

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

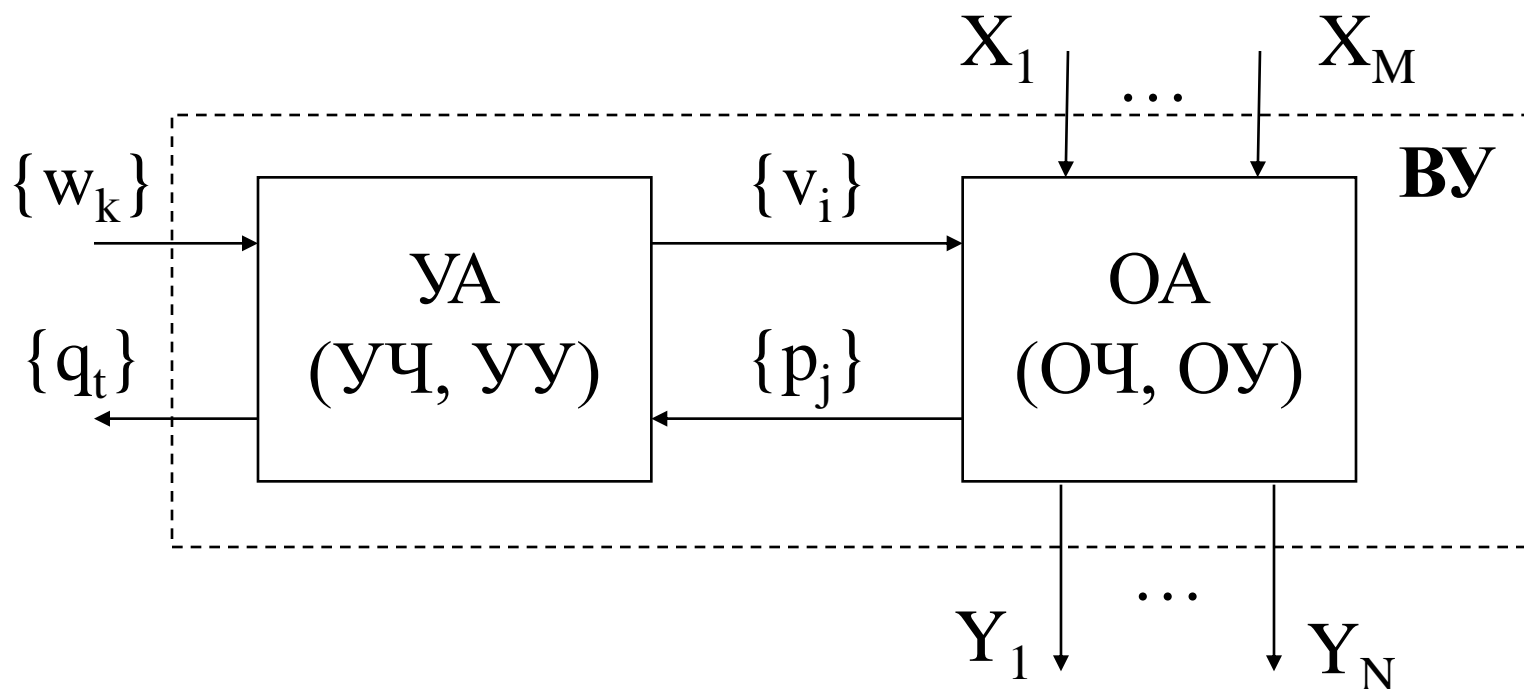
Вычислительные устройства (ВУ)

- 1 Краткая характеристика вычислительных устройств
- 2 Микропроцессор (МПР)
с микропрограммным уровнем управления
- 3 Пример разработки микропрограммы для
МПР с микропрограммным уровнем
управления

- **Знать:** Структуру и рабочий цикл ВУ, использование модели дискретного преобразователя для описания ВУ, параметры ВУ и области применения.
- **Уметь:** построить структурную схему ВУ и разработать микропрограмму для выполнения в ВУ заданной операции.
- **Помнить:** о связи ВУ с другими устройствами вычислительных систем.
- **Литература:** [1,14].

1 Краткая характеристика ВУ

- ВУ имеет информационные входы (X_1, \dots, X_M) и выходы (Y_1, \dots, Y_N). В ВУ поступают управляющие сигналы $\{w_k\}$ из устройства более высокого уровня управления, для которого ВУ формирует осведомительные сигналы $\{q_t\}$.



Структура и функции ВУ

- ВУ — это устройство, способное выполнять управляющие и вычислительные алгоритмы, представленные в виде микропрограмм.
- ВУ можно рассматривать как процессор с микропрограммным уровнем управления.
- Работа ВУ может быть описана моделью дискретного преобразователя, представляющего собой композицию двух конечных автоматов: операционного и управляющего.
- В общем случае ВУ делится на две части: операционную (ОУ) и управляющую (УУ).
- Рабочий цикл ВУ совпадает с рабочим циклом УУ и сводится к выполнению одной микрокоманды.

