

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»**

Факультет программной инженерии и компьютерной техники

**Лабораторная работа №2**

По Основам Профессиональной Деятельности

Введение в БЭВМ

Вариант №342846

Выполнил:

Ступин Тимур Русланович

Группа № Р3108

Проверила:

Остапенко Ольга Денисовна

Санкт-Петербург 2023

## **Содержание**

Задание.....	3
Таблица команд.....	3
Вывод формулы .....	5
ОПИ и ОДЗ .....	5
Расположение данных в памяти .....	8
Адреса первой и последней команд.....	8
Таблица трассировки .....	8
Уменьшенная программа .....	10
Вывод.....	11

## Задание

101:	6101		10F:	A117
102:	4118		110:	6118
103:	2118		111:	E118
104:	0200		112:	A104
105:	+ A116		113:	2118
106:	3119		114:	E102
107:	E118		115:	0100
108:	0200		116:	E102
109:	6101		117:	6118
10A:	4118		118:	A104
10B:	E118		119:	E118
10C:	A103			
10D:	3118			
10E:	E118			

Таблица команд

Адрес	Код команды	Мнемоника	Комментарии
101	6101	-	Переменная <i>d</i> – исходный данные
102	4118	-	Переменная <i>h</i> – результат
103	2118	-	Переменная <i>e</i> – исходный данные
104	0200	-	Переменная <i>g</i> – исходный данные
105	A116	<b>LD 116</b>	Загрузка 116 → AC
106	3119	<b>OR 119</b>	Логическое ИЛИ 119   AC → AC
107	E118	<b>ST 118</b>	Сохранение AC → 118
108	0200	<b>CLA</b>	Очистка аккумулятора 0 → AC
109	6101	<b>SUB 101</b>	Вычитание AC – 101 → AC

10A	4118	<b>ADD 118</b>	Сложение 118 + AC → AC
10B	E118	<b>ST 118</b>	Сохранение AC → 118
10C	A103	<b>LD 103</b>	Загрузка 103 → AC
10D	3118	<b>OR 118</b>	Логическое ИЛИ 118   AC → AC
10E	E118	<b>ST 118</b>	Сохранение AC → 118
10F	A117	<b>LD 117</b>	Загрузка 117 → AC
110	6118	<b>SUB 118</b>	Вычитание AC – 118 → AC
111	E118	<b>ST 118</b>	Сохранение AC → 118
112	A104	<b>LD 104</b>	Загрузка 104 → AC
113	2118	<b>AND 118</b>	Логическое И 118 & AC → AC
114	E102	<b>ST 102</b>	Сохранение AC → 102
115	0100	<b>HLT</b>	Отключение ТГ, переход в пультовый режим
116	E102	-	Переменная <i>a</i> – исходный данные
117	6118	-	Переменная <i>f</i> – исходный данные
118	A104	-	Переменная <i>c</i> – промежуточный результат
119	E118	-	Переменная <i>b</i> – исходный данные

## Вывод формулы

1. Выполняется операция логического ИЛИ между ячейками 119(переменная  $b$ ) и 116(переменная  $a$ ). Результат записывается в ячейку 118(переменная  $c$ ) => Данний шаг можно описать формулой:  $c = b \mid a$
2. Происходит обнуление аккумулятора, после чего из него вычитается ячейка 101(переменная  $d$ ). Даллее результата складывается со значением в ячейке 118(переменная  $c$ ) и записывается с неё же. Данные шаг можно описать формулой:  $c = c + (0 - d)$
3. Выполняется операция логического ИЛИ между ячейками 118(переменная  $c$ ) и 103(переменная  $e$ ). Результат записывается в ячейку 188. Данний шаг можно описать формулой:  $c = c \mid e$
4. Выполняется вычитание занчение ячейки 118(переменная  $c$ ) из значения ячейки 117(переменная  $f$ ). Результат записывается в ячейку 118. Данние шаг можно описать формулой:  $c = f - c$
5. Выполняется операция логического И между ячейками 118(переменная  $c$ ) и 104(переменная  $g$ ). Результата записывается в ячейку 102(переменная  $h$ ). Данний шаг можно описать формулой:  $h = c \& g$

Скомбинировав все проделанные шаги получим итоговую формулу:

$$h = (f - (((a|b) + (0 - d))|e))\&g$$

Вывод: данная программа реализует вычисления по формуле, используя в качестве исходных данных переменные  $a, b, d, e, f, g$ . Для хранения промежуточных значение используется переменная  $c$ . Результата сохраняется в переменную  $h$

