

**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 № М3111

Нечаев Александр Сергеевич

Подпись:



Санкт-Петербург
2023

Цель работы - практическое завершение второй части домашнего задания №4. В ней производится загрузка в память микропрограмм микрокоманд новых команд базовой ЭВМ, загрузка в память ЭВМ программы для проверки правильности выполнения синтезированных команд, а также проверка и отладка этих микропрограмм.

Часть 2:

А. Написать завершающие вертикальные микрокоманды цикла "ИСПОЛНЕНИЕ" следующих команд:

Все микропрограммы реализуемых команд должны заканчиваться микрокомандой 838F (GOTO ПРЕ(8F)), осуществляющей переход к микрокомандам, завершающим исполнение любой команды базовой микро ЭВМ.

Команда 7XXX – 6 вариант - ПЕРЕСЫЛКА УДВОЕННАЯ (записать в ячейку памяти, на которую указывает адресная часть команды, удвоенное содержимое аккумулятора, т.е. команды 3xxx+4xxx):

7XXX (Пересылка удвоенная)		
Адрес МП	Микрокоманда (верт.)	Комментарии
B0	1000	A→БР
B1	4002	БР→РД
B2	0002	РД→ОП(РА)
B3	1100	A+РД→БР
B4	4075	БР→А, С, N, Z
B5	1000	A→БР
B6	4002	БР→РД
B7	0002	РД→ОП(РА)
B8	0004	RAR(A)→БР
B9	4075	БР→А, С, N, Z
BA	838F	GOTO ПРЕ(8F)

В процессе дешифрации команды 7xxx в РА записывается адрес операнда (может использоваться для команд пересылки), а в РД - сам операнд (может использоваться для команд загрузки и сравнения). Затем осуществляется переход к ячейке памяти микрокоманд B0, где надо разместить первую синтезируемую микрокоманду команды 7xxx.

Команда DXXX – Организовать переход к команде, расположенной по адресу, на которую указывает адресная часть команды, если: 6 вариант - 7-й бит аккумулятора равен единице:

DXXX (7 бит A ==1)		
Адрес МП	Микрокоманда (верт.)	Комментарии
D0	F78F	IF BIT(7,A) = 0 THEN ПРЕ(8F)
D1	0200	РК→БР
D2	4004	БР→СК
D3	838F	GOTO ПРЕ(8F)

После выборки команды перехода xxx в РД сохраняется адрес перехода (адресная часть команды), который может быть переписан в СК при выполнении условия перехода. Последняя микрокоманда дешифрации команды Dxxx передает управление в ячейку с адресом D0, где надо разместить первую синтезируемую микрокоманду команды Dxxx.

Безадресные команды – 6 вариант - циклический сдвиг вправо с очисткой регистра С (FE00):

Безадресная команда (циклический сдвиг с очисткой регистра)		
Адрес МП	Микрокоманда (верт.)	Комментарии
E0	0004	RAR(A)→БР
E1	4075	БР→А, С, N, Z

E2	4080	0→C
E3	838F	GOTO ПРЕ(8F)

Когда в процессе дешифрации безадресных команд выясняется, что в 10-м и 11-м разрядах ПК содержатся единицы (т.е. выбрана одна из команд: FC00, FD00, FE00 или FF00), управление передается в ячейку с адресом E0. Здесь должны начинаться микрокоманды дополнительной дешифрации, выделяющие заданную команду путем анализа 9-го и 8-го разрядов ПК и передающие управление в свободную область памяти микрокоманд (от Eх до FF), где следует разместить микрокоманды реализации безадресной команды.

Б. Написать тестовые программы для проверки правильности исполнения всех трех синтезированных команд базовой ЭВМ:

Тестовые программы должны отвечать следующим требованиям:

- 1) Для синтезированных арифметических и без адресных команд результат их выполнения должен быть зафиксирован в памяти базовой ЭВМ, а не только в регистрах.
- 2) Если проверяемая арифметическая или безадресная команда устанавливает признаки результата (C, Z, N), необходимо проверить правильную установку одного из них, используя соответствующую команду перехода. Результат проверки признака зафиксировать в памяти базовой ЭВМ.
- 3) Для синтезированных команд переходов необходимо проверить команду как при выполнении условия перехода, так и при его невыполнении. Результат проверки в обоих случаях зафиксировать в памяти базовой ЭВМ.