Параметры ВУ

- *Функционально-структурные:*
 - набор операций,
 - формы представления и форматы данных,
 - число и разрядность внешних входов и выходов,
 - число и разрядность внутренних регистров,
 - набор внутренних МО и ЛУ,
 - внешние управляющие и осведомительные сигналы,
 - способ построения операционного устройства (с закрепленными или общими микрооперациями),
 - способ построения устройства управления (с жесткой или программируемой логикой).
- *Временные:* время выполнения микрокоманды, время выполнения операций, быстродействие.
- *Электрические, конструктивные и другие.*

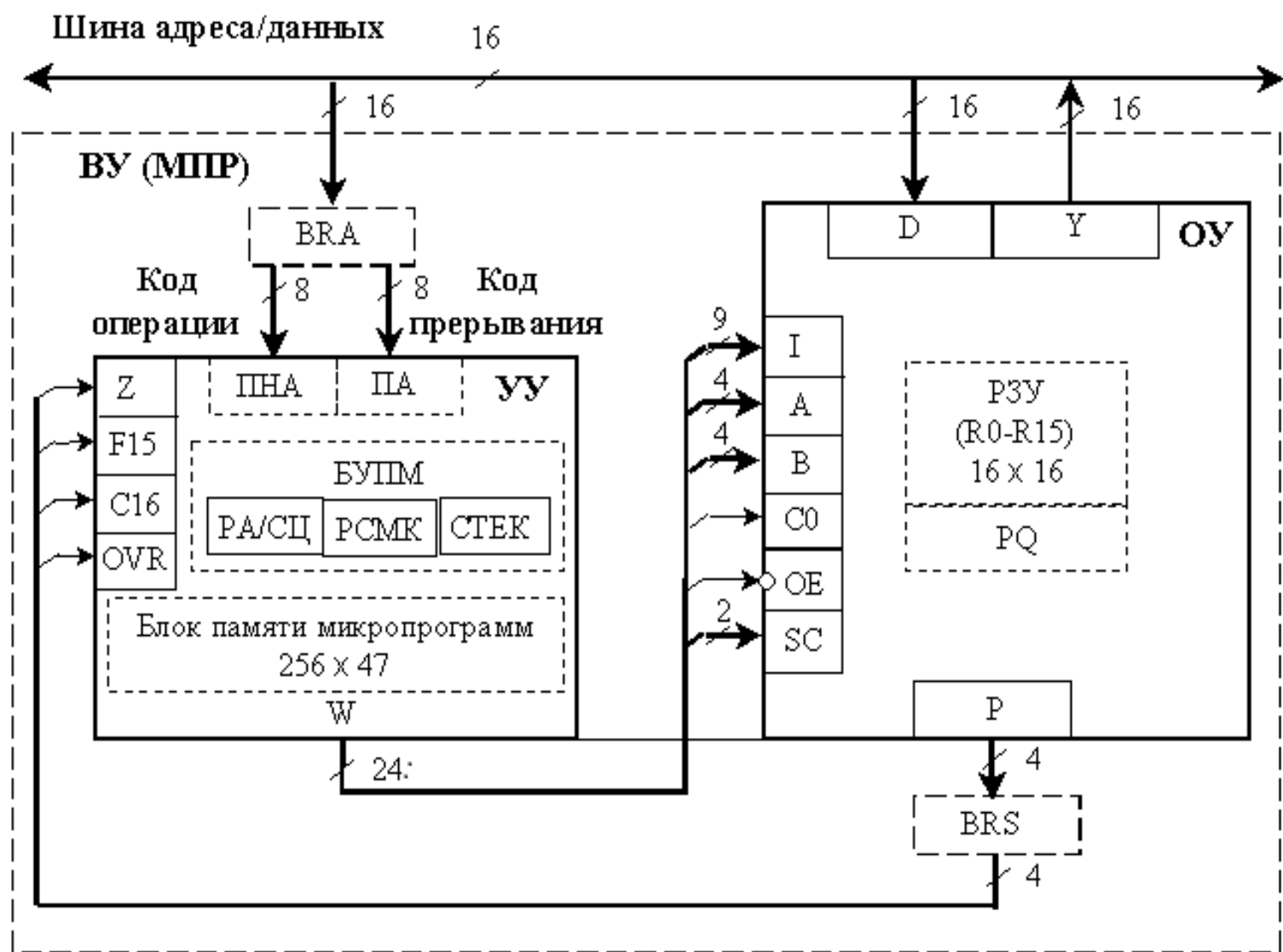
Применение ВУ

- Арифметико-логическое устройство (АЛУ) процессора для обработки данных.
- Устройство для обработки команд (очередь команд, устройство для формирования исполнительных адресов и т.п.).
- Функциональный расширитель АЛУ (для ускоренной обработки данных с плавающей запятой и вычисления элементарных функций).
- Контроллер быстрого внешнего устройства, выполняющий не сложную обработку передаваемых данных и обеспечивающий управление внешним устройством.

