



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Кафедра вычислительной техники  
Основы профессиональной деятельности

Лабораторная работа №2  
Выполнение арифметических операций над двоичными числами  
Вариант 15

Преподаватель: Калинин Игорь Владимирович  
Выполнил: Кульбако Артемий Юрьевич  
Р3112

Санкт-Петербург  
2018

### Задание:

1. Переписать в отчёт (рукой, а не копированием в электронном виде) формулировку заданий 4-9! Это не просто так, а для того, чтобы вы выполнили все необходимые пункты задания. Данную лабораторную надо выполнять как вычислительная машина, которая действует строго по инструкции.
2. Номер варианта взять из списка группы в ISU. Определить свои числа A и C.
3. По заданному варианту исходных данных получить набор десятичных чисел.

$X1 = A$ ,  $X2 = C$ ,  $X3 = A+C$ ,  $X4 = A+C+C$ ,  $X5 = C-A$ ,  $X6 = 65536-X4$ ,  $X7 = -X1$ ,  $X8 = -X2$ ,  $X9 = -X3$ ,  $X10 = -X4$ ,  $X11 = -X5$ ,  $X12 = -X6$ .

$$X1 = 8361$$

$$X2 = 16090$$

$$X3 = 24451$$

$$X4 = 40541$$

$$X5 = 7729$$

$$X6 = 24995$$

$$X7 = -8361$$

$$X8 = -16090$$

$$X9 = -24451$$

$$X10 = -40541$$

$$X11 = -7729$$

$$X12 = -24995$$

# Выполнение работы:

№ 4

Выполнить перевод десятичных чисел  $X_1, \dots, X_6$  в двоичную систему счисления, получив их двоичные эквиваленты  $B_1, \dots, B_6$  соответственно.

$$B_1 = 8361 = 10\ 0000\ 1010\ 1001 \quad B_2 = 16090 = 11\ 1110\ 1101\ 1010 \quad B_3 = 24451 = 101\ 1111\ 1000\ 0011$$

8361	1
4180	0
2090	0
1045	1
522	0
261	1
130	0
65	1
32	0
16	0
8	0
4	0
2	0
1	1

16090	0
8045	1
4022	0
2011	1
1005	1
502	0
251	1
125	1
62	0
31	1
15	1
7	1
3	1
1	1

24451	1
12225	1
6112	0
3056	0
1528	0
764	0
382	0
191	1
95	1
47	1
23	1
11	1
5	1
2	0
1	1

$$B_4 = 40541 = 1001\ 1110\ 0101\ 1101$$

40541	1
20270	0
10135	1
5067	1
2533	1
1266	0
633	1
316	0
158	0
79	1
39	1
19	1
9	1
4	0
2	0
1	1

$$B_5 = 7729 = 11110\ 0011\ 0001$$

7729	1
3864	0
1932	0
966	0
483	1
241	1
120	0
60	0
30	0
15	1
7	1
3	1
1	1

$$B_6 = 24995 = 110\ 0001\ 1010\ 0011$$

24995	1
12497	1
6248	0
3124	0
1562	0
781	1
390	0
195	1
97	1
48	0
24	0
12	0
6	0
3	1
1	1

Nº 5

Используя 16-разрядный двоичный формат со знаком и полученное в предыдущем пункте задания двоичные числа  $B_1, \dots, B_6$  (т.е. при необходимости дополнить эти числа в 16-разрядном двоичном формате со знаком), вычислить двоичные числа  $B_7, \dots, B_{12}$ :  $B_7 = -B_1$ ,  $B_8 = -B_2$ ,  $B_9 = -B_3$ ,  $B_{10} = -B_4$ ,  $B_{11} = -B_5$ ,  $B_{12} = -B_6$ . Отрицательные числа представлять в дополнительном коде. Найти область допустимых значений для данного двоичного формата.

$$\begin{array}{r|rrrr} 87 & 0010 & 0000 & 1010 & 1001 \\ 7 & 1101 & 1111 & 0101 & 0110 \\ +1 & 1101 & 1111 & 0101 & 0111 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|rrrr} 88 & 0011 & 1110 & 1101 & 1010 \\ 7 & 1100 & 0001 & 0010 & 0101 \\ +1 & 1100 & 0001 & 0010 & 0110 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|rrrrr} 89 & 0101 & 1111 & 1000 & 0011 & \\ 7 & 1010 & 0000 & 0111 & 1100 & \\ +1 & 1010 & 0000 & 0111 & 1101 & \end{array}$$

810	1001	1110	0101	1101
7	0110	0001	1010	0010
+1	0110	0001	1010	0011

B11	0001	1110	0011	0001
7	1110	0001	1100	1110
+1	1110	0001	1100	1111

$$\begin{array}{r|rrrr} B_{12} & 0110 & 0001 & 1010 & 0011 \\ 7 & 1001 & 1110 & 0101 & 1100 \\ +1 & 1001 & 1110 & 0101 & 1101 \end{array}$$

Одним возможным значением:  $[2^{16-1}; 2^{16-1} - 1] = [32768; 32767]$

$$N = 6$$

Выполнить обратный перевод всех двоичных чисел  $B_1, \dots, B_{12}$  (используя 16-разрядный двоичный формат со знаком) в десятичные и прокомментировать полученные результаты. Также подробно проиллюстрировать последовательность прямого и обратного перевода для чисел  $x_1, B_1, x_7$  и  $B_7$ .