Программа для проверки правильности исполнения всех трех синтезированных команд базовой ЭВМ:

Адрес	Код	Мнемоника	Комментарии
015	0000		Ячейка для хранения 7xxx
016	0000		Ячейка для хранения FExx
017	00E0		Ячейка для вычисления (в 2 СС = 11100000; 7 бит = 1)
018	F200	CLA	Очистка аккумулятора
019	4017	ADD 017	(017) + (A) → A
01A	7015	7XXX	(A) + (A) → 015
01B	D01E	DXXX	Если A[7бит] = 1, то переход в 01E
01C	FE00	FEXX	Сдвиг вправо + очистка регистра
01D	3016	MOV 016	(A) → 016
01E	F000	HLT	Остановка ЭВМ

В памяти МПУ внесенные МП будут выглядеть так:

7XXX ↓

```

0B0 1000  БР=A + 0;
0B1 4002  РД = БР;
0B2 0002  БР=0 + 0; *РА = РД
0B3 1100  БР=A + РД;
0B4 4075  C = БР[0]; N=БР < 0; Z=БР == 0; A = БР;
0B5 1000  БР=A + 0;
0B6 4002  РД = БР;
0B7 0002  БР=0 + 0; *РА = РД
0B8 0004  БР=A >> 1
0B9 4075  C = БР[0]; N=БР < 0; Z=БР == 0; A = БР;
0BA 838F  if PC[3] == 0 GOTO 008F

```

DXXX ↓

```

0D0 F78F  if A[7] == 1 GOTO 008F
0D1 0200  БР=0 + ПК;
0D2 4004  СК = БР;
0D3 838F  if PC[3] == 0 GOTO 008F

```

```

0E0 0004  БР=A >> 1
0E1 4075  C = БР[0]; N=БР < 0; Z=БР == 0; A = БР;
0E2 4080  C = 0;
0E3 838F  if PC[3] == 0 GOTO 008F

```

FE00 ↑

Таблица трассировки:

Выполняемая команда		Содержимое регистров процессора после выполнения команды						Ячейка, содержимое которой изменилось после выполнения программы	
Адрес	Код	СК	РА	РК	РД	А	С	Адрес	Новый код
018	F200	0019	0018	F200	F200	0000	0		
019	4017	001A	0017	4017	00E0	00E0	0		
01A	7015	001B	0015	7015	01C0	00E0	0	015	01C0
01B	D01E	001C	001B	D01E	D01E	00E0	0		
01C	FE00	001D	001C	FE00	FE00	0070	0		
01D	3016	001E	0016	3016	0070	0070	0	016	0070
01E	F000	001F	001E	F000	F000	0070	0		

Таблица трассировки для памяти МПУ:

СчМК до выборки МК	Содержимое регистров после выборки и исполнения МК										
	РМК	СК	РА	РК	РД	А	С	БР	N	Z	СчМК
000	0000	018	000	0000	0000	0000	0	0000	0	0	001
001	0300	018	000	0000	0000	0000	0	0018	0	0	002
002	4001	018	018	0000	0000	0000	0	0018	0	0	003
003	0311	018	018	0000	F200	0000	0	0019	0	0	004
004	4004	019	018	0000	F200	0000	0	0019	0	0	005
005	0100	019	018	0000	F200	0000	0	F200	0	0	006
006	4003	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	007
007	AF0C	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	008
008	AE0C	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	009
009	AD0C	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	00A
00A	EC5E	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	05E
05E	AB61	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	061
061	AA67	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	067
067	A96A	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	068
068	A876	019	018	F200	F200	0000	0	F200	0	0	076
076	0020	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	0	077
077	4035	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	078
078	838F	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	08F
08F	C591	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	090
090	83F5	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	0F5
0F5	8788	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	088
088	4008	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	089
КОМАНДА 4017, РАСПОЛОЖЕННАЯ ПО АДРЕСУ 019											
089	8301	019	018	F200	F200	0000	0	0000	0	1	001
001	0300	019	018	F200	F200	0000	0	0019	0	1	002
002	4001	019	019	F200	F200	0000	0	0019	0	1	003