2 Микропроцессор с микропрограммным уровнем управления

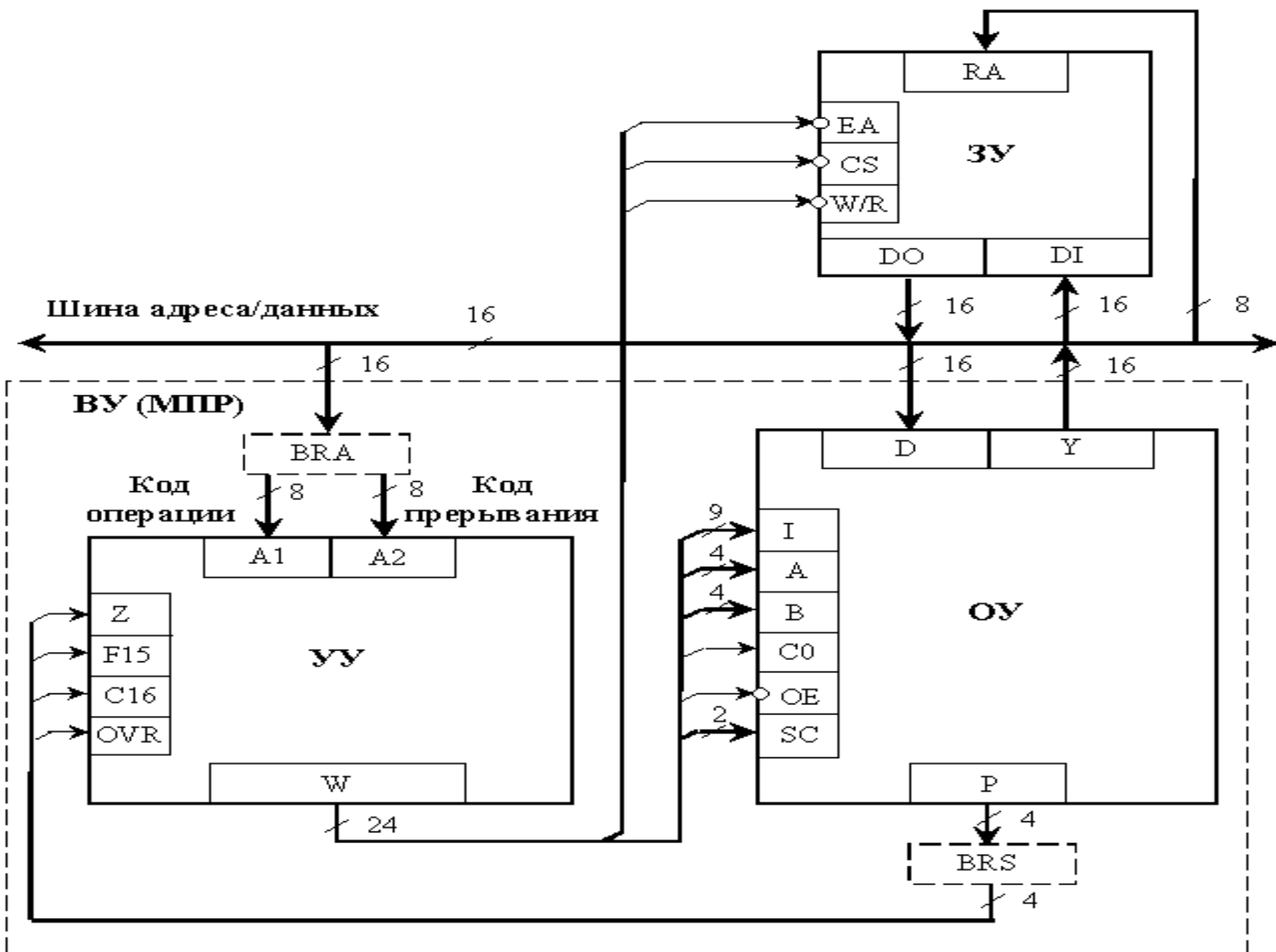
Основные параметры микропроцессора и ОЗУ

- Разрядность – 16.
- Объем блока памяти микропрограмм – 256 слов.
- Объем преобразователя начального адреса – 256 8-разрядных слов.
- Объем ОЗУ – 256 16-разрядных слов.
- Шина адреса-данных 16 разрядов, для адреса используется 8 младших разрядов.