X1	3361	1	B1	0010 0000 1010 1001
кросс	4180	0	сформир	↓
	2090	0		+ 8192 + 128 + 32 + 8 + 1 = 8361
	1045	1		число бегов в О.Д.З.,
	522	0		регенерации не происходит
	261	1		
	130	0		
	65	1		
	32	0		
	16	0		
	8	0		
	4	0		
	2	0		
	1	0		

82    001 1110 1101 1010  
       " " " " " "  
+ | 16090 = 16090  
это будет в О.Д.З.,  
перенатание не требуется

$$= 0010 \ 0000 \ 1010 \ 1001$$



$$B3 \quad 0101 \ 1111 \ 1000 \ 0011$$

$$+124451 = 24451$$

число вводится в О.Д.З.,  
переносимые не пропускаются

$$B5 \quad 0001 \ 1110 \ 0011 \ 0001$$

$$+7729 = 7729$$

число вводится в О.Д.З., переносимые не пропускаются

X7 -8361 - берём модуль числа и  
переводим в двоич. с.с.

$$\begin{array}{r|l} 8361 & 1 = 0010 \ 0000 \ 1010 \ 1001 \\ 4180 & 0 \\ 2090 & 0 \text{ т.к. число отрицательное,} \\ 1045 & 1 \text{ то инвертируем его и +1} \\ 522 & 0 \\ 261 & 1 \\ 130 & 0 \\ 65 & 1 \\ 32 & 0 \\ 16 & 0 \\ 8 & 0 \\ 4 & 0 \\ 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{array}$$

$$B4 \quad 1001 \ 1110 \ 0101 \ 1101$$

- , затем инвертируем и прибавляем 1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0010 \\ +1 & 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0011 \\ \hline & = -24995 \end{array}$$

$$B6 \quad 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0011$$

$$+124995 = 24995$$

число вводится в О.Д.З., переносимые не пропускаются

$$B7 \quad 1101 \ 1111 \ 0101 \ 0111$$

обратный

- , затем инверт. и прибав. 1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0010 \ 0000 \ 1010 \ 1000 \\ +1 & 0010 \ 0000 \ 1010 \ 1001 \\ \hline & = -8361 \end{array}$$

$$B8 \quad 1100 \ 0001 \ 0010 \ 0110$$

- , затем инверт. и прибав. 1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0011 \ 1110 \ 1101 \ 1001 \\ +1 & 0011 \ 1110 \ 1101 \ 1010 \\ \hline & = -16090 \end{array}$$

$$B9 \quad 1010 \ 0000 \ 0111 \ 1101$$

- , затем инверт. и +1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0101 \ 1111 \ 1000 \ 0010 \\ +1 & 0101 \ 1111 \ 1000 \ 0011 \\ \hline & = -24451 \end{array}$$

$$B10 \quad 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0011$$

$$+124995 = 24995$$

результат не равен -B4, т.к.  
число B4 вводится за О.Д.З.

$$B11 \quad 1110 \ 0001 \ 1100 \ 1111$$

- , т. инверт. и +1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0001 \ 1110 \ 0011 \ 0000 \\ +1 & 0001 \ 1110 \ 0011 \ 0001 \\ \hline & = -7729 \end{array}$$

$$B12 \quad 1001 \ 1110 \ 0101 \ 1101$$

- , т. инверт. и +1

$$\begin{array}{r|l} 7 & 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0010 \\ +1 & 0110 \ 0001 \ 1010 \ 0011 \\ \hline & = -24995 \end{array}$$

Выполнить следующие сложения двоичных чисел:

$B_1 + B_2$ ,  $B_2 + B_3$ ,  $B_2 + B_7$ ,  $B_7 + B_8$ ,  $B_8 + B_9$ ,  $B_1 + B_8$ ,  $B_{11} + B_3$  (итого, 7 операций сложения).

