Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа № 2  
«Выполнение арифметических

операций над двоичными числами»

Выполнил: Лысенко Данила Сергеевич  
Группа: P3110  
Вариант: 18

Преподаватель: Балакшин Павел Валерьевич

Санкт-Петербург  
2020

**Задание**

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.

4. Выполнить перевод десятичных чисел X1,…,X6 в двоичную систему счисления, получив их двоичные эквиваленты B1,…,B6 соответственно. Не использовать при этом никакой формат представления данных, не использовать никакую разрядную сетку.

5. Используя 16-разрядный двоичный формат со знаком и полученные в предыдущем пункте задания двоичные числа B1,…,B6 (т.е. при необходимости дополнить числа B1…B6 ведущими нулями и однозначно интерпретировать эти числа в 16-разрядном двоичном формате со знаком), вычислить двоичные числа B7,…,B12: B7 = -B1, B8 = -B2, B9 = -B3, B10 = -B4, B11 = -B5, B12 = -B6. Отрицательные числа представлять в дополнительном коде.

6. Найти область допустимых значений для данного двоичного формата.

7. Выполнить обратный перевод всех двоичных чисел B1…B12 (используя 16-разрядный двоичный формат со знаком) в десятичные и прокомментировать полученные результаты.

8. Выполнить следующие сложения двоичных чисел: B1+B2, B2+B3, B2+B7, B7+B8, B8+B9, B1+B8, B11+B3 (итого, 7 операций сложения). Для представления слагаемых и результатов сложения использовать 16-разрядный двоичный формат со знаком. Результаты сложения перевести в десятичную систему счисления, сравнить с соответствующими десятичными числами (т.е. сравнить с суммой слагаемых, представленных в десятичной системе: B1 + B2 vs X1 + X2).

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

10. При выставлении вспомогательного флага переноса (межтетрадный 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 выставлении флага чётности PF учитывать только младший байт.

**Решение**

1. A = 1587; C = 23366;

X1 = A = 1587; X2 = C = 23366;

X3 = A + C = 24953; X4 = A + C + C = 48319; X5 = C – A = 21779; X6 = 65536 – X4 = 17217;