Управление работой МПР

- Микропрограммы для управления работой МПР размещаются в блоке памяти микропрограмм устройства управления.
- Формат микрокоманды МПР содержит поля для управления операционным и управляющим устройствами.
- Для хранения исходных данных и записи результатов к микропроцессору подключается оперативное запоминающее устройство.
- Для управления ОЗУ в микрокоманду МПР добавляется соответствующее поле.



Режимы работы ОЗУ

- Запоминающее устройство включает в себя блок памяти и регистр адреса. Управление режимом работы ЗУ осуществляется с помощью сигналов \overline{CS} , $\overline{W/R}$, а управление записью адреса во внутренний регистр адреса сигналом \overline{EA} .

\overline{CS}	$\overline{W/R}$	\overline{EA}	Режим работы
0	0	0	некорректная комбинация
0	0	1	запись данных
0	1	0	некорректная комбинация
0	1	1	чтение данных
1	0	0	хранение данных, запись адреса
1	0	1	хранение данных
1	1	0	хранение данных, запись адреса
1	1	1	хранение данных

Формат микрокоманды и регистры МПР

Операционная часть								Управляющая часть						
МИ	РЗУ		Упр. АЛУ		Упр. ОЗУ			Шина	МИ	Упр. усл.			Упр. УУ	
I8-0	A	B	C0	\overline{OE}	SC	\overline{CS}	\overline{W}	\overline{EA}	D11-0	I3-0	A	U	\overline{CCE}	C0 \overline{RLD} \overline{OE}

R0
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
RA

R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
RQ

3 Пример разработки микропрограммы для МПР с микропрограммным уровнем управления

3.1 Пример задания

- Разработать микропрограмму для операции деления целых положительных чисел нацело: $Z =]X/Y[$, где X, Y, Z – целые положительные числа в диапазоне от 0 до 32767.
- Кроме результата Z предусмотреть формирование значения признака переполнения P ($P=1$, если $Y=0$, иначе $P=0$).

Дополнительные требования задания

- Числа X и Y перед выполнением операции находятся в ЗУ. Результат Z и значение признака переполнения P записываются после выполнения операции в ЗУ.
- Кроме того, в одной из ячеек ЗУ хранится код операции деления целых положительных чисел нацело, по которому осуществляется переход на микропрограмму выполнения операции.
- Значение кода операции выбрать самостоятельно.

3.2 Распределение ячеек ОЗУ и регистров микропроцессора

Распределение ячеек ОЗУ

Адрес	Код	Мнемоника	Комментарий
00	0001	КОП	Код операции
01		X	Делимое
02		Y	Делитель
03		Z	Частное
04		P	Признак переполнения

Для операции деления целых положительных чисел нацело код операции (КОП) принимается равным "0001".

Распределение регистров микропроцессора

РЗУ (R0-R7)

0:	Регистр X
1:	
2:	
3:	
4:	
5:	
6:	
7:	

РЗУ (R8-R15)

8:	Регистр Z
9:	Регистр P
10:	
11:	
12:	
13:	
14:	
15:	Счетчик адреса ЗУ

RA:

Адрес ЗУ

RQ:

Регистр Y

3.3 Разработка граф-схемы микропрограмм

Выбор структуры микропрограммы

- При разработке микропрограммы предполагается, что она состоит из двух частей (микропрограмм).
- В первой микропрограмме производится выборка операндов из ОЗУ, дешифрация кода операции и запуск второй микропрограммы, а также запись результатов операции.
- Вторая микропрограмма обеспечивает выполнение операции, которая работает с данными, уже находящимися в регистрах ОУ.

