МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

**«Вятский государственный университет»**

**(ФГБОУ ВПО «ВятГУ»)**

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Микропрограммная реализация ЭВМ

Отчет по лабораторной работе №4 дисциплины

«Организация ЭВМ и систем»

Выполнил студент группы ИВТб-21\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Седов М.Д./

Проверил преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Клюкин В.Л./

Киров 2019

1. Задание на лабораторную работу

Подсчитать число одинаковых цифр, расположенных в одноименных разрядах xi и yi 8-разрядных двоичных чисел X и Y.

1. Определение архитектуры и программирование

*Форматы данных.* Данные в примере являются целыми числами, изменяющимися в пределах от 0 до 32767. В этом случае любое число можно представить 16-разрядным двоичным кодом, старший разряд которого определяет знак числа.

*Программно – доступные регистры.* Программно – доступными регистрами МЭ, система команд которой состоит из одноадресных команд, можно считать: аккумулятор – AC, программный счётчик – PC и регистр признаков – RP, содержащий в простейшем случае разряды двух признаков: нуля (PZ) и знака (PS).

*Система команд.* Разработка системы команд предполагает определение и кодирование операций, способов адресаций, модификаций и форматов данных. Граф – схема алгоритма деления чисел изображена на рисунке 1.

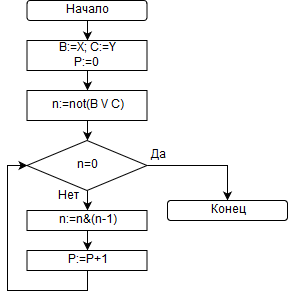


Рисунок 1 – Граф – схема алгоритма

Для системы команд, состоящей из одноадресных команд с прямой адресацией, достаточно одного формата команды, содержащего два поля: кода операции К и адреса А. Система команд МЭ представлена в таблице 1, где M[A] – ячейка памяти с адресом А, знак “+” в описании признаков означает, что устанавливается новое значение признака по результату выполнения команды, а знак “-“ свидетельствует о сохранении старого значения признака.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Мнемоника | Описание | Признаки | |
| PZ | PS |
| ОЧИСТКА | CLM A | M[A]:=00…0, PC:=PC+1 | - | - |
| ЗАПИСЬ АС | MOV A | M[A]:=AC; PC:=PC+1 | - | - |
| ИНКРЕМЕНТ | INC A | M[A]:=M[A]+1; PC:=PC+1 | - | - |
| ДЕКРЕМЕНТ | DEC A | M[A]:=M[A]-1; PC:=PC+1 | + | + |
| УМНОЖЕНИЕ | MUL A | AC:=AC&M[A]; PC:=PC+1 | + | + |
| ЗАГРУЗКА АС | LDA A | AC:=M[A]; PC:=PC+1 | + | + |
| НЕТ ОПЕРАЦИИ | NOP | PC:=PC+1 | - | - |
| ПЕРЕХОД | BR A | PC:=A | - | - |
| ПЕРЕХОД,  ЕСЛИ НУЛЬ | BEQ A | Если PZ=1, то PC:=A,  иначе PC:=PC+1; | - | - |
| ПЕРЕХОД,  ЕСЛИ МИНУС | BMI A | Если PS=1, то PC:=A,  иначе PC:=PC+1 | - | - |
| ОСТАНОВ | HLT A | PC:=A, останов | - | - |

Таблица 1 – Система команд

Команды МЭ в зависимости от выполнения операций можно разделить на три группы.

*Арифметико – логические команды:* умножение, очистка, инкремент, декремент. Операция умножения является двухместной и может быть представлена общим выражением: c:=a\*b, где а – источник первого, b – источник второго операнда; c – приемник результата, \* - символ операции. В общем случае двухместные операции требуют введения в команду трех указателей: a,b, c. Число указателей может быть сокращено до двух, если результат операции помещается на место одного из операндов: a:=a\*b или b:=a\*b. Для рассматриваемых одноадресных команд a, b ϵ {AC, M[a]}.

Операции очистки, инкремента и декремента являются одноместными: a:=\*(a). Для рассматриваемых команд a ϵ {AC, M[a]}.

*Команды – пересылки.* Эти команды представлены в системе команд МЭ командой загрузки аккумулятора и командой записи содержимого аккумулятора в память. Операции пересылки могут быть описаны общим выражением: a:=b; a, b ϵ {R[N] M[a]}, где R[N] – один из внутренних регистров МЭ с номером (идентификатором) N.

*Команды управления:* переход по нулю, переход по минусу, переход безусловный, останов с загрузкой программного счётчика.

Для рассматриваемых одноадресных команд операции перехода можно представить следующим выражением: Nj+1=F(Nj, a, p), где Nj – номер (адрес) текущей; Nj+1 – следующей команды; a – указатель; p – условие перехода; F(Nj, a, p) – функция формирования номера (адреса) следующей команды. Тогда для операции условного перехода по нулю (знаку) Nj, Nj+1 ϵ {PC}, a ϵ {A}, p ϵ {PZ} (p ϵ {PS}). А в операциях безусловного перехода PC:=A.