003	0311	019	019	F200	4017	0000	0	001A	0	1	004
004	4004	01A	019	F200	4017	0000	0	001A	0	1	005
005	0100	01A	019	F200	4017	0000	0	4017	0	1	006
006	4003	01A	019	4017	4017	0000	0	4017	0	1	007
007	AF0C	01A	019	4017	4017	0000	0	4017	0	1	00C
00C	AB1D	01A	019	4017	4017	0000	0	4017	0	1	01D
01D	EF2D	01A	019	4017	4017	0000	0	4017	0	1	01E
01E	0100	01A	019	4017	4017	0000	0	4017	0	1	01F
01F	4001	01A	017	4017	4017	0000	0	4017	0	1	020
020	EE27	01A	017	4017	4017	0000	0	4017	0	1	027
027	0001	01A	017	4017	00E0	0000	0	0000	0	1	028
028	AD2B	01A	017	4017	00E0	0000	0	0000	0	1	02B
02B	AC3C	01A	017	4017	00E0	0000	0	0000	0	1	03C
03C	1100	01A	017	4017	00E0	0000	0	00E0	0	1	03D
03D	4075	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	03E
03E	838F	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	08F
08F	C591	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	090
090	83F5	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	0F5
0F5	8788	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	088
088	4008	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	089
КОМАНДА 7015, РАСПОЛОЖЕННАЯ ПО АДРЕСУ 01A											
089	8301	01A	017	4017	00E0	00E0	0	00E0	0	0	001
001	0300	01A	017	4017	00E0	00E0	0	001A	0	0	002
002	4001	01A	01A	4017	00E0	00E0	0	001A	0	0	003
003	0311	01A	01A	4017	7015	00E0	0	001B	0	0	004
004	4004	01B	01A	4017	7015	00E0	0	001B	0	0	005
005	0100	01B	01A	4017	7015	00E0	0	7015	0	0	006
006	4003	01B	01A	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	007
007	AF0C	01B	01A	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	00C
00C	AB1D	01B	01A	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	01D
01D	EF2D	01B	01A	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	01E
01E	0100	01B	01A	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	01F
01F	4001	01B	015	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	020
020	EE27	01B	015	7015	7015	00E0	0	7015	0	0	027
027	0001	01B	015	7015	0000	00E0	0	0000	0	0	028
028	AD2B	01B	015	7015	0000	00E0	0	0000	0	0	029
029	AC43	01B	015	7015	0000	00E0	0	0000	0	0	02A
02A	83B0	01B	015	7015	0000	00E0	0	0000	0	0	0B0
0B0	1000	01B	015	7015	0000	00E0	0	00E0	0	0	0B1

0B1	4002	01B	015	7015	00E0	00E0	0	00E0	0	0	0B2
0B2	0002	01B	015	7015	00E0	00E0	0	0000	0	0	0B3
0B3	1100	01B	015	7015	00E0	00E0	0	01C0	0	0	0B4
0B4	4075	01B	015	7015	00E0	01C0	0	01C0	0	0	0B5
0B5	1000	01B	015	7015	00E0	01C0	0	01C0	0	0	0B6
0B6	4002	01B	015	7015	01C0	01C0	0	01C0	0	0	0B7
0B7	0002	01B	015	7015	01C0	01C0	0	0000	0	0	0B8
0B8	0004	01B	015	7015	01C0	01C0	0	00E0	0	0	0B9
0B9	4075	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	0BA
0BA	838F	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	08F
08F	C591	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	090
090	83F5	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	0F5
0F5	8788	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	088
088	4008	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	089
КОМАНДА D01E, РАСПОЛОЖЕННАЯ ПО АДРЕСУ 01B											
089	8301	01B	015	7015	01C0	00E0	0	00E0	0	0	001
001	0300	01B	015	7015	01C0	00E0	0	001B	0	0	002
002	4001	01B	01B	7015	01C0	00E0	0	001B	0	0	003
003	0311	01B	01B	7015	D01E	00E0	0	001C	0	0	004
004	4004	01C	01B	7015	D01E	00E0	0	001C	0	0	005
005	0100	01C	01B	7015	D01E	00E0	0	D01E	0	0	006
006	4003	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	007
007	AF0C	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	008
008	AE0C	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	009
009	AD0C	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	00C
00C	AB1D	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	01D
01D	EF2D	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	02D
02D	AE30	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	02E
02E	AC47	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	02F
02F	83D0	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	0D0
0D0	F78F	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	08F
08F	C591	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	090
090	83F5	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	0F5
0F5	8788	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	088
088	4008	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	089
КОМАНДА FE00, РАСПОЛОЖЕННАЯ ПО АДРЕСУ 01C											
089	8301	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	D01E	0	0	001
001	0300	01C	01B	D01E	D01E	00E0	0	001C	0	0	002
002	4001	01C	01C	D01E	D01E	00E0	0	001C	0	0	003