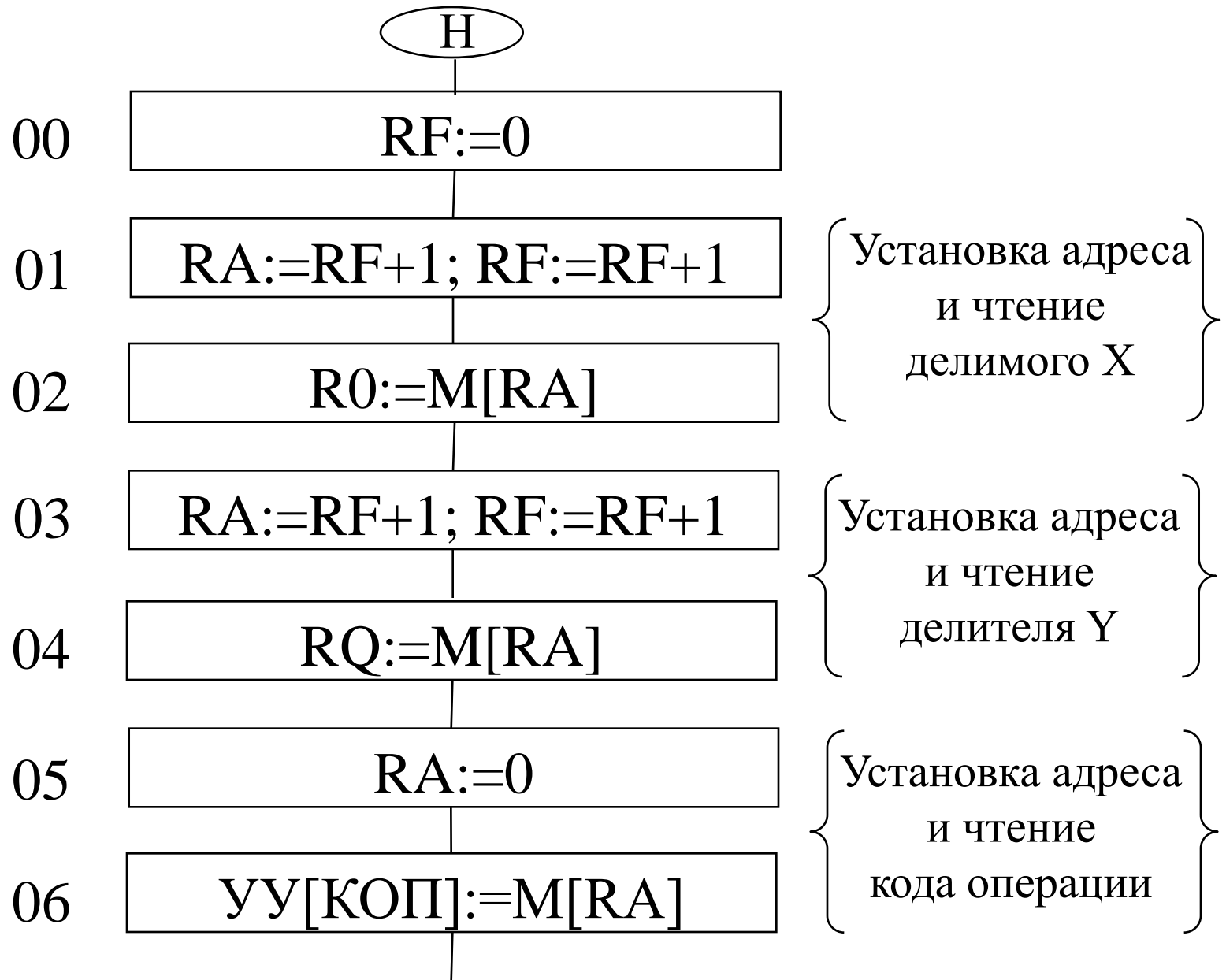
Распределение ячеек преобразователя начального адреса

Вторая часть микропрограммы, выполняющая деление чисел нацело, размещается в блоке памяти микропрограмм начиная с адреса 0С.