Для представления слагаемых и результатов сложения использовать 16-разрядный двоичный формат со знаками. Результаты сложения перевести в десятичную систему счисления, сравнить с соответствующими десятичными числами (т.е. сравнить с суммой слагаемых, представленных в десятичной системе:  $B_1 + B_2$  vs  $X_1 + X_2$ ).

$$\begin{array}{r}
 B_1 > 0 \quad B_2 > 0 \quad B_1 + B_2 < 2^{15} \\
 \begin{array}{cccc}
 0010 & 0000 & 1010 & 1001 \\
 + 0011 & 1110 & 1101 & 1010 \\
 \hline
 0101 & 1111 & 1000 & 0011 = 24451
 \end{array} \\
 X_1 + X_2 = B_1 + B_2 \\
 \text{результат корректный} \\
 SF=0 \quad ZF=0 \quad PF=1 \quad AF=1 \quad CF=0 \quad OF=0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_2 > 0 \quad B_3 > 0 \quad B_2 + B_3 \geq 2^{15} \\
 \begin{array}{cccc}
 0011 & 1111 & 1101 & 1010 \\
 + 0101 & 1111 & 1000 & 0011 \\
 \hline
 1001 & 1110 & 0101 & 1101 = -24995
 \end{array} \\
 X_2 + X_3 \neq B_2 + B_3 \\
 \text{переполнение} \\
 SF=1 \quad ZF=0 \quad PF=0 \quad AF=0 \quad CF=1 \quad OF=1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_2 > 0 \quad B_7 < 0 \quad |B_2| > |B_7| \\
 \begin{array}{cccc}
 0011 & 1110 & 1101 & 1010 \\
 + 1101 & 1111 & 0101 & 0111 \\
 \hline
 10001 & 1110 & 0011 & 0001 = 7729
 \end{array} \\
 \text{результат корректный,} \\
 \text{перенос из старшего разряда} \\
 \text{не учитывается} \\
 SF=0 \quad ZF=0 \quad PF=0 \quad AF= \quad CF=1 \quad OF=0 \\
 X_2 + X_7 = B_2 + B_7
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_7 < 0 \quad B_8 < 0 \quad |B_7| + |B_8| < 2^{15} \\
 \begin{array}{cccc}
 1101 & 1111 & 0101 & 0111 \\
 + 1100 & 0001 & 0010 & 0110 \\
 \hline
 11010 & 0000 & 0111 & 1101 = -24451
 \end{array} \\
 \text{результат корректный, перенос из} \\
 \text{старшего разряда не учитывается} \\
 SF=1 \quad ZF=0 \quad PF=0 \quad AF=0 \quad CF=1 \quad OF=0 \\
 X_7 + X_8 \neq B_7 + B_8
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_8 < 0 \quad B_9 < 0 \quad |B_8| + |B_9| > 2^{15} \\
 \begin{array}{cccc}
 1100 & 0001 & 0010 & 0110 \\
 + 1010 & 0000 & 0111 & 1101 \\
 \hline
 10110 & 0001 & 1010 & 0011 = 24995
 \end{array} \\
 \text{при сложении отрицательных чисел} \\
 \text{получили положительный результат.} \\
 \text{Переполнение.} \\
 SF=0 \quad ZF=0 \quad PF=1 \quad AF=1 \quad CF=1 \quad OF=0 \\
 X_8 + X_9 \neq B_8 + B_9
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_1 > 0 \quad B_8 < 0 \quad |B_1| < |B_8| \\
 \begin{array}{cccc}
 0010 & 0000 & 1010 & 1001 \\
 + 1100 & 0001 & 0010 & 0110 \\
 \hline
 1110 & 0001 & 1100 & 1111 = -7729
 \end{array} \\
 \text{результат корректный} \\
 X_1 + X_8 = B_1 + B_8 \\
 SF=1 \quad ZF=0 \quad PF=1 \quad AF=0 \quad CF=0 \quad OF=0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 B_{11} < 0 \quad B_3 > 0 \quad |B_{11}| < |B_3| \\
 \begin{array}{cccc}
 1111 & 1111 & 1100 & 1111 \\
 + 1110 & 0001 & 1100 & 1111 \\
 + 0101 & 1111 & 1000 & 0011 \\
 \hline
 10100 & 0001 & 0101 & 0010 = 16722
 \end{array} \\
 \text{результат корректный, перенос из старшего} \\
 \text{разряда не учитывается} \\
 SF=0 \quad ZF=0 \quad PF=0 \quad AF=1 \quad CF=1 \quad OF=0 \\
 X_{11} + X_3 = B_{11} + B_3
 \end{array}$$



№ 8

В отчете (письменно, а не устно при ответе) дать подробные комментарии полученным результатам (к каждому результату сложения) как в таблице 2.6 из книги «Введение в микроЭВМ». Расставить 6 флагов составив.

№ 9

При вставлении вспомогательного флага переноса (микропрограммный перенос - AF = Auxiliary Carry Flag) учитывать перенос не между 7-м и 8-м битами, а между 3-м и 4-м битами результата. При вставлении флага четности PF учитывать только младший байт.

## Вывод:

В процессе выполнения лабораторной работы я научился расставлять флаги состояния процессора, узнал, как представлены в ограниченной двоичной разрядной сетке компьютера отрицательные числа, почему используют дополнительный код.