## ОПИ и ОДЗ

1.  $a, b, e, g$  – наборы из 16 логических однобитовых значений
2.  $f, d, h$  – знаковые 16-ти разрядные числа
3.  $a \mid b$  – трактуется как арифметический operand
4.  $((a|b) + (0 - d))|e$  трактуется как арифметический operand
5. Для арифметических операций: [-32768; 32767]
6. Для логических операций: [0; 65535]

$$-2^{15} \leq h \leq 2^{15} - 1$$

Так как применение побитового И не изменяет количество бит, то накладывать дополнительные ограничения на  $g$  не имеет смысла, так как после выполнения операции И результат всё также будет знаковым 16-ти разрядным числом.

В итоге получаем следующее неравенство:

$$-2^{15} \leq f - (((a|b) + (0 - d))|e) \leq 2^{15} - 1$$

Вариант 1: ограничение в 2 раза

$$-2^{14} \leq f, ((a|b) + (0 - d))|e \leq 2^{14} - 1$$

$$\begin{cases} -2^{14} \leq f \leq 2^{14} - 1 \\ e_{15} \oplus e_{14} = 0 \\ ((a|b) + (0 - d))_{15} \oplus ((a|b) + (0 - d))_{14} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2^{14} \leq f \leq 2^{14} - 1 \\ e_{15} \oplus e_{14} = 0 \\ -2^{14} \leq (a|b) + (0 - d) \leq 2^{14} - 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2^{14} \leq f \leq 2^{14} - 1 \\ e_{15} \oplus e_{14} = 0 \\ -2^{13} \leq (a|b), (0 - d) \leq 2^{13} - 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -2^{14} \leq f \leq 2^{14} - 1 \\ e_{15} \oplus e_{14} = 0 \\ a_{15} = a_{14} = a_{13}, b_{15} = b_{14} = b_{13} \\ -2^{13} + 1 \leq d \leq 2^{13} \end{cases}$$

Вариант 2: рассматриваем случаи

Пусть  $X = (a|b) + (0 - d)$ , тогда анализируем выражение примет вид:

$$-2^{15} \leq f - X|e \leq 2^{15} - 1$$

Тогда возможны следующие случаи:

$$\begin{cases} X_{15} = 0, e_{15} = 1 \\ X_{15} = 1, e_{15} = 0 \Rightarrow -2^{15} \leq X|e < 0 \\ X_{15} = 1, e_{15} = 1 \end{cases}$$

$$[X_{15} = 0, e_{15} = 0 \Rightarrow 0 \leq X|e < 2^{15} - 1]$$

Приходим к следующим системам:

$$\begin{cases} -2^{15} \leq f < 0 \\ X_{15} = 0, e_{15} = 1 \\ X_{15} = 1, e_{15} = 0 \\ X_{15} = 1, e_{15} = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -1 \leq f < 2^{15} - 1 \\ X_{15} = 0, e_{15} = 0 \end{cases}$$

Рассмотрим отдельно ограничения накладываемые на выражение соответствующее X при различных сзначениях X<sub>15</sub>

Для выражения (a|b) возможны следующие случаи:

$$\begin{cases} a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \Rightarrow -2^{15} \leq a|b < 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{cases}$$

$$[a_{15} = 0, b_{15} = 0 \Rightarrow 0 \leq a|b < 2^{15} - 1]$$

Пусть X<sub>15</sub> = 0, тогда получаем что 0 ≤ (a|b) + (0 - d) ≤ 2<sup>15</sup> - 1

Приходим к следующим системам:

$$\begin{cases} (0 - d) = 2^{15} \\ a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = -2^{15} \\ a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (0 - d) = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \end{cases}$$

Отмечу, что реализовать условия первой системы невозможно, так как нельзя представить промежуточный результат 2<sup>15</sup> в знаковой 16-ти разрядной сетке.

Пусть X<sub>15</sub> = 1, тогда получаем что -2<sup>15</sup> ≤ (a|b) + (0 - d) < 0

Приходим к следующим системам:

$$\begin{cases} (0 - d) = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (0 - d) = -2^{15} \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = 2^{15} \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \end{cases}$$

Отмечу, что реализовать условия второй системы невозможно, так как значения переменной  $d = 2^{15}$  выходит за пределы знаковой 16-ти разрядной сетки.