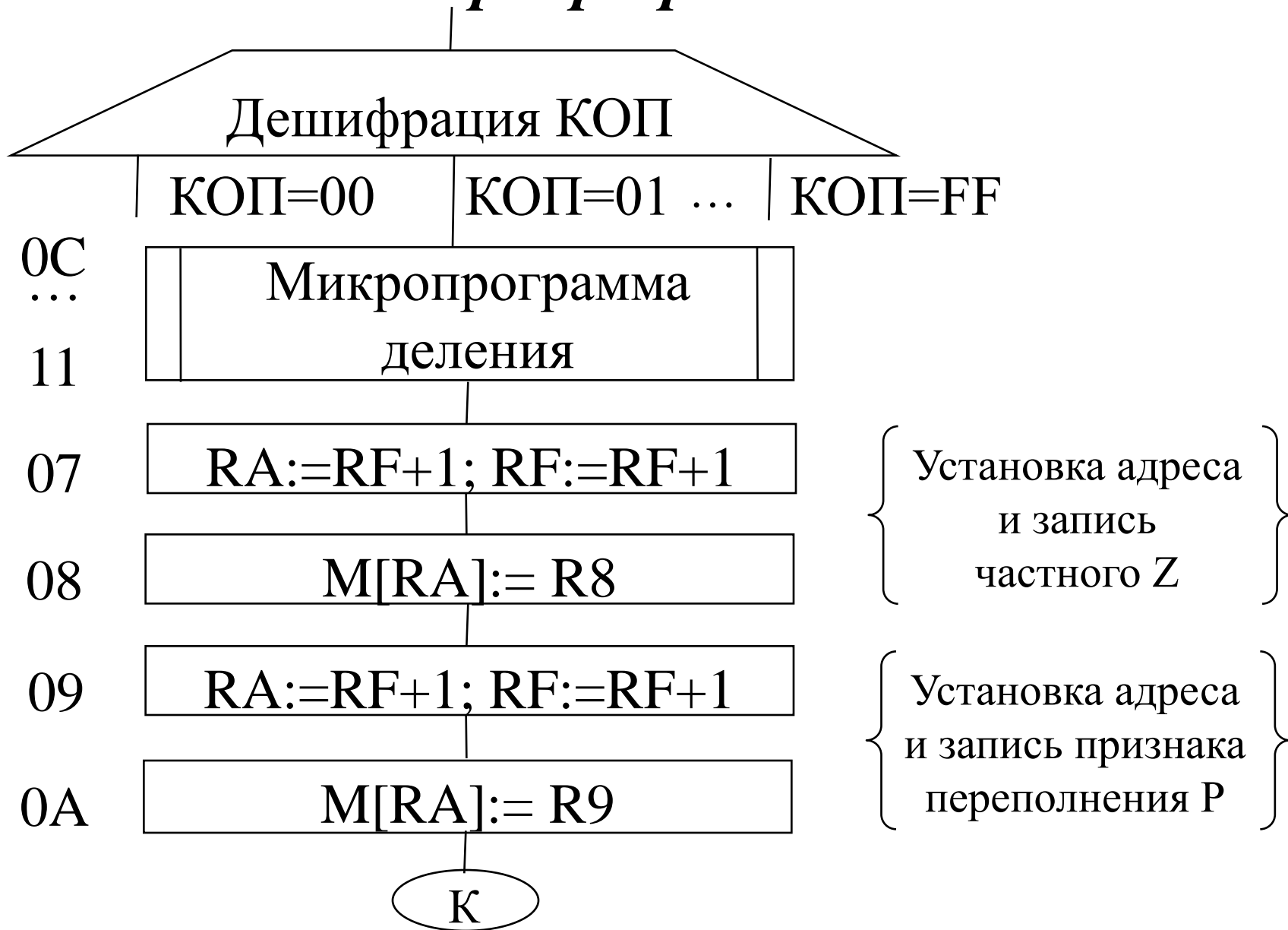
Распределение ячеек ПНА, преобразующего код операции (01) в соответствующий начальный адрес микропрограммы операции (0С) представлено в таблице.

КОП (адрес)	Начальный адрес микропрограммы	Комментарий
00	...	...
01	00001100	0С – адрес микропрограммы деления чисел нацело
02	...	...