Программа подсчета равных чисел в разрядах двух чисел представлена в таблице 3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | МИ | РЗУ | | Упр. АЛУ | | | Упр. ОЗУ | | | Шина | МИ | Упр. усл. | | | Упр. УУ | | |
| N | I8-0 | A | B | C0 |  | SC |  |  |  | D11-0 | I3-0 | A | U |  | C0 |  |  |
| 00 | 343 | 0 | F | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 337 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | 037 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RQ:=Y | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | 143 | 0 | E | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RA:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 237 | 0 | E | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | 2 | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Переход по КОП | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | 133 | 0 | 8 | 0 | 0 | 00 | 0 | 0 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Запись P | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | … | . | . | . | . | .. | . | . | . | … | . | .. | . | . | . | . | . |
| 0A | 343 | 0 | 8 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R8:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0B | 370 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=^(R0 xor RQ) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0C | 314 | 0 | 1 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 007 | 3 | 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R1:=R0-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0D | 341 | 1 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=R0&R1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0E | 303 | 0 | 8 | 1 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 00C | 3 | 00 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| R8:=R8+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0F | … | . | . | . | . | .. | . | . | . | … | . | .. | . | . | . | . | . |

Таблица 4 – Микропрограмма выполнения операции в ВУ без конвейерного выполнения микрокоманд

1. Разработка микропрограммы для устройства с конвейерным выполнением микрокоманд

Совмещение во времени выполнения микроопераций текущей микрокоманды и считывания следующей не позволяют использовать для формирования адреса следующей микрокоманды значения логических условий, определяемых в текущей микрокоманды. Для сохранения конвейерной обработки микрокоманд перехода необходимо сформировать и запомнить значения логических условий до выполнения микрокоманды, содержащей условный переход. Выполнение этого условия требует преобразования микропрограмм, составленных для ВУ без конвейерного выполнения микрокоманд.

Преобразование заключается в перенесении микроопераций формирования значений логических условий из микрокоманды условного перехода в предшествующую ей микрокоманду и включении в операционную часть микрокоманды перехода микроопераций, которые могут быть выполнены до перехода, но после формирования значений условий. Если такая перестановка микроопераций не допускается алгоритмом обработки, то микрокоманда перехода заменяется двумя микрокомандами: микрокомандой, формирующей значения логических условий, и “пустой” микрокомандой, которая обеспечивает переход по условию, но не выполняет преобразований, предписываемых алгоритмом обработки.

Размещение кода микропрограммы в блоке памяти микропрограмм для устройства с конвейерным выполнением микрокоманд показано в таблице 5.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | МИ | РЗУ | | Упр. АЛУ | | | Упр. ОЗУ | | | Шина | МИ | Упр. усл. | | | Упр. УУ | | |
| N | I8-0 | A | B | C0 |  | SC |  |  |  | D11-0 | I3-0 | A | U |  | C0 |  |  |
| 00 | 343 | 0 | F | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | 337 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | 037 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RQ:=Y | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | 143 | 0 | E | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RA:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | 237 | 0 | E | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Переход по КОП | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | 133 | 0 | E | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | 2 | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Переход по КОП | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | 303 | 0 | F | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| RF:=RF+1; RA:=RF+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | 133 | 0 | 8 | 0 | 0 | 00 | 0 | 0 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Запись P | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0A | 343 | 0 | 8 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R8:=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0B | 133 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| BRS:=F(R0) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0C | 370 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=^(R0 xor RQ) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0D | 314 | 0 | 1 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R1:=R0-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0E | 341 | 1 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 008 | 3 | 11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R0:=R0&R1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0F | 303 | 0 | 8 | 1 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 00D | 3 | 00 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| R8:=R8+1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | … | . | . | . | . | .. | . | . | . | … | . | .. | . | . | . | . | . |

Таблица 5 – Микропрограмма выполнения операции в ВУ с конвейерным выполнением микрокоманд

1. Сравнение микропрограмм

Допустим, что в рассматриваемом примере среднее число циклов подсчета равных чисел равно 4, а вероятность возникновения единицы переноса – 0,01. Тогда среднее число тактов, необходимых для выполнения микропрограмм, равны: в МПР без конвейерного выполнения M1≈18, а в МПР с конвейерным выполнением микрокоманд M2≈20.

Для расчета времени выполнения микропрограмм примем τ1=τ, а τ1=kτ. Примем k-0,7, тогда T1=M1\*τ=18τ и T2=M2\*k\*τ=14τ.

Объём памяти, необходимой для размещения микропрограмм, равен: для МПР без конвейерного выполнения микрокоманд: N1=14, n1=47 и V1=14\*47=658 бит. Для МПР с конвейерным выполнением микрокоманд: N2=15, n2=47 и V2=15\*47=705 бит.

Таким образом, конвейерная обработка микрокоманд позволила уменьшить время вычислений и привела к незначительному увеличению объёма памяти, необходимого для размещения микропрограммы.