X7 = -X1 = -1587; X8 = -23366; X9 = -X3 = -24953; X10 = -X4 = -48319; X11 = -X5 = -21779

X12 = -X6 = -17217

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X1 -> B1  1587/2 = 793 (1) 793/2 = 396 (1) 396/2 = 198 (0) 198/2 = 99 (0) 99/2 = 49 (1) 49/2 = 24 (1) 24/2 = 12 (0) 12/2 = 6 (0) 6/2 = 3 (0) 3/2 = 1 (1) 1/2 = 0 (1) B1 = 110001100112 | X2 -> B2  23366/2 = 11683 (0) 11683/2 = 5841 (1) 5841/2 = 2920 (1) 2920/2 = 1460 (0) 1460/2 = 730 (0) 730/2 = 365 (0) 365/2 = 182 (1) 182/2 = 91 (0) 91/2 = 45 (1) 45/2 = 22 (1) 22/2 = 11 (0) 11/2 = 5 (1) 5/2 = 2 (1) 2/2 = 1 (0) 1/2 = 0 (1) B2 = 1011011010001102 | X3 -> B3  24953/2 = 12476 (1) 12476/2 = 6238 (0) 6238/2 = 3119 (0) 3119/2 = 1559 (1) 1559/2 = 779 (1) 779/2 = 389 (1) 389/2 = 194 (1) 194/2 = 97 (0) 97/2 = 48 (1) 48/2 = 24 (0) 24/2 = 12 (0) 12/2 = 6 (0) 6/2 = 3 (0) 3/2 = 1 (1) 1/2 = 0 (1) B3 = 1100001011110012 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X4 -> B4  48319/2 = 24159 (1) 24159/2 = 12079 (1) 12079/2 = 6039 (1) 6039/2 = 3019 (1) 3019/2 = 1509 (1) 1509/2 = 754 (1) 754/2 = 377 (0) 377/2 = 188 (1) 188/2 = 94 (0) 94/2 = 47 (0) 47/2 = 23 (1) 23/2 = 11 (1) 11/2 = 5 (1) 5/2 = 2 (1) 2/2 = 1 (0) 1/2 = 0 (1) B4 = 10111100101111112 | X5 -> B5  21779/2 = 10889 (1) 10889/2 = 5444 (1) 5444/2 = 2722 (0) 2722/2 = 1361 (0) 1361/2 = 680 (1) 680/2 = 340 (0) 340/2 = 170 (0) 170/2 = 85 (0) 85/2 = 42 (1) 42/2 = 21 (0) 21/2 = 10 (1) 10/2 = 5 (0) 5/2 = 2 (1) 2/2 = 1 (0) 1/2 = 0 (1) B5 = 1010101000100112 | X6 -> B6  17217/2 = 8608 (1) 8608/2 = 4304 (0) 4304/2 = 2152 (0) 2152/2 = 1076 (0) 1076/2 = 538 (0) 538/2 = 269 (0) 269/2 = 134 (1) 134/2 = 67 (0) 67/2 = 33 (1) 33/2 = 16 (1) 16/2 = 8 (0) 8/2 = 4 (0) 4/2 = 2 (0) 2/2 = 1 (0) 1/2 = 0 (1) B6 = 1000011010000012 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B7 = -B1  0000 0110 0011 00112 = B1  1111 1001 1100 11002 = B1’  1111 1001 1100 11012 = B7 | B8 = -B2  0101 1011 0100 01102 = B2  1010 0100 1011 10012 = B2’  1010 0100 1011 10102 = B8 | B9 = -B3  0110 0001 0111 10012 = B3  1001 1110 1000 01102 = B3’  1001 1110 1000 01112 = B9 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B10 = -B4  1011 1100 1011 11112 = B4  0100 0011 0100 00002 = B4’  0100 0011 0100 00012 = B10 | B11 = -B5  0101 0101 0001 00112 = B5  1010 1010 1110 11002 = B5’  1010 1010 1110 11012 = B11 | B12 = -B6  0100 0011 0100 00012 = B6  1011 1100 1011 11102 = B6’  1011 1100 1011 11112 = B12 |

1. [-32768; 32767]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B1 = X1?  B1 = 0000 0110 0011 00112 =  =210+29+25+24+21+1 = 158710  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B2 = X2?  B2 = 0101 1011 0100 01102 =  =214+212+211+29+  +28+26+22+21 = 2336610  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B3 = X3?  B3 = 0110 0001 0111 10012 =  = 214+213+28+26+25+24+23+ +1 = 2495310  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B4 = X4?  B4 = 1011 1100 1011 11112 =  (-32768) + 213+212+ 211+ 210+ +27+25+24+23+22+21+1 =  -1721710  Результат обратного перевода не равен исходному десятичному числу - переполнение | B5 = X5?  B5 = 0101 0101 0001 00112 =  = 214+212+210+28+24+21+1 =  = 2177910  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B6 = X6?  B6 = 0100 0011 0100 00012 =  = 214+29+28+26+1 = 1721710  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B7 = X7?  B7 = 1111 1001 1100 11012 =  = (-32768) +214+213 +212+ +211+28+27+26+23+22+21+1 =  -158710  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B8 = X8?  B8 = 1010 0100 1011 10102 =  =(-32768) +213+210 +27+25 +24 +23+21 = -2336610  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B9 = X9?  B9 = 1001 1110 1000 01112 =  =(-32768) +212+211+ 210+29+ +27+22+21+1 = -2495310  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| B10 = X10?  B10 = 0100 0011 0100 00012 =  =214+29+28+26+1 = 1721710  Результат обратного перевода не равен исходному десятичному числу - переполнение | B11 = X11?  B11 = 1010 1010 1110 11012 =  =(-32768)+213+211+ 29+27+26+ + 25+23+22+1 = -2177910  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу | B12 = X12?  B12 = 1011 1100 1011 11112 = (-32768) + 213+ 212+ 211+ +210+27+25+24+23+22+21+1 =  = -1721710  Результат обратного перевода равен исходному десятичному числу |

1. **B1 + B2**

0000 0110 0011 00112 B1

+ 0101 1011 0100 01102 B2

0110 0001 0111 10012 Res

SF = 0; ZF = 0; PF = 1; AF = 0; CF = 0; OF = 0

Результат корректный.