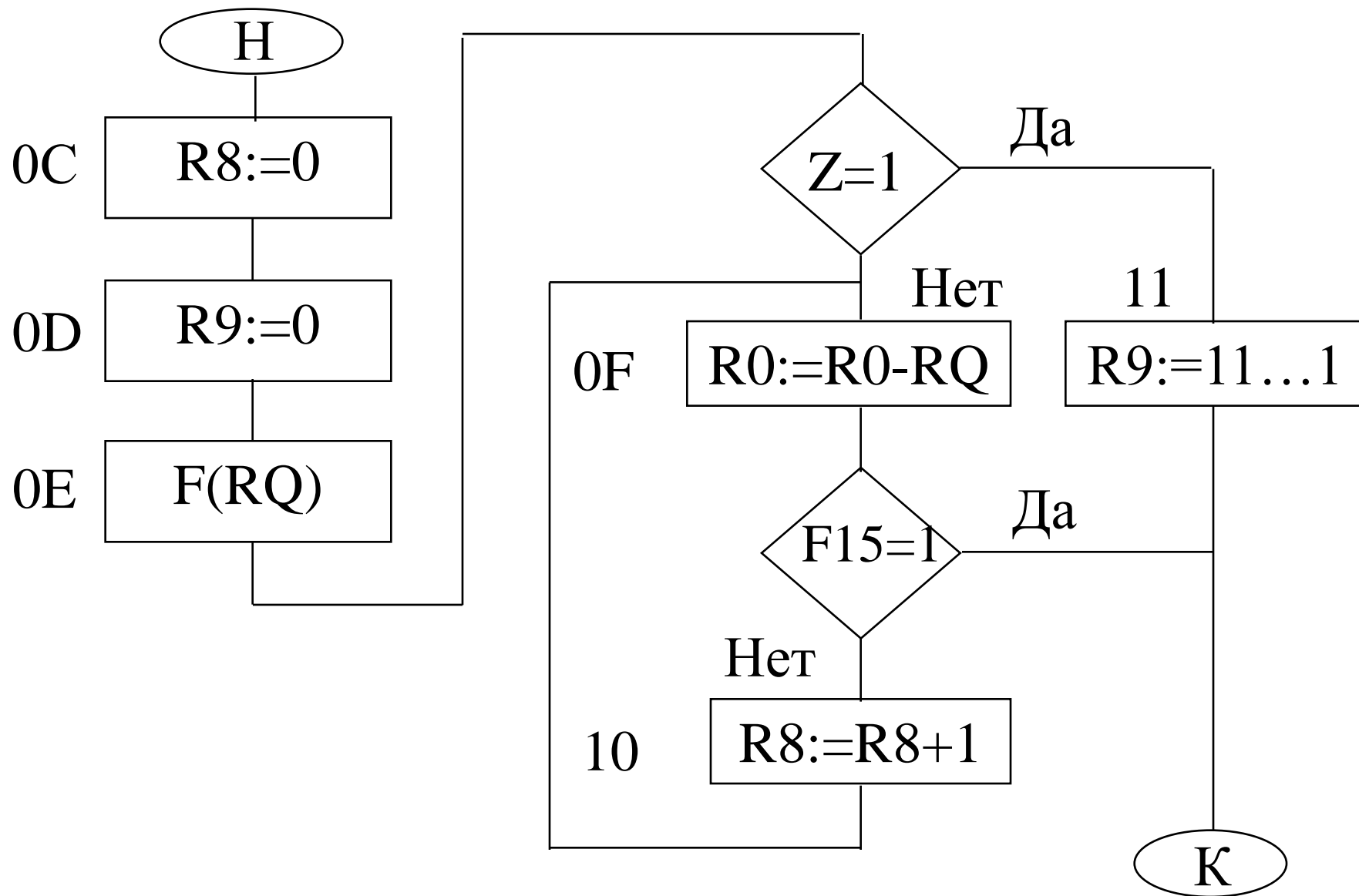
Граф-схема основной микропрограммы



Продолжение граф-схемы основной микропрограммы



Разработка граф-схемы микропрограммы деления



3.4 Кодирование микропрограмм

№	МИ	РЗУ		Упр. АЛУ			Упр. ОЗУ			Шина	МИ	Упр. усл.			Упр. УУ		
N	I8-0	A	B	C0	OE	SC	CS	W	EA	D11-0	I3-0	A	U	CCE	C0	RLD	OE
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 Z																	
09	303	0	F	1	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
RF:=RF+1; RA:=RF+1																	
0A	133	0	9	0	0	00	0	0	1	000	E	00	0	0	1	1	0
Запись P																	

Кодирование микропрограммы деления

0C	343	0	8	0	1	00	1	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
R8:=0																	
0D	343	0	9	0	1	00	1	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
R9:=0																	
0E	132	0	0	0	1	00	1	1	1	011	3	00	1	0	1	1	0
RQ=0-? (Y=0 -?)																	
0F	320	0	0	1	1	00	1	1	1	007	3	01	1	0	1	1	0
R0:=R0-RQ (B:=B-C), RQ<0 -? (B<0 -?)																	
10	303	0	8	1	1	00	1	1	1	00F	3	00	0	1	1	1	0
R8:=R8+1;																	
11	373	0	9	0	1	00	1	1	1	007	3	00	0	1	1	1	0
R9:=11...1																	

3.5 Ввод и отладка микропрограмм

Окно ввода микропрограмм

Имитатор микропрограммируемого микропроцессора - C:\Организация ЭВМ\Деление-кон...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и УУ ОЗУ, ПНА и ПА

2/8/16сс

№	МИ	РЗУ		Упр. АЛУ			Упр. ОЗУ			Шина	МИ	Упр. усл.			Упр. УУ		
		МК	И8-0	A	B	CO	^OE	SC	^CS			^W	^EA	D11-0	I3-0	A	U	^CCE	CO	^RLD	^OE
00:	343	0	F	0	1	00	1	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
01:	303	0	F	1	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
02:	337	0	0	0	1	00	0	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
03:	303	0	F	1	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
04:	037	0	0	0	1	00	0	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
05:	143	0	E	0	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
06:	237	0	E	0	1	00	0	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
07:	133	0	E	0	1	00	1	1	1	000	2	00	0	0	1	1	0
08:	303	0	F	1	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
09:	133	0	8	0	0	00	0	0	1	000	E	00	0	0	1	1	0
0A:	303	0	F	1	0	00	1	1	0	000	E	00	0	0	1	1	0
0B:	133	0	9	0	0	00	0	0	1	000	0	00	0	0	1	1	0
0C:	373	0	8	0	1	00	1	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
0D:	132	0	0	0	1	00	1	1	1	000	E	00	0	0	1	1	0
0E:	343	0	9	0	1	00	1	1	1	011	3	00	1	0	1	1	0
0F:	320	0	0	1	1	00	1	1	1	00F	C	00	0	0	1	1	0
10:	303	0	8	1	1	00	1	1	1	008	7	01	1	0	1	1	0
11:	373	0	9	0	1	00	1	1	1	008	3	00	0	1	1	1	0

R8:=R8+1; RQ<0-? (B<0-?)