003	0311	01C	01C	D01E	FE00	00E0	0	001D	0	0	004
004	4004	01D	01C	D01E	FE00	00E0	0	001D	0	0	005
005	0100	01D	01C	D01E	FE00	00E0	0	FE00	0	0	006
006	4003	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	007
007	AF0C	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	008
008	AE0C	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	009
009	AD0C	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	00A
00A	EC5E	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	05E
05E	AB61	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	05F
05F	AA6C	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	060
060	83E0	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	FE00	0	0	0E0
0E0	0004	01D	01C	FE00	FE00	00E0	0	0070	0	0	0E1
0E1	4075	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	0E2
0E2	4080	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	0E3
0E3	838F	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	08F
08F	C591	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	090
090	83F5	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	0F5
0F5	8788	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	088
088	4008	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	089
089	8301	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	0070	0	0	001
001	0300	01D	01C	FE00	FE00	0070	0	001D	0	0	002
002	4001	01D	01D	FE00	FE00	0070	0	001D	0	0	003
003	0311	01D	01D	FE00	3016	0070	0	001E	0	0	004
004	4004	01E	01D	FE00	3016	0070	0	001E	0	0	005
005	0100	01E	01D	FE00	3016	0070	0	3016	0	0	006
006	4003	01E	01D	3016	3016	0070	0	3016	0	0	007
007	AF0C	01E	01D	3016	3016	0070	0	3016	0	0	00C
00C	AB1D	01E	01D	3016	3016	0070	0	3016	0	0	01D
01D	EF2D	01E	01D	3016	3016	0070	0	3016	0	0	01E
01E	0100	01E	01D	3016	3016	0070	0	3016	0	0	01F
01F	4001	01E	016	3016	3016	0070	0	3016	0	0	020
020	EE27	01E	016	3016	3016	0070	0	3016	0	0	021
021	AD24	01E	016	3016	3016	0070	0	3016	0	0	022
022	AC57	01E	016	3016	3016	0070	0	3016	0	0	023
023	8338	01E	016	3016	3016	0070	0	3016	0	0	038
038	1000	01E	016	3016	3016	0070	0	0070	0	0	039
039	4002	01E	016	3016	0070	0070	0	0070	0	0	03A
03A	0002	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	03B
03B	838F	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	08F

08F	C591	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	090
090	83F5	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	0F5
0F5	8788	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	088
088	4008	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	089
089	8301	01E	016	3016	0070	0070	0	0000	0	0	001
001	0300	01E	016	3016	0070	0070	0	001E	0	0	002
002	4001	01E	01E	3016	0070	0070	0	001E	0	0	003
003	0311	01E	01E	3016	F000	0070	0	001F	0	0	004
004	4004	01F	01E	3016	F000	0070	0	001F	0	0	005
005	0100	01F	01E	3016	F000	0070	0	F000	0	0	006
006	4003	01F	01E	F000	F000	0070	0	F000	0	0	007

Вывод: в ходе работы я научился загружать в память микропрограммы микрокоманды новых команд базовой ЭВМ, загружаться в память ЭВМ программы для проверки правильности выполнения синтезированных команд, а также понял, как проверять и отлаживать эти команды.