 | C28F  1100001010001111 | If PC[2] == 1: GOTO 08F  Если аккумулятор меньше 0(регистр N равен 1), то завершение выполнения команды |
| D1 | BE8F  1011111010001111 | If А[14] == 0: GOTO 08F  Если у аккумулятора 15 бит равен 0, то завершение выполнения команды. |
| D2 | 0100  0000000100000000 | БР = РД  Когда оба условия выполняются, то данные пересылаются в буферный регистр |
| D3 | 4004  0100000000000100 | Пересылка данных в счетчик команд. |
| D4 | 838F  1000001110001111 | If PC[3] == 0: GOTO 008F  Переходим к микрокомандам, которые завершают исполнение команды. |

Безадресные команды: FE00 – получение доп. кода аккумулятора(нужно проверить что это действительно безадресная команда FE00, для этого нужно чтобы 10 бит слева был 1, а 9 0)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес микрокоманды** | **Микрокоманда** | **Комментарий** |
| E0 | A98F  1010100110001111 | If PK[9] == 0: GOTO 08F  Проверка 10 бита слева, и выход ели он не 1 |
| E1 | E88F  1110100010001111 | If PK[8] == 1: GOTO 08F  Проверка 9 бита слева, и выход ели он не 0 |
| E2 | 0150  0001000001010000 | БР = !A + 1  Когда оба условия выполняются, то в буферный регистр записывается дополнительный код аккумулятора. |
| E3 | 4075  0100000001110101 | С = Б [0], N = БР < 0, Z = БР == 0, A = БР  Буферный регистр проверяется на отрицательность: в С записывается 1 если переполнение, в N записывается знак числа из БР, в Z записывается 1 если БР стало 0. Число из БР записывается в аккумулятор. |
| E4 | 838F  1000001110001111 | If PC[3] == 0: GOTO 008F  Переходим к микрокомандам, которые завершают исполнение команды. |

Тестовые программы:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Адрес | Код | Мнемоника | Комментарий |
| 010 | 0000 |  | Изначальное значение аккумулятора |
| 011 | 7000 |  | Для вычитания в 7ххх |
| 012 | 0000 |  | Для Dxxx |
| 013 | 0000 |  | Для N, после выполнения 7ххх |
| 014 | 0000 |  | Для Dxxx второй случай |
| 015 | 0000 |  | Для FE00 |
| 016 | F200 | CLA | Очистка аккумулятора |
| 017 | 4010 | ADD 010 | A = A + 010 |
| 018 | D01A | Dxxx | Проверка условия Dxxx, переход на 01A если успех |
| 019 | C01C | BR 01C | Безусловный переход на 01С |
| 01A | 0012 | ISZ 012 | 012++, СК++ |
| 01B | F100 | NOP | Ничего не делает |
| 01C | 7011 | 7xxx | Вычесть из ячейки 011 значение аккумулятора |
| 01D | A01F | BMI 01F | Если аккумулятор меньше 0, то перейти на 01F |
| 01E | C021 | BR 021 | Безусловный переход по адресу 021 |
| 01F | 0013 | ISZ 013 | 013++, СК++ |
| 020 | F100 | NOP | Ничего не делает |
| 021 | 6011 | SUB 011 | Вычесть из аккумулятора аккумулятор, чтобы сделать вторую проверку Dxxx |
| 022 | D024 | Dxxx | Проверка условия Dxxx другая, переход на 024 если успех |
| 023 | C026 | BR 026 | Безусловный переход на 026 |
| 024 | 0014 | ISZ 014 | 014++, СК++ |
| 025 | F100 | NOP | Ничего не делает |
| 026 | FE00 | - | Доп. код аккумулятора |
| 027 | 3015 | MOV 015 | A -> 015 |
| 028 | F200 | CLA | Отчистка аккумулятора |
| 029 | F000 | HLT | Завершение программы |

Таблица проверки и отладки программы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СчМК до выборки МК | Содержимое регистров после выборки и исполнения МК | | | | | | | | | | |
| **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 | 89 |
| **Команда D01A, расположенная по адресу 018** | | | | | | | | | | | |
| 089 | 8301 | 018 | 010 | 7123 | 7123 | 0 | 7123 | 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 | 01С | 012 | 0012 | 0001 | 7123 | 0 | 001С | 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 А01F, 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** | | | | | | | | | | | |
| **Конец.** | | | | | | | | | | | |