Операция: R+S+CO R=0 S=B Хранение МИ: JRP Условие: F15

Сдвиги: РЗУ: нет PQ: x Загрузка: РЗУ: F->B PQ: нет Выход АЛУ (Y): F

Окно ввода данных

Имитатор микропрограммируемого микропроцессора - C:\Организация ЭВМ\Деление-кон...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и УУ ОЗУ, ПНА и ПА

2/8/16сс

ОЗУ	Комментарии	ПНА	ПА
00: 00000000100000000	КОП.....	00: 00000000	00: 00000000
01: 00000000000000011	X.....	01: 00001100	01: 00000000
02: 000000000000000111	Y.....	02: 00000000	02: 00000000
03: 00000000000000000	Z.....	03: 00000000	03: 00000000
04: 00000000000000000	P.....	04: 00000000	04: 00000000
05: 00000000000000000	.....	05: 00000000	05: 00000000
06: 00000000000000000	.....	06: 00000000	06: 00000000
07: 00000000000000000	.....	07: 00000000	07: 00000000
08: 00000000000000000	.....	08: 00000000	08: 00000000
09: 00000000000000000	.....	09: 00000000	09: 00000000
0A: 00000000000000000	.....	0A: 00000000	0A: 00000000
0B: 00000000000000000	.....	0B: 00000000	0B: 00000000
0C: 00000000000000000	.....	0C: 00000000	0C: 00000000
0D: 00000000000000000	.....	0D: 00000000	0D: 00000000
0E: 00000000000000000	.....	0E: 00000000	0E: 00000000
0F: 00000000000000000	.....	0F: 00000000	0F: 00000000
10: 00000000000000000	.....	10: 00000000	10: 00000000
11: 00000000000000000	.....	11: 00000000	11: 00000000
12: 00000000000000000	.....	12: 00000000	12: 00000000
13: 00000000000000000	.....	13: 00000000	13: 00000000
14: 00000000000000000	.....	14: 00000000	14: 00000000
15: 00000000000000000	.....	15: 00000000	15: 00000000

Окно выполнения микрокоманд

Имитатор микропрограммируемого микропроцессора - C:\Организация ЭВМ\Деление-кон...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и УУ ОЗУ, ПНА и ПА

2/8/16cc

№	МИ	РЗУ	Упр. АЛУ			Упр. ОЗУ			Шина	МИ	Упр. усл.			Упр. УУ			
МК	I8-0	A	B	CO	^OE	SC	^CS	^W	^EA	D11-0	I3-0	A	U	^CCE	CO	^RLD	^OE
10:	303	0	8	1	1	00	1	1	1	008	7	01	1	0	1	1	0

R8:=R8+1; RQ<0-? (B<0-?)

Операция: R+S+CO R=0 S=B Хранение МИ: JRP Условие: F15

Сдвиги: РЗУ: нет PQ: x Загрузка: РЗУ: F->B PQ: нет Выход АЛУ (Y): F

0F:	320	0	0	1	1	00	1	1	1	00F	C	00	0	0	1	1	0
-----	-----	---	---	---	---	----	---	---	---	-----	---	----	---	---	---	---	---

До выполнения микрокоманды 0F:

РЗУ (R0-R7):

0:	000000000000000011
1:	000000000000000000
2:	000000000000000000
3:	000000000000000000
4:	000000000000000000
5:	000000000000000000
6:	000000000000000000
7:	000000000000000000

РЗУ (R8-R15):

8:	111111111111111111
9:	000000000000000000
10:	000000000000000000
11:	000000000000000000
12:	000000000000000000
13:	000000000000000000
14:	000000001000000000
15:	000000000000000010

Y: ZZZZZZZZZZZZZZZZZZ PQ: 00000000000000111

Z 1 F15 0 OVR 0 C16 0 PR0 Z PR15 Z PQ0 Z PQ15 Z

Шина Y: 000000001111 =>0:

PCMK: 000000010000

PA/ЦЦ: 000000000000

^PE 0 ^ME 1 ^VE 1 ^FL 1

Стек:

1:	00000000000000
2:	00000000000000
3:	00000000000000
4:	00000000000000
5:	00000000000000

После выполнения микрокоманды 0F:

РЗУ (R0-R7):

0:	1111111111111100
1:	0000000000000000
2:	0000000000000000
3:	0000000000000000
4:	0000000000000000
5:	0000000000000000
6:	0000000000000000
7:	0000000000000000

РЗУ (R8-R15):

8:	1111111111111111
9:	0000000000000000
10:	0000000000000000
11:	0000000000000000
12:	0000000000000000
13:	0000000000000000
14:	0000000010000000
15:	0000000000000010

Шина Y: 000000010000 =>0:

PCMK: 000000010001

PA/ЦЦ: 000000001111

^PE 0 ^ME 1 ^VE 1 ^FL 1

Стек:

1:	00000000000000
2:	00000000000000
3:	00000000000000
4:	00000000000000
5:	00000000000000