Пензенский государственный университет
Кафедра «Вычислительная техника»

ОТЧЕТ
по лабораторной работе № 9
по дисциплине: "Арифметические и логические основы вычислительной техники"
на тему: "Деление в цифровых процессорах"

Выполнили:
студенты группы 20ВВ2
xxxxxxxxxxxxxxxxx

Принял:
xxxxxxxxxxxxxxxxx

Пенза, 2021

Лабораторное задание:

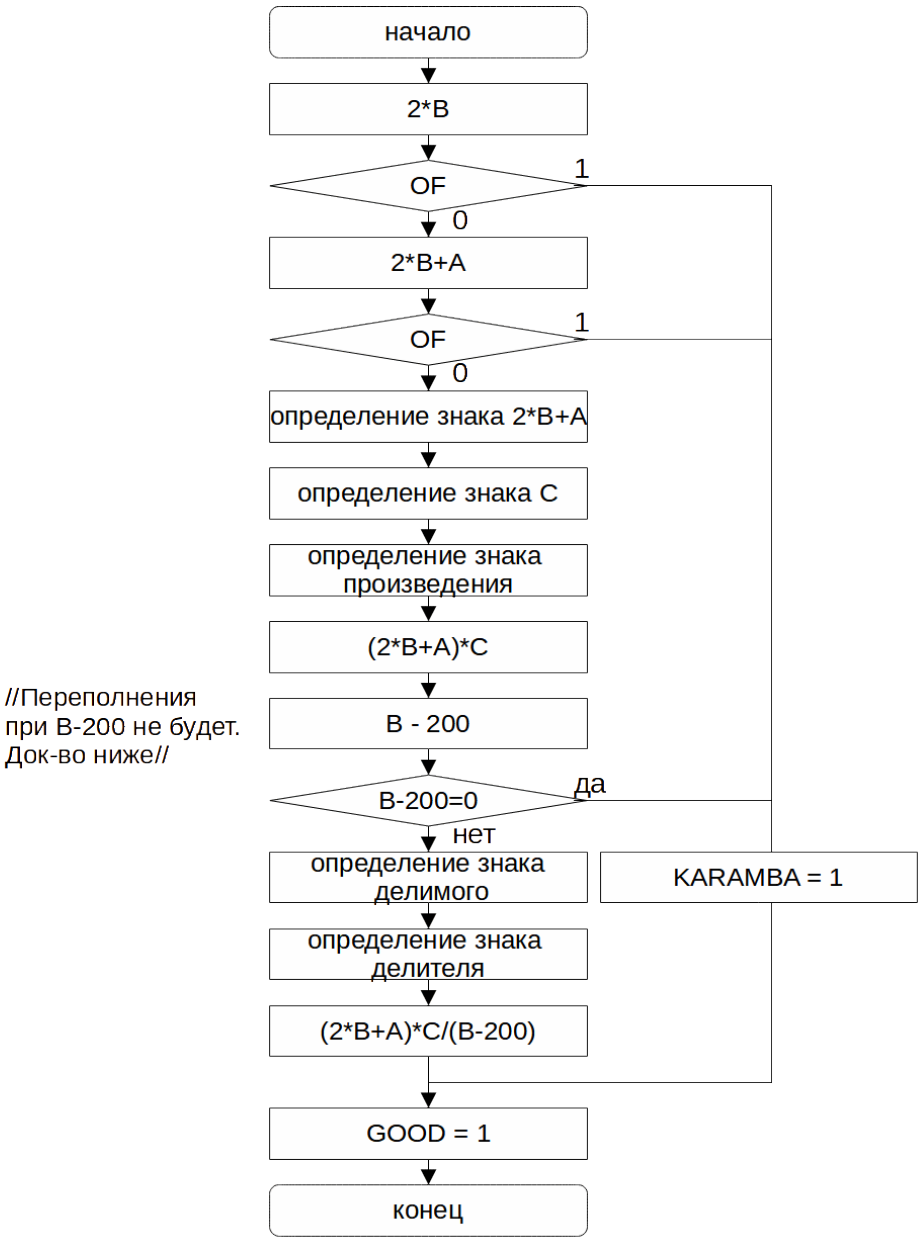
Написать на языке ассемблера программу вычисления выражения **Y=(2*B+A)*C/(B-200)**.

Процессор имеет разрядность – 16 бит. Исходные данные (значения переменных заданного выражения - целые, 16-битовые со знаком) располагаются в оперативной памяти, результат вычисления также поместить в оперативную память.

Деление переменных при вычислении выражения осуществлено с помощью операций сложения, вычитания, сдвига.

Умножение и деление на константы осуществлено с помощью операций сдвига, сложения и вычитания.

Общий алгоритм вычисления выражения приведен на блок-схеме:



Все возможные исключения при выполнении **(2*B+A)*C** рассмотрены в лабораторной работе №8.

Поэтому обрабатываем исключения при вычислении знаменателя **(B-200)** и делении на него:

Переполнение при B-200 не произойдет:

B – 200 = B + (– 200)

$200_{10} = C8_{16} = 1100\ 1000_2$

$[-200]_2 = 1111\ 1111\ 0011\ 1000_2$

Условие переполнения:

$$\begin{array}{r} 1000\ 0000\ 0000\ 0000 \\ +\ 1111\ 1111\ 0011\ 1000 \\ \hline 10111\ 1111\ 0011\ 1000 \end{array}$$

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

$B = -8000_{16} = -1000\ 0000\ 0000\ 0000_2$

$[B]_2 = 1000\ 0000\ 0000\ 0000_2$

При таком значении B переполнение произойдет при 2*B в процессе вычисления делимого:

2*B = 0000 0000 0000 0000

Значит, программа прервется до шага B – 200 и обработка переполнения здесь не требуется.

При $B = -4000_{16}$ переполнения при 2*B не произойдет, но и на шаге B – 200 переполнения не будет.

$B = -4000_{16} = -100\ 0000\ 0000\ 0000_2$

$[B]_2 = 1100\ 0000\ 0000\ 0000_2$

$$\begin{array}{r} 1100\ 0000\ 0000\ 0000 \\ +\ 1111\ 1111\ 0011\ 1000 \\ \hline 11011\ 1111\ 0011\ 1000 \end{array}$$

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

1) B-200= 0 и аварийное завершение (деление на ноль).
2) Переполнение при делении, частное выходит за пределы 16 бит.
3) Нормальное завершение при положительном делимом и делителе, Y>0, без остатка.
4) Нормальное завершение при положительном делимом и отрицательном делителе, Y<0, без остатка.
5) Нормальное завершение при положительном делимом и делителе, Y>0, с остатком.
6) Нормальное завершение при положительном делимом и отрицательном делителе, Y < 0, с остатком.

Общий алгоритм вычисления выражения приведен на блок схеме:

Листинг программы:

```
data segment
A dw ?
B dw ?
C dw ?
Y1 dw ?
Y2 dw ?
chast dw ?
ost dw ?
GOOD db ?
```

```
  KARAMBA db ?
  del dw ?
  del_neg dw ?

  mask dw 8000h ;маска для определения знака=1000 0000
0000 0000
  data ends

  code segment
  assume cs: code, ds:data, ss: nothing
  start:
  mov ax, data
  mov ds,ax
  mov GOOD, 0 ;флаг нормального завершения
  mov KARAMBA, 0 ;флаг аварийного завершения

  ;расчет суммы
  mov ax, B ;ax=B
  sal ax, 1 ;ax=2*B
  jno next ;аварийное завершение при переполнении 2*B
  inc KARAMBA
  next:
  mov bx, A
  add ax, bx ;2*B+A
  jno next2
  inc KARAMBA
  next2:
  mov bx, C
```

```
  ;проверка знаков
  mov dx, mask
  mov cx, dx
  ;определение знака 2*B+A
  and dx, ax     ;выполняет логическое И между всеми битами операндов; если 1 И 1 = 1, значит, 2*B+A - отрицательное число
  jz plus_SUM
  not ax;инверсия и +1 (след. шаг), если число отрицательное
  inc ax
  mov dx, 1

  plus_SUM:
  and cx, bx ;определение знака C
  jz plus_C
  not bx     ;инверсия и +1 (след. шаг), если число отрицательное
  inc bx
  mov cx, 1

  plus_C:
  xor dx, cx ;1*1=0, 0*0=0, 1*0=1
  push dx        ;сохранение знака произведения в стек

  ;выполнение умножения
  xor dx, dx
  mov cx, 15
  ;множимое 2*B+A в ax, множитель C в bx
  mul_C:
```

```
  rcr bx,1 ;начало цикла алгоритма умножения – сдвиг
регистра множителя
  jnc a_1 ;проверка выдвинутого разряда - если бит равен
0, то сдвиг
  add dx, ax ;иначе сложение

  a_1:
  rcr dx, 1 ;сдвиг сумматора
  loop mul_C ;уменьшение счетчика на 1

  rcr bx,1 ;дополнительный сдвиг регистра множителя
  rcr dx,1 ;дополнительный сдвиг регистра сумматора
  rcr bx,1 ;дополнительный сдвиг регистра множителя

  ;извлечение знака
  pop cx
  test cl, 1
  jz LABELRESULT ;если знак 0, то выход
  not dx
  not bx
  inc bx

  LABELRESULT:
  ; Итог: в dx – старшая часть, в bx – младшая часть
произведения
  mov Y1, dx ;загрузка старшей части в память
  mov Y2, bx ;загрузка младшей части в память

  ;вычисление делителя
  mov dx, B
```

```
  sub dx, 200 ;dx=B-200 (делитель)
  cmp dx, 0  ;проверка делителя на равенство 0
  jne checking
  inc KARAMBA
  jmp METKA_KARAMBA

  ;проверяем на отрицательность делимое
  checking:
  xor si, si ;очистка регистров, которые будут
использованы для сохранения знаков
  xor di, di
  mov ax, Y1 ;в регистре ax находится старший разряд
делимого
  mov bx, Y2 ;в регистре bx находится младший разряд
делимого ЦЕЛАЯ ЧАСТЬ
  test ax, 8000h
  jz znakdel
  xor ax, 0FFFFh ;то же, что и инверсия
  xor bx, 0FFFFh
  add bx, 1      ;добавление 1 к инвертированному числу
  adc ax, 0
  add si, 1  ;флаг того, что делимое отрицательно
  znakdel:
  test dx, 8000h ;проверка делителя на знак
  jz predDIV ;если положительное то переход на
предварительное деление
  neg dx ;если делитель отрицательный, переводим его
дополнительный код
  add si, 2 ;сохраняем знак
  ;если si = 1, то отрицательно делимое
```

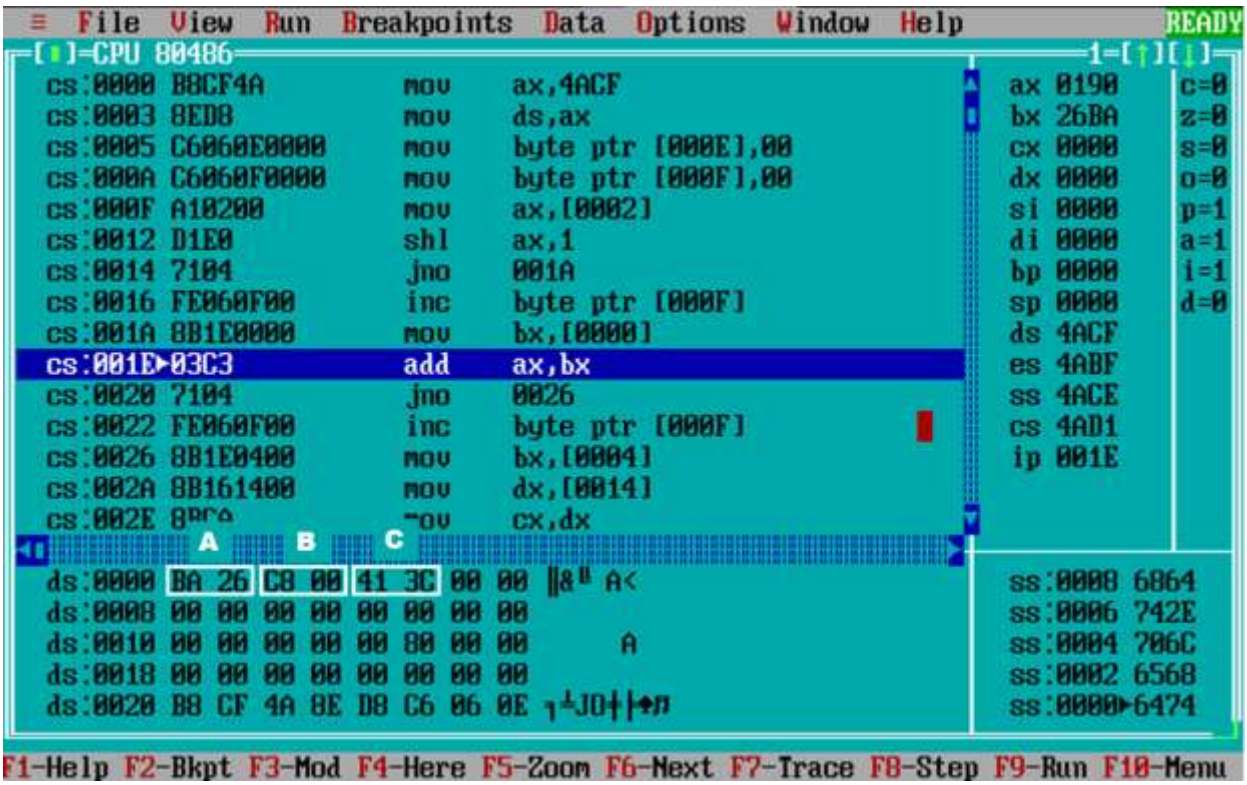
```
  ;если si = 2, то отрицателен делитель
  ;если si = 3, то отрицательны и делитель, и делимое
  predDIV:
  mov cx, 16 ;цикл 10h = 10000h = 16, число в цикле одинаковое
  mov del, dx ;делитель
  neg dx ;инверсия делителя
  mov del_neg, dx ;отрицательный делитель
  add ax, del_neg ;пробное деление
  jc METKA_KARAMBA ;аварийное завершение
  neg dx
  jmp delenie

  save:
  popf ;восстановление из стека значения флагов

  delenie:
  rcl bx,1 ;циклический сдвиг влево младших разрядов и флага CF на 1 бит
  rcl ax,1 ;циклический сдвиг влево старших разрядов и флага CF на 1 бит
  jc plus ;если CF=1 (полученный остаток отрицательный), то к старшим разрядам делимого прибавляется содержимое делителя
  add ax,del_neg  ;иначе из старших разрядов делимого вычитается делитель
  jmp cycle

  plus:
  add ax, del
```

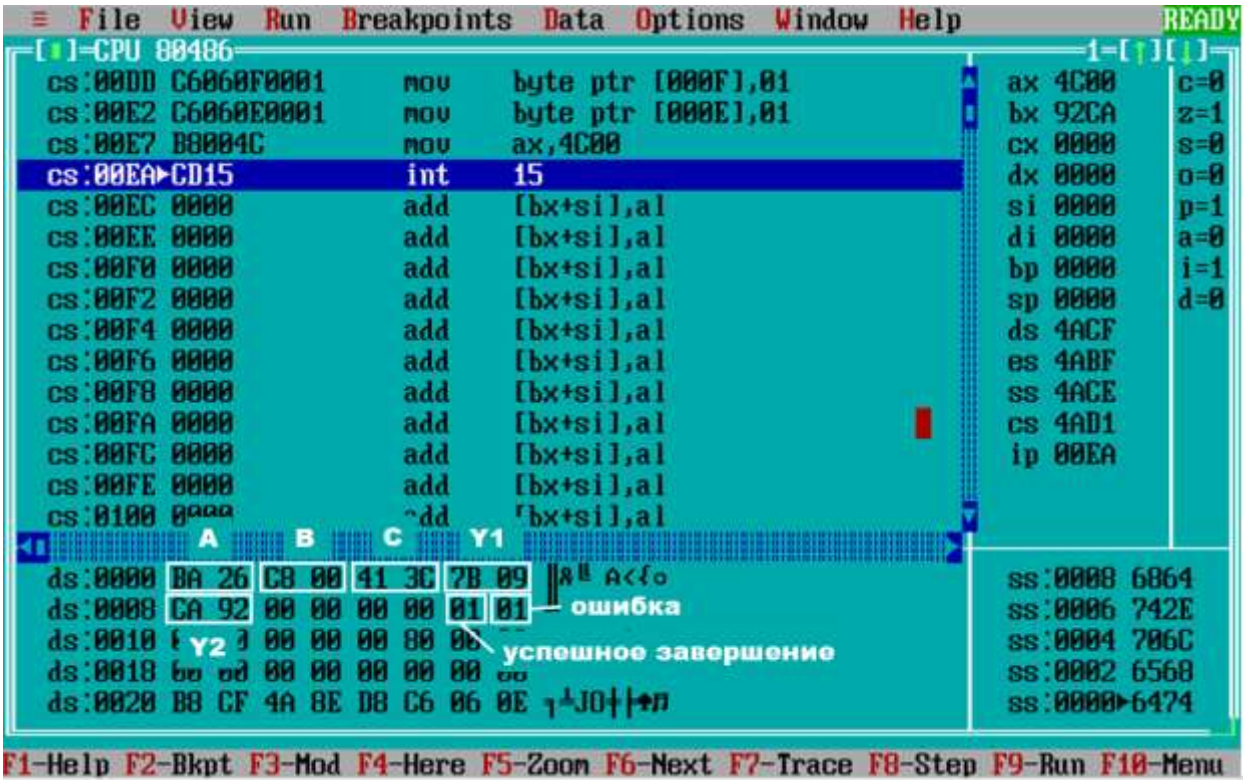
```
  cycle:
  pushf ;сохраняем в стек значения флагов
  loop save

  ostatok:
  popf
  rcl bx, 1
  test ax, 8000h ;проверяем остаток на знак
  jz ostatok2 ;если положительное, то восстанавливаем знак
делителя
  add ax, del ;иначе восстанавливаем остаток

  ostatok2:
  test si, 1 ;восстанавливаем знак делимого
  jz ostpolozh ;если положительное, то переход на result
  neg ax ;иначе инверсия остатка
  add di, 1  ;флаг того, что результат отрицателен

  ostpolozh:
  test si, 2 ;восстанавливаем знак делителя
  jz chastpolozh
  add di, 1  ;флаг того, что результат отрицателен

  chastpolozh:
  cmp di, 1
  jne result
  neg bx

  result:
```

```
mov chast, bx ;загрузка частного в память
mov ost, ax ;загрузка остатка в память
jmp METKA_GOOD ;переход на нормальное завершение

METKA_KARAMBA:
mov KARAMBA, 1 ;аварийное завершение

METKA_GOOD:
mov GOOD, 1 ;нормальное завершение

quit:
mov ax,4c00h ;возврат в операционную систему
int 21;
code ends
end start
```

Прогоны программы:

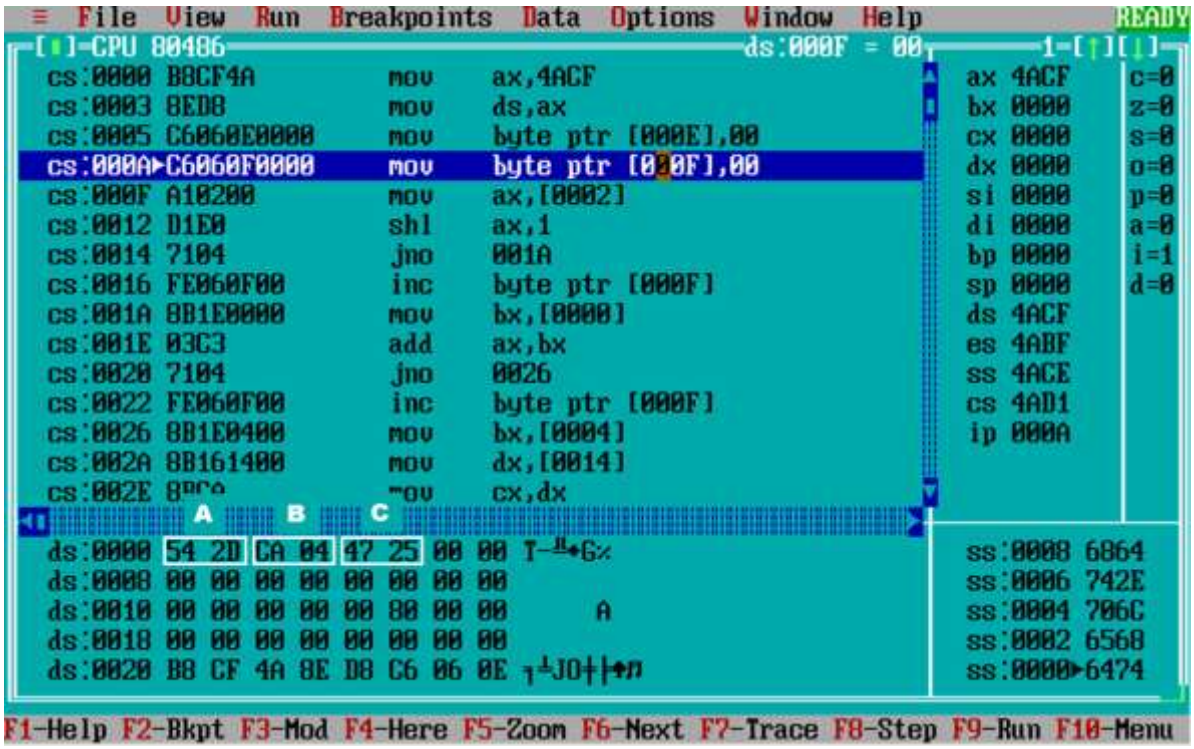
1) B-200= 0 и аварийное завершение (деление на ноль).
   A = 9914_{10} = $26BA_{16}$ = 10 0110 1011 1010_2
   B = 200_{10} = $C8_{16}$ = 1100 1000_2
   C = 15425_{10} = $3C41_{16}$ = 11 1100 0100 0001_2

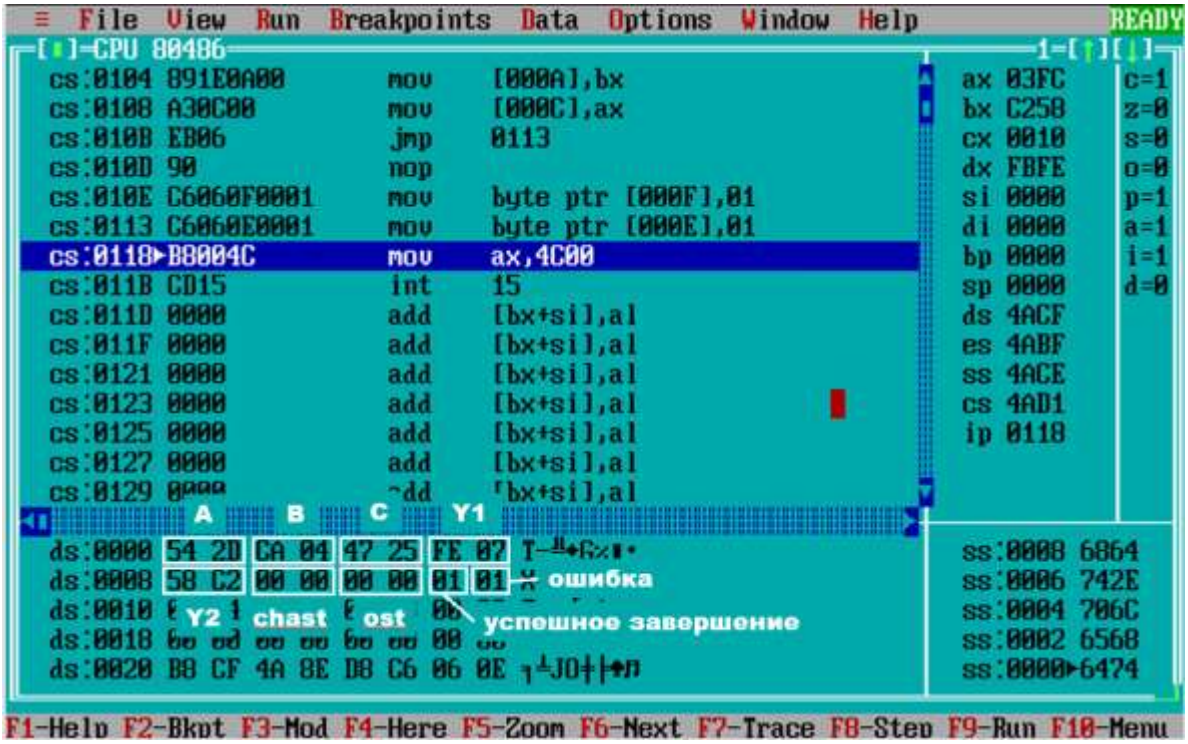




2) Переполнение при делении, частное выходит за пределы 16 бит.

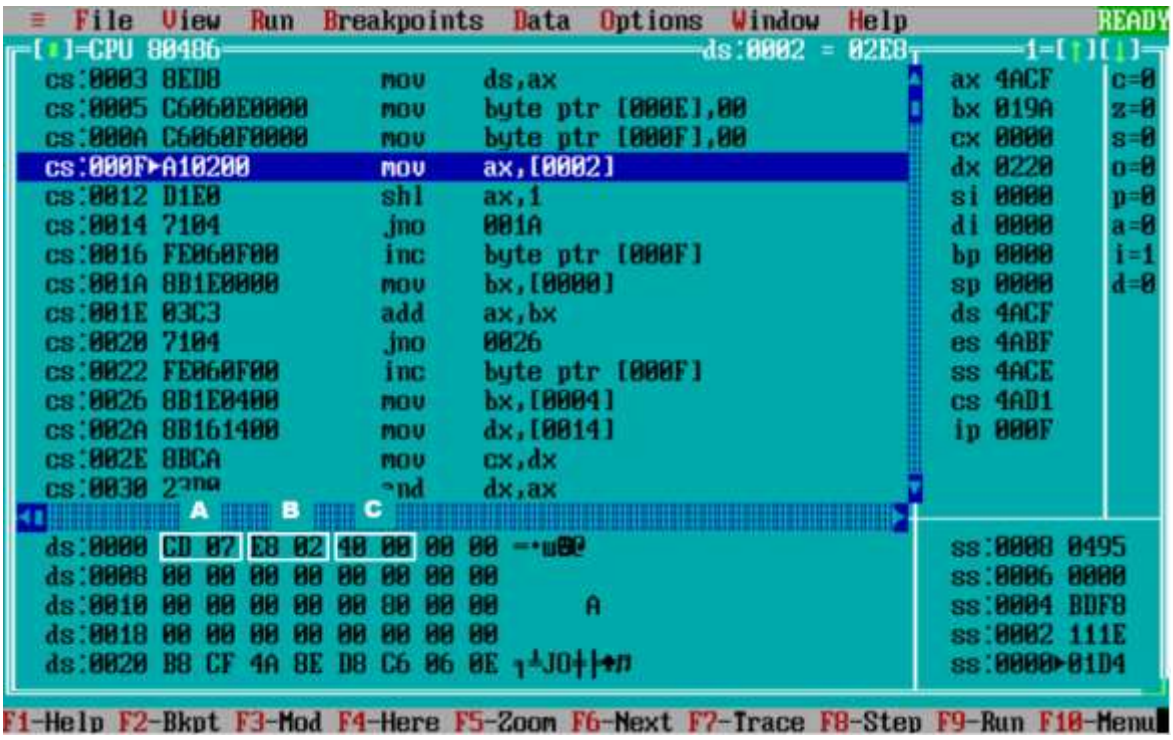
$A = 11604_{10} = 2D54_{16} = 10\ 1101\ 0101\ 0100_2$
$B = 1226_{10} = 4CA_{16} = 100\ 1100\ 1010_2$
$C = 9543_{10} = 2547_{16} = 10\ 0101\ 0100\ 0111_2$

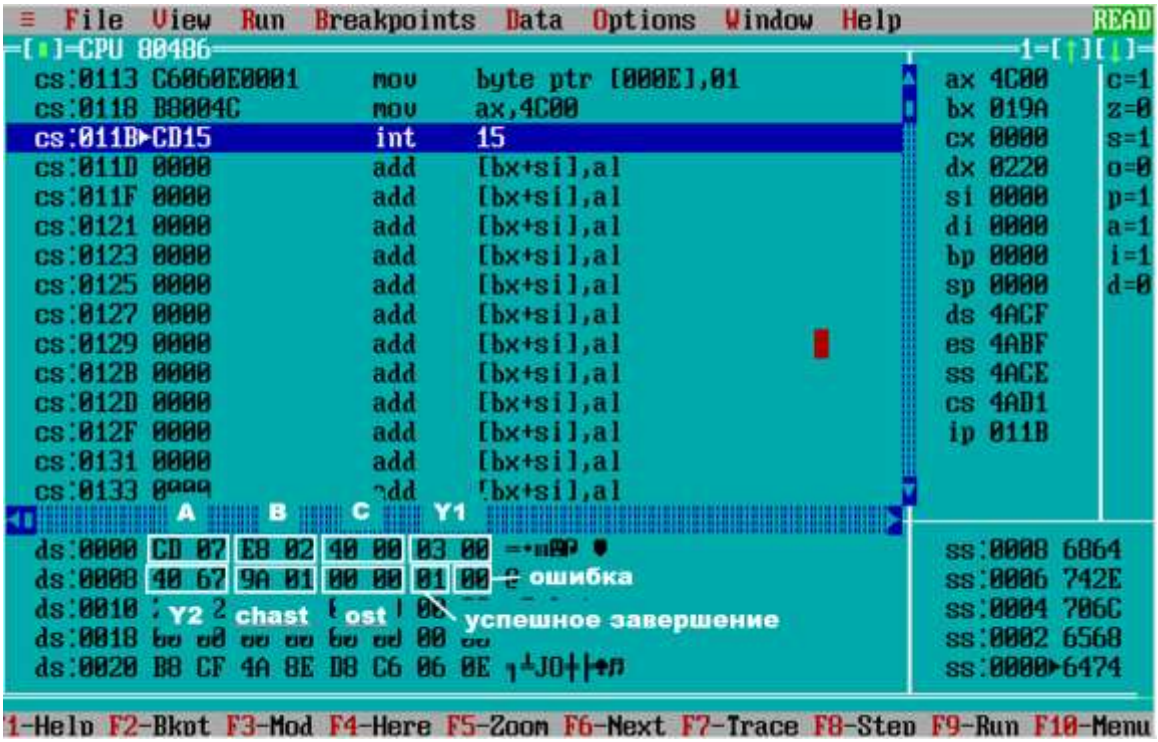




3) Нормальное завершение при положительном делимом и делителе, Y>0, без остатка.

A = 1997_{10} = $7CD_{16}$ = $111\ 1100\ 1101_2$
B = 744_{10} = $2E8_{16}$ = $10\ 1110\ 1000_2$
C = 64_{10} = 40_{16} = $100\ 0000_2$



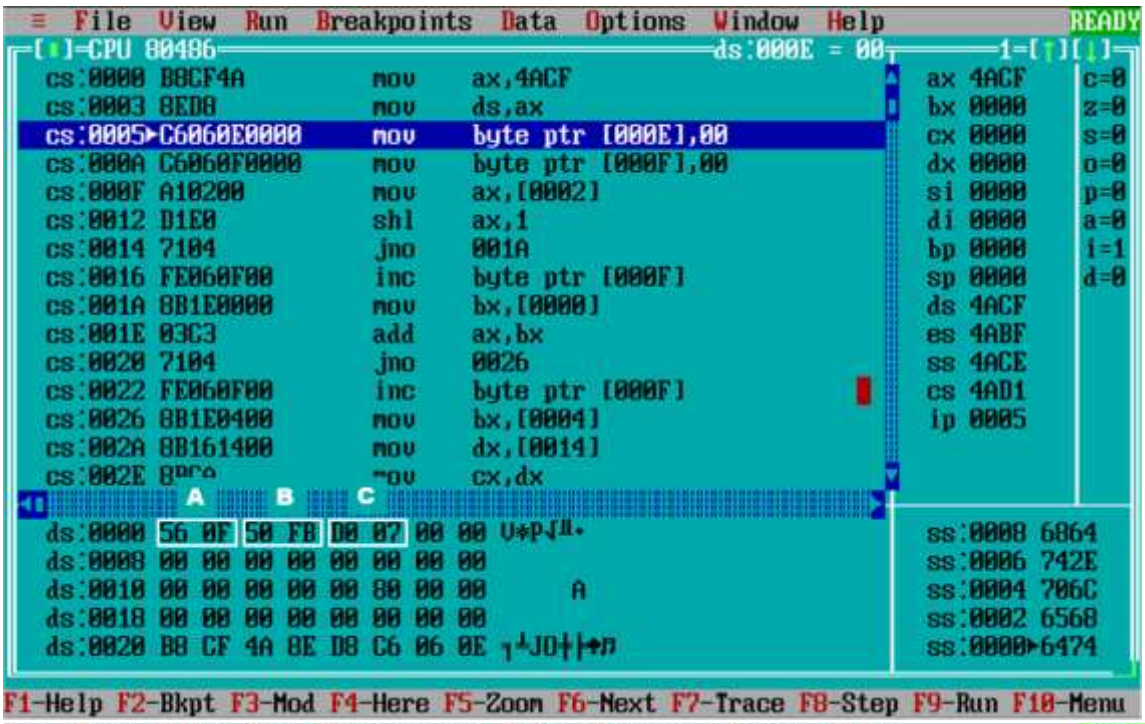


Проверка:

$Y = (2*744 + 1997)*64/(744 – 200) = 410_{10} = 19A_{16}$

4) Нормальное завершение при положительном делимом и отрицательном делителе, Y<0, без остатка.

   $A = 3926_{10} = F56_{16} = 1111\ 0101\ 0110_2$
   $B = -1200_{10} = -4B0_{16} = -100\ 1011\ 0000_2$
   $[B]_2 = 1111\ 1011\ 0101\ 0000_2 = FB50_{16}$
   $C = 2000_{10} = 7D0_{16} = 111\ 1101\ 0000_2$



Проверка:

Y = (2*(-1200)+3926)*2000/(-1200-200) = -2180_{10} = -884_{16} = -1000 1000 0100_2

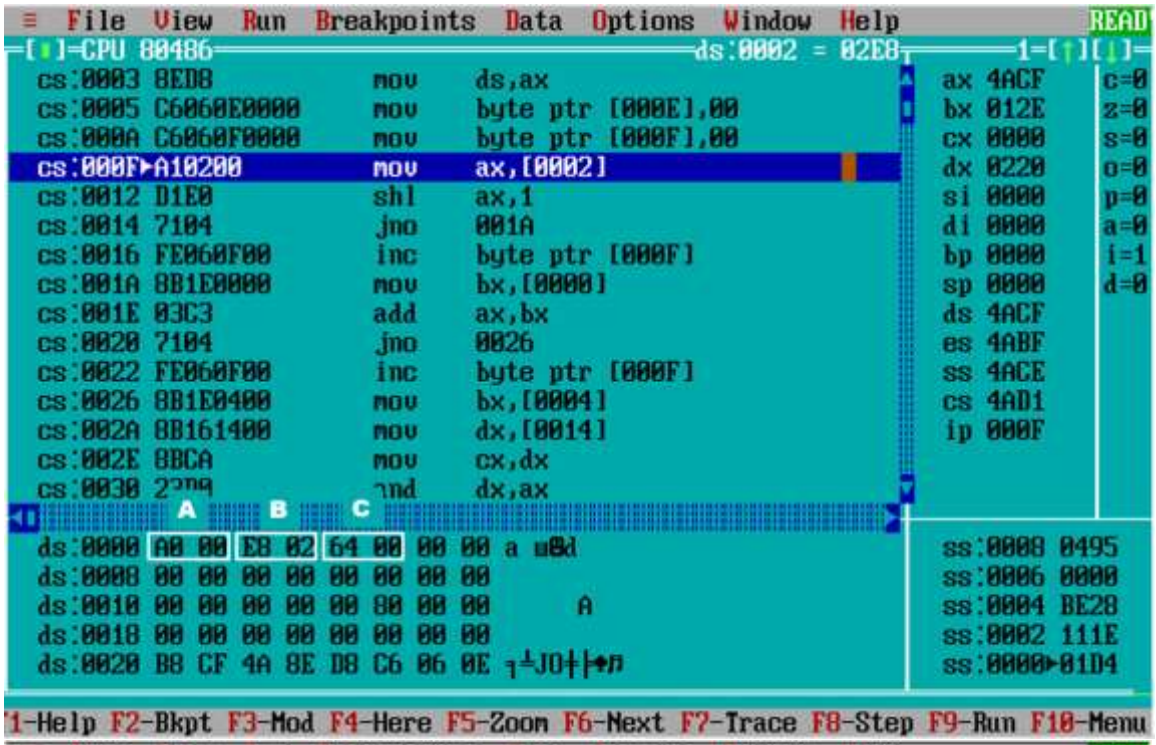
$[Y]_2$ = 1111 0111 0111 1100_2 = $F77C_{16}$

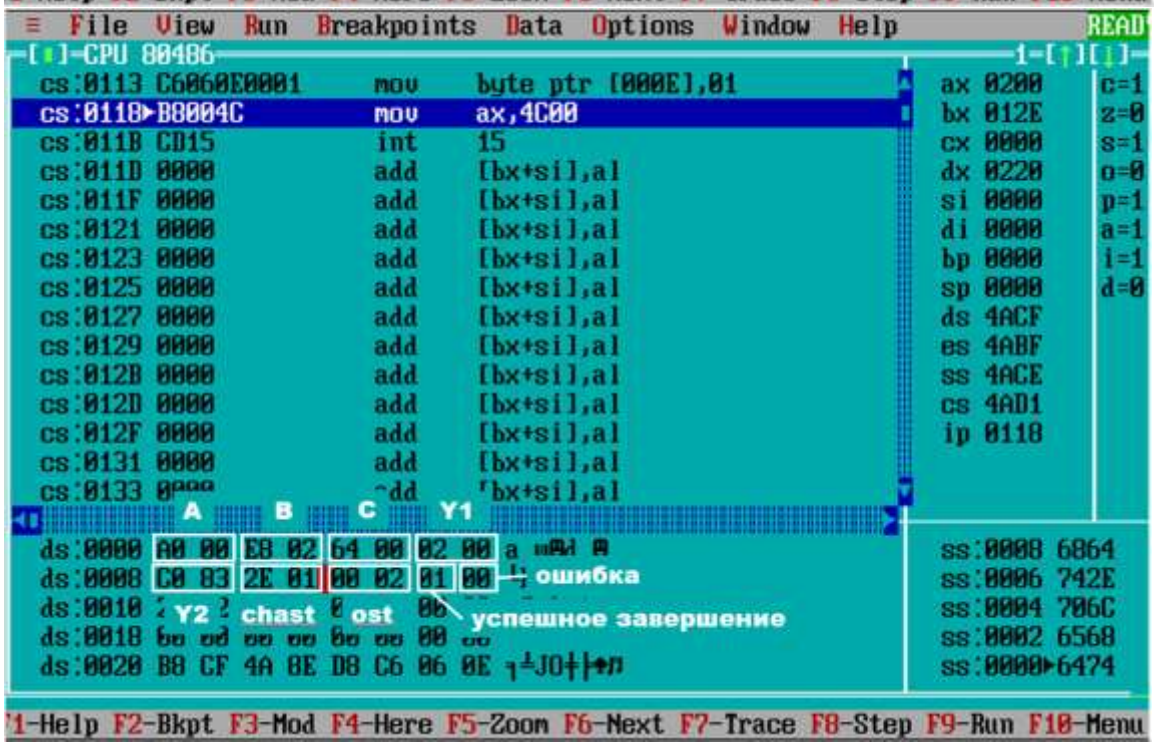
5) Нормальное завершение при положительном делимом и делителе, Y>0, с остатком.

A = 160_{10} = $A0_{16}$ = 1010 0000_2

B = 744_{10} = $2EB_{16}$ = 11 1110 1011_2

C = $100_{10} = 64_{16} = 0110\ 0100_2$





Проверка:

Y = (2*744+160)*100/(744-200) = $302_{10} = 12E_{16} = 1\ 0010\ 1110_2$

ost = (2*744+160)*100 - 302*(744 - 200) = $512_{10} = 200_{16} = 10\ 0000\ 0000_2$

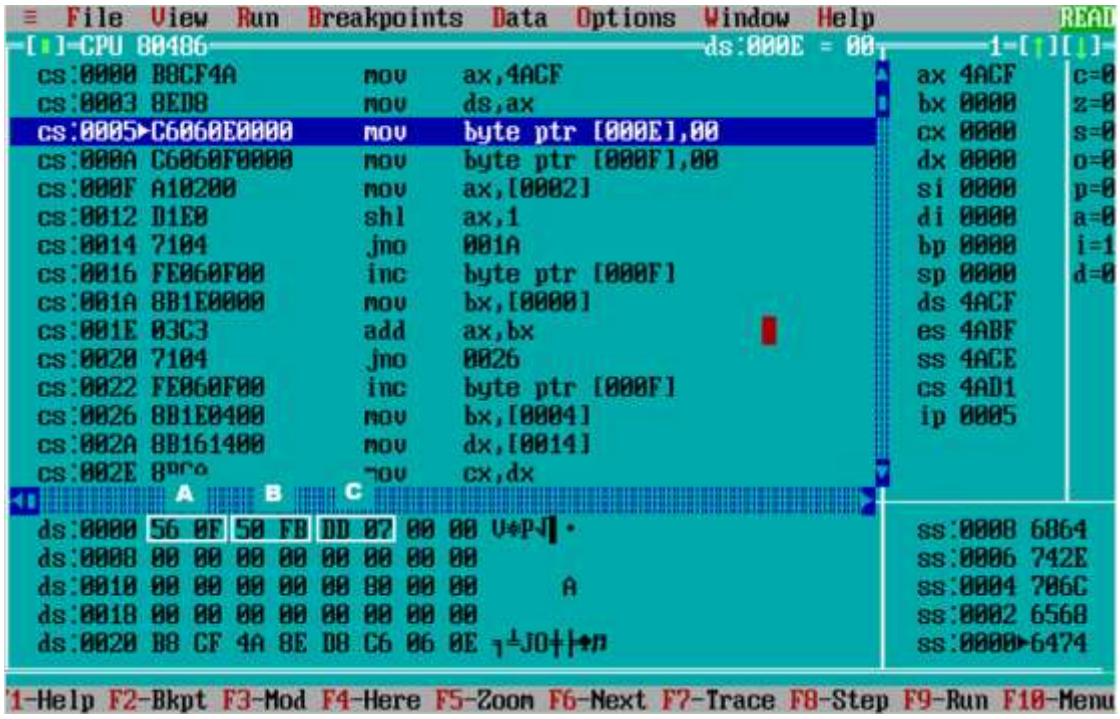
6) Нормальное завершение при положительном делимом и отрицательном делителе, Y < 0, с остатком.

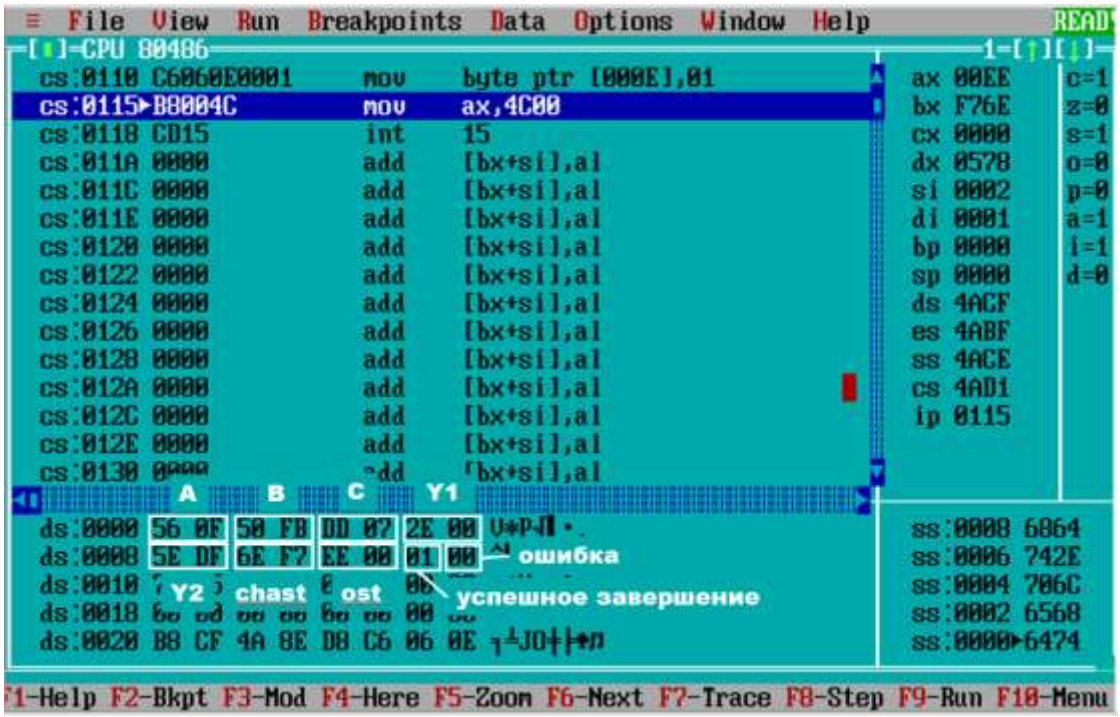
A = $3926_{10} = F56_{16} = 1100\ 1000_2$

B = $-1200_{10} = -4B0_{16} = -100\ 1011\ 0000_2$

$[B]_2 = 1111\ 1011\ 0101\ 0000_2 = FB50_{16}$

$C = 2013_{10} = 7DD_{16} = 111\ 1011\ 1011_2$





Проверка:

$Y = (2*(-1200)+3926)*2013/(-1200-200) = -2194_{10} = -892_{16} = -1000\ 1001\ 0010_2$

$[Y]_2 = 1111\ 0111\ 0110\ 1110$

$ost = (2*(-1200)+3926)*2013-(-2194)*(-1200-200) = 238_{10} = EE_{16}$

Вывод: создали программу на языке ассемблера для вычисления выражения Y=(2*B+A)*C/(B-200). Умножение и деление были реализованы через операции сдвига, сложения и вычитания. Возможные исключения обработаны.