Комбинируя всё вышеописанной приходим к системам:

$$\left\{ \begin{array}{l} -2^{15} \leq f < 0 \\ \left\{ \begin{array}{l} d = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \\ e_{15} = 1 \end{array} \right. \\ \left. \begin{array}{l} d = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 1 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 0 \\ a_{15} = 1, b_{15} = 1 \end{array} \right. \\ \left. \begin{array}{l} e_{15} = 0 \\ e_{15} = 1 \end{array} \right. \end{array} \right.$$
$$\left\{ \begin{array}{l} -1 \leq f < 2^{15} - 1 \\ \left\{ \begin{array}{l} d = 0 \\ a_{15} = 0, b_{15} = 0 \\ e_{15} = 1 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

### Расположение данных в памяти

Исходный данные: 101, 103, 104, 116, 117, 119

Программа: 105-115

Промежуточное значение: 118

Результат работы программы: 102

### Адреса первой и последней команд

Адрес первой: 105

Адрес последней: 115

### Таблица трассировки

Примем следующие значения переменных для трассировки:

$d = 0000$

$f = 1012$

$a = 21AE$

b = 025F

e = F320

g = 0200

Из таблицы видно, что в процессе выполнения флаг V всегда был 0 => ошибок при выполнении знаковых арифметических операций не возникало.

Выполняемая команда		Содержание регистров в процессоре после выполнения команды									Ячейка, содержимое которой изменилось после выполнения команды	
Адр	Знчн	IP	CR	AR	DR	SP	BR	AC	NZVC	Адр	Знчн	
105	A116	105	0000	000	0000	000	0000	0000	0100			
105	A116	106	A116	116	21AE	000	0105	21AE	0000			
106	3119	107	3119	119	025F	000	DC00	23FF	0000			
107	E118	108	E118	118	23FF	000	0107	23FF	0000	118	23FF	
108	0200	109	0200	108	0200	000	0108	0000	0100			
109	6101	10A	6101	101	0000	000	0109	0000	0101			
10A	4118	10B	4118	118	23FF	000	010A	23FF	0000			
10B	E118	10C	E118	118	23FF	000	010B	23FF	0000	118	23FF	
10C	A103	10D	A103	103	F320	000	010C	F320	1000			
10D	3118	10E	3118	118	23FF	000	0C00	F3FF	1000			
10E	E118	10F	E118	118	F3FF	000	010E	F3FF	1000	118	F3FF	
10F	A117	110	A117	117	1012	000	010F	1012	0000			
110	6118	111	6118	118	F3FF	000	0110	1C13	0000			
111	E118	112	E118	118	1C13	000	0111	1C13	0000	118	1C13	
112	A104	113	A104	104	0200	000	0112	0200	0000			
113	2118	114	2118	118	1C13	000	0113	0000	0100			
114	E102	115	E102	102	0000	000	0114	0000	0100	102	0000	
115	0100	116	0100	115	0100	000	0115	0000	0100			

## Уменьшенная программа

Адрес	Код команды	Мнемоника	Комментарий
101	6101	-	Переменная <i>d</i> – исходный данные
102	4118	-	Переменная <i>h</i> – результат
103	2118	-	Переменная <i>e</i> – исходный данные
104	0200	-	Переменная <i>g</i> – исходный данные
105	A116	<b>LD 116</b>	Загрузка 116 → АС
106	3119	<b>OR 119</b>	Логическое ИЛИ 119   АС → АС
107	6101	<b>SUB 101</b>	Вычитание АС – 101 → АС
108	3103	<b>OR 103</b>	Логическое ИЛИ 103   АС → АС
109	B117	<b>SWAM 117</b>	Обмен значений 117 ↔ АС
10A	6118	<b>SUB 117</b>	Вычитание АС – 117 → АС
10B	2118	<b>AND 104</b>	Логическое И 104 & АС → АС
10C	E102	<b>ST 102</b>	Сохранение АС → 102
10E	0100	<b>HLT</b>	Отключение ТГ, переход в пультовый режим
116	E102	-	Переменная <i>a</i> – исходный данные
117	6118	-	Переменная <i>f</i> – исходный данные
119	E118	-	Переменная <i>b</i> – исходный данные

## **Вывод**

В ходе работы я ознакомился с архитектурой и принципом работы БЭВМ а также научился работать с эмулятором БЭВМ, изучил основные типы команд и принцип их выполнения. Научись определять функцию выполняемую программой по данному набору команд, а также вычислять ОДЗ для входных данных программы. Научись выполнять трассировку программы для БЭВМ, а также упрощать приведенную реализацию программы.