X1 + X2 = 23366 + 1587 = 24953

Res = 0110 0001 0111 10012 = 214+213+28+26+25+24+23+1 = 2495310

B1 + B2 = X1 + X2

**B2 + B3**

0101 1011 0100 01102 B2

+ 0110 0001 0111 10012 B3

1011 1100 1011 11112 Res

SF = 1; ZF = 0; PF = 1; AF = 0; CF = 0; OF = 1

Получен отрицательный результат при сложении – переполнение.

Res = 1011 1100 1011 11112 = (-32768) + 213+212+211+210+27+25+24+23+22+21+1 = -1721710

X2 + X3 = 23366 + 24953 = 48319

B2 + B3 ≠ X2 + X3

**B2 + B7**

0101 1011 0100 01102 B2

+ 1111 1001 1100 11012 B7

1 0101 0101 0001 00112 Res

SF = 1; ZF = 0; PF = 1; AF = 1; CF = 1; OF = 0

Результат корректный. Перевод из старшего разряда не учитывается.

Res = 0101 0101 0001 00112 = 214+212+210+28+24+21+1 = 2177910

X2 + X7 = 23366 + (-1587) = 21779

B2 + B7 = X2 + X7

**B7 + B8**

1111 1001 1100 11012 B7

+ 1010 0100 1011 10102 B8

1 1001 1110 1000 01112 Res

SF = 1; ZF = 0; PF = 0; AF = 1; CF = 1; OF = 0

Результат корректный. Перевод из старшего разряда не учитывается.

Res = 1001 1110 1000 01112 = (-32768)+212+211+210+29+27+22+21+1 = -2495310

X7 + X8 = -1587 + (-23336) = -24923

B7 + B8 = X7 + X8

**B8 + B9**

1010 0100 1011 10102 B8

+ 1001 1110 1000 01112 B9

1 0100 0011 0100 00012 Res

SF = 0; ZF = 0; PF = 0; AF = 1; CF = 1; OF = 1

Получен положительный результат при сложении отрицательных чисел – переполнение.

Res = 0100 0011 0100 00012 = 214+29+28+26+1 = 1721710

X8 + X9 = -23336 + (-24953) = -48289

B8 + B9 ≠ X8 + X9

**B1 + B8**

0000 0110 0011 00112 B1

+ 1010 0100 1011 10102 B8

1010 1010 1110 11012 Res

SF = 1; ZF = 0; PF = 0; AF = 0; CF = 0; OF = 0

Результат корректный.

Res = 1010 1010 1110 11012  = (-32768) + 213+211+29+27+26+25+23+22+1 = -2177910

X1 + X8 = 1587 + (-23366) = -21779

B1 + B8 = X1 + X8

**B11 + B3**

1010 1010 1110 11012 B11

+ 0110 0001 0111 10012 B3

1 0000 1100 0110 01102 Res

SF = 1; ZF = 0; PF = 0; AF = 0; CF = 0; OF = 0

Результат корректный. Перевод из старшего разряда не учитывается.

Res = 0000 1100 0110 01112 = 211+210+26+25+22+21+1 = 317410

X11 + X3 = -21779 + 24953 = 3174

B11 + B3 = X11 + X3

**Вывод**

В ходе выполнения лабораторной работы научился выполнять арифметические операции над двоичными числами в представлении ЭВМ, разобрался в представлении отрицательных чисел в ЭВМ, разобрался во флагах состояния в ЭВМ.