Программирование в кодах ЦВМ

Основные шаги при программировании в кодах:

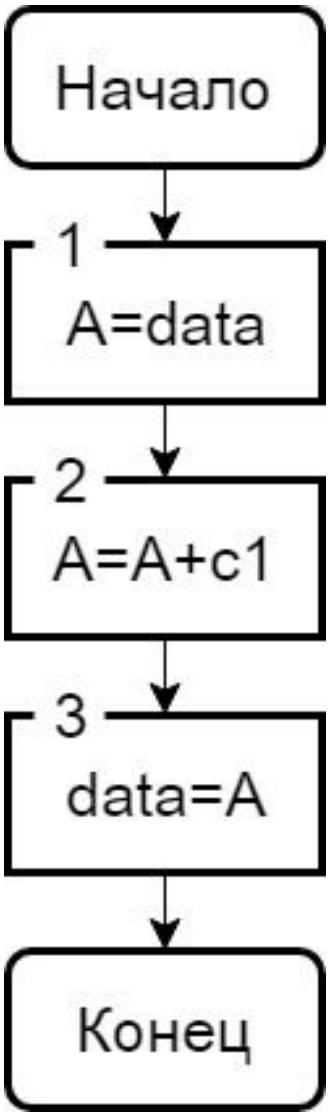
1) разработка подробной схемы алгоритма;

2) распределение памяти (определение адресов ячеек для размещения констант и переменных, определение пускового адреса программы);

3) составление программы на специальном бланке (таблица с колонками «адрес», «код команды», «примечание»).

Программирование в кодах ЦВМ

Разработать программу для увеличения переменной data на 1.



1)разработка подробной схемы алгоритма;

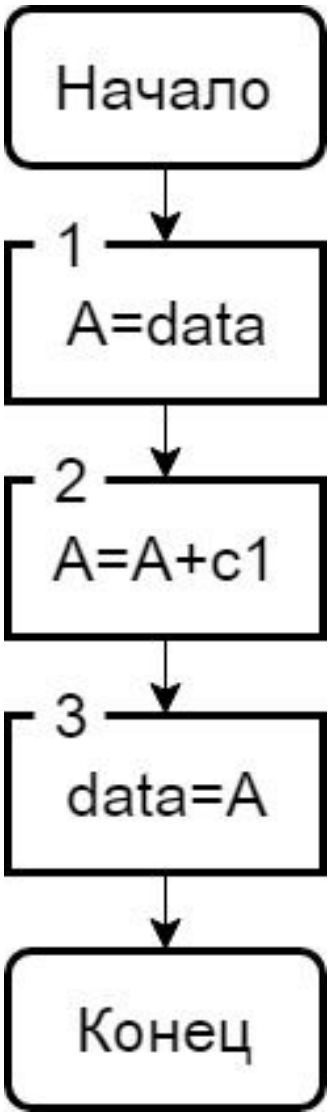
A – аккумулятор
data – переменная
C1 – константа равная единице

Программирование в кодах ЦВМ

Разработать программу для увеличения переменной data на 1.

2) распределение памяти (определение адресов ячеек для размещения констант и переменных, определение пускового адреса программы);

data – $01E_{16}$
C1 – 021_{16}
пусковой адрес (адрес начала программы) - 014_{16}

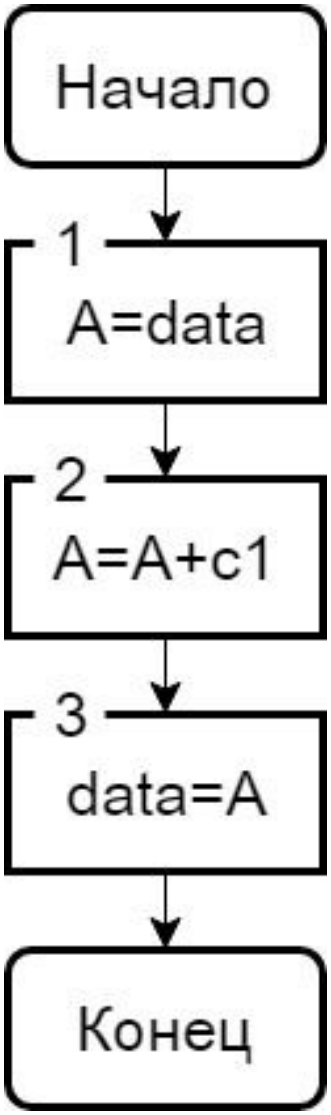


Программирование в кодах ЦВМ

Разработать программу для увеличения переменной data на 1.

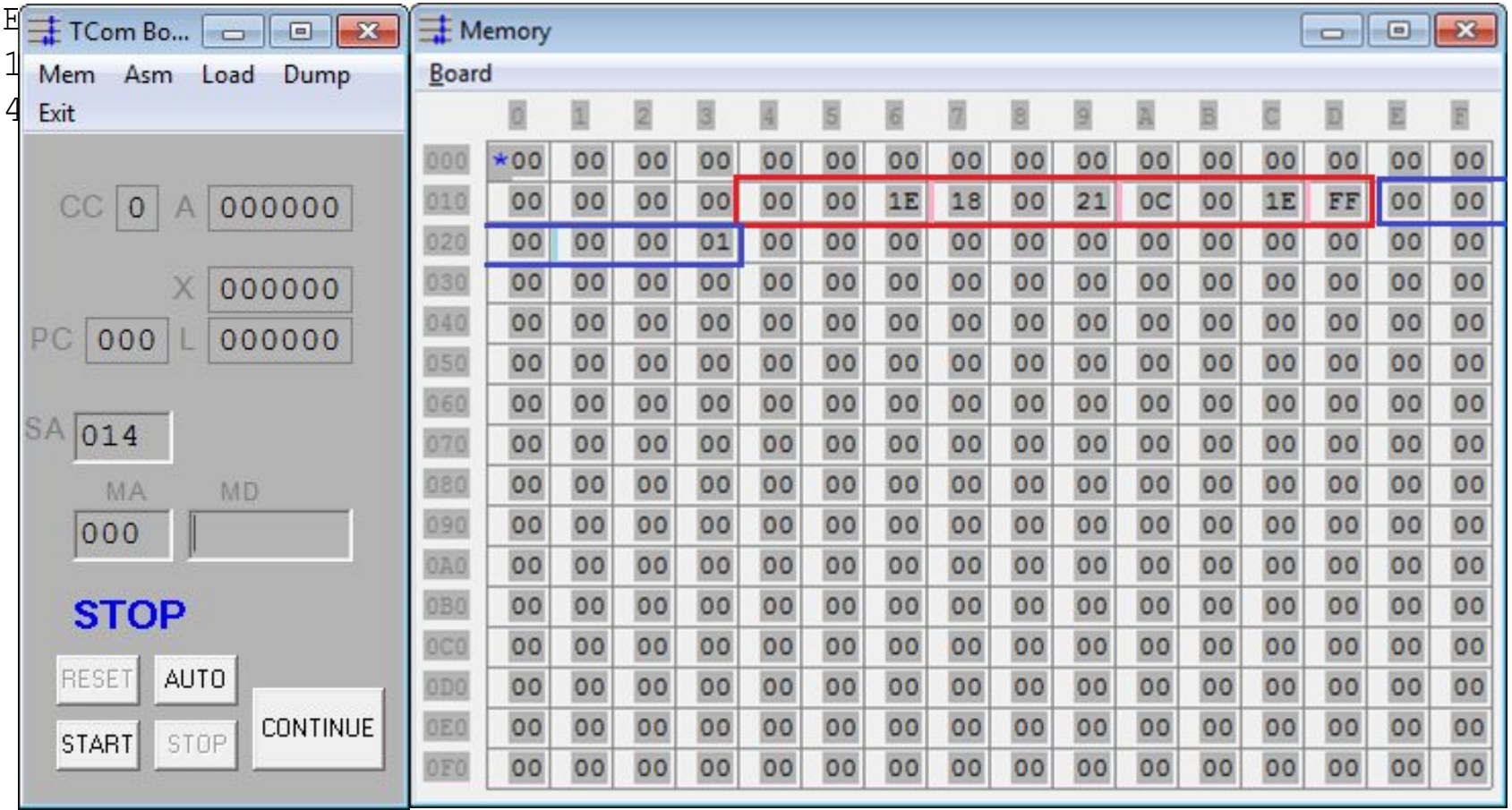
3) составление программы на специальном бланке (таблица с колонками «адрес», «код команды», «примечание»).

адрес	код команды						примечание
	код операции		адресация (в 1 формате)	адрес операнда (в 1 формате)			
014	0	0	0	0	1	E	A=data
017	1	8	0	0	2	1	A=a+c1
01A	0	C	0	0	1	E	data=A
01D	F	F					Останов



Программирование в кодах ЦВМ

```
                | ; Пример 1
H inc           | inc     start   20
T 014 00001E    |         lda     data
T 017 180021    |         add     c1
T 01A 0C001E    |         sta     data
T 01D FF        |         hlt
                | ; Данные
T 01E
T 021
E 014
```



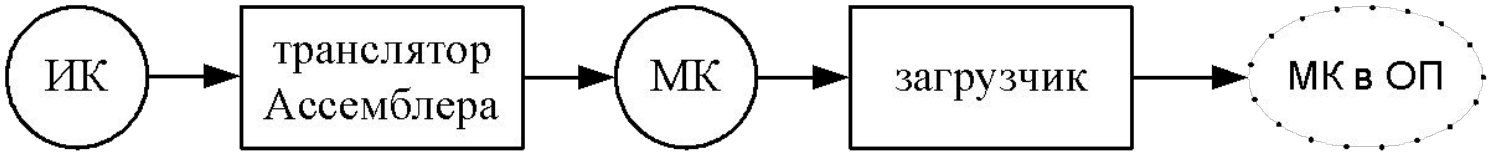
Программирование на языке Ассемблер

Ассемблер – машинно-ориентированный язык, расширенный средствами управления трансляцией, средствами связывания программ и макросредствами.

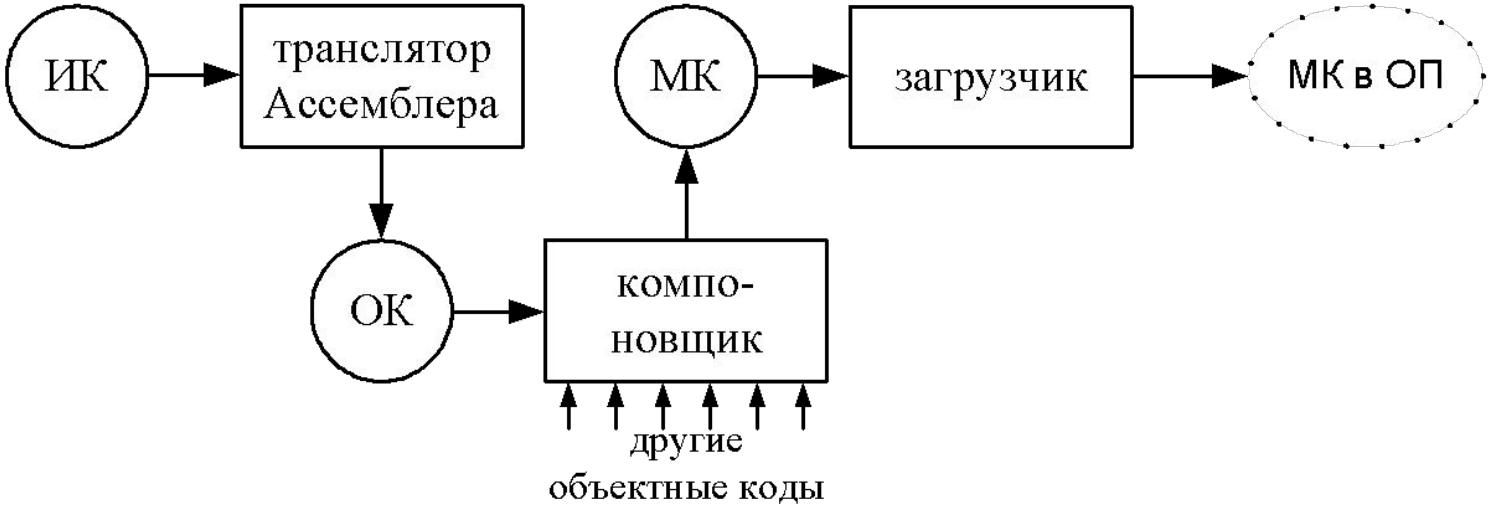
Ассемблер – это программа, генерирующая машинный код из исходного кода на языке Ассемблер.

Программирование на языке Ассемблер

Упрощённая схема трансляции



Реальная схема трансляции

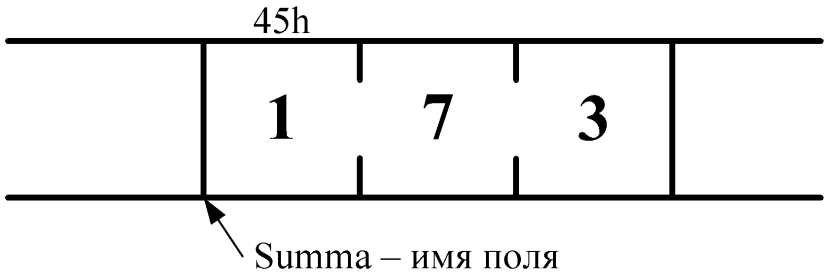


Программирование на языке Ассемблер

Характерные черты языка Ассемблер:

1) использование символических имён операций;

2) использование символических имён полей памяти вместо адресов:



Имя поля заменяет его адрес, а не значение, т.е. Summa = 45h

3) автоматическое распределение памяти;

4) исходный текст программы на Ассемблере состоит из операторов, каждый из которых занимает отдельную строку.

Программирование на языке Ассемблер

Операторы в УЦВМ:

1) оператор машинной команды – символическая запись машинной команды:

[<метка>] <симв. КОп> [<операнд>] [;<комментарий>]

2) оператор псевдокоманды (директива):

[<метка>] <директива> <операнд> [; <комментарий>]

Машинные команды управляют процессором, а псевдокоманды – транслятором.

Программирование на языке Ассемблер

Псевдокоманды в УЦВМ:

1) [<имя>] start <адрес> – первая запись программы,

<имя> – имя всей программы

<адрес> – адрес загрузки программы

2) [<имя>] end <адрес> – последний оператор программы,

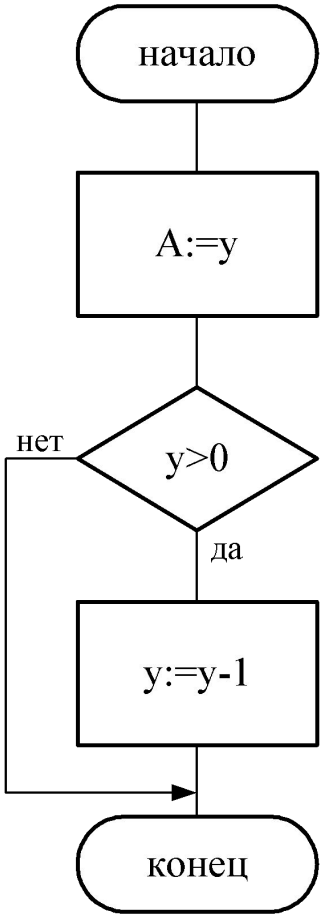
<адрес> – пусковой адрес (точка входа в программу)

3) [<метка>] word <операнд> – резервирование места для инициализированной переменной

4) [<метка>] resb <операнд> – резервирование определённого операндом количества байтов памяти

Программирование на языке Ассемблер

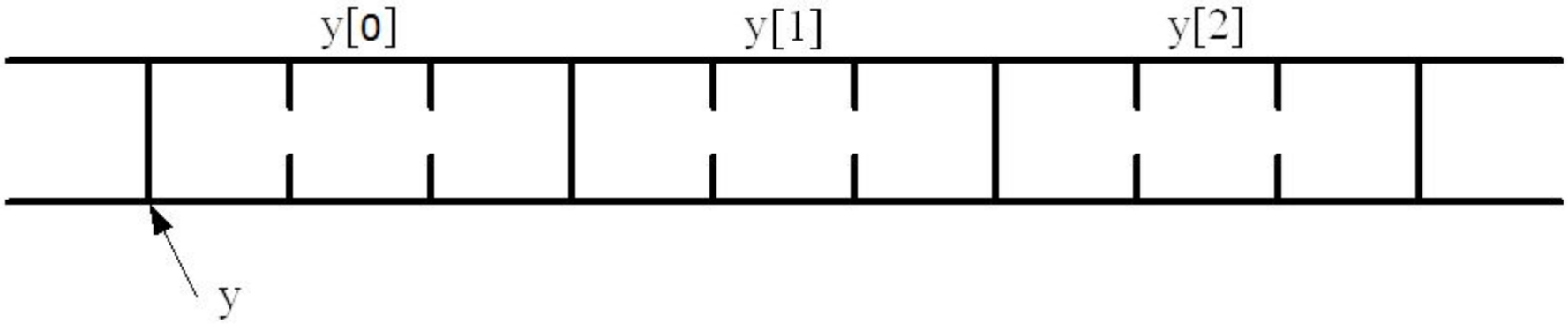
Пример составления программы на Ассемблере




```
; begin if y>0 then y:=y-1 end.
dec  start 0     ; адрес загрузки программы = 0
     lda y       ; A=y
     comp c0     ; (A-c0)>0?
     jlt k ; если меньше переход на метку k
     jeq k       ; если равно переход на метку k
     sub c1      ; A=A-1
k    sta y; y=A
     hlt    ; останов
; данные
c1   word 1      ; поместить в слово по адресу c1 - 1
c0   word 0      ; поместить в слово по адресу c0 - 0
y    resb 3      ; выделить 3 байта под переменную y
     end dec     ; начать выполнение программы с
     ; метки dec
```

Программирование на языке Ассемблер

Индексирование элементов массива



y указывает на первый элемент массива.

Адрес элемента массива – адрес младшего байта элемента.

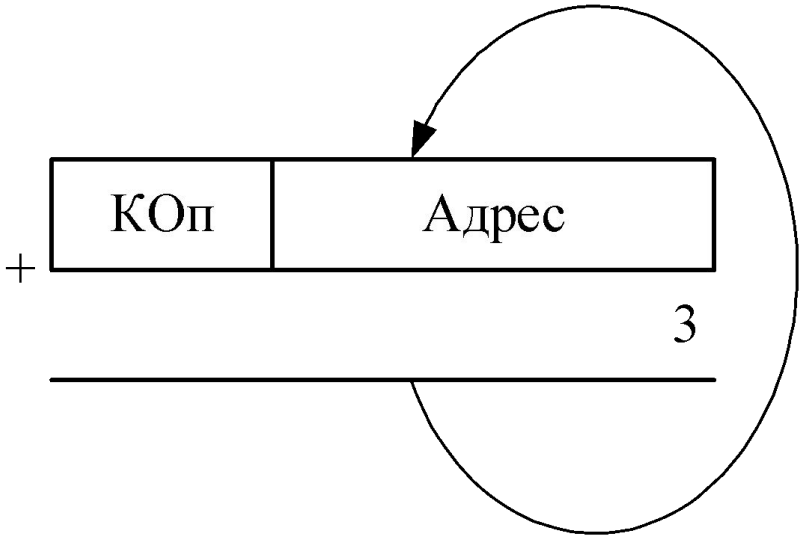
Для одномерного массива справедлива формула определения адреса заданного элемента:

E[i] = y + i*3

Программирование на языке Ассемблер

Способы обращения к элементам массива

1. Способ модификации команд (нереентерабельные программы):



Программирование на языке Ассемблер

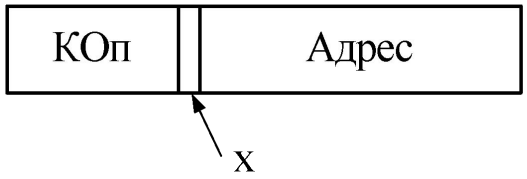
```
H Ex31         | Ex31  start  0
T 000 00001C   |       lda    i
T 003 1C001F   |       sub    c1
T 006 200022   |       mul    c3
T 009 0C0025   |       sta    index
T 00C 000028   |       lda    com
T 00F 180025   |       add    index
T 012 0C0015   |       sta    read
T 015          | read  resb   3
T 018 0C002B   |       sta    y
T 01B FF       |       hlt
               | ; данные
T 01C 000003   | i     word   3
T 01F 000001   | c1    word   1
T 022 000003   | c3    word   3
T 025          | index resb   3
T 028 00002E   | com   lda    d
T 02B          | y     resb   3
T 02E 000020   | d     word   32
T 031 000021   |       word   33
T 034 000022   |       word   34
T 037 000023   |       word   35
T 03A 000024   |       word   36
E 000          |       end    Ex31
```

Пример: Загрузка в аккумулятор 3-его элемента массива

Программирование на языке Ассемблер

Способы обращения к элементам массива

2. Использование индексного регистра:



$$x = \begin{cases} 0, \text{ прямая адресация} \\ 1, \text{ индексная адресация} \end{cases}$$

Вычисление исполнительного адреса:

$$TA = \begin{cases} \text{Адрес, если } x=0 \\ \text{Адрес}+(X), \text{ если } x=1 \end{cases}$$

При операциях с массивом в регистре *X* обычно хранится смещение адреса элемента массива относительно базового адреса этого массива.

Программирование на языке Ассемблер

Пример работы с одномерным массивом:

поиск максимального элемента массива

```
program ExArray;
var d: array[1..5] of integer;
      max: integer;
      i: integer;
begin
  max:=d[1];
  for i:=2 to 5 do
    if d[i]>max then max:=d[i];
end.
```

```
ExArray start 0
        lda d
        sta max
        ldx c3
rpt     lda d,x
        comp max
        jlt cont
        jeq cont
then    sta max
cont    rmo x, a
        add c3
        rmo a, x
        comp c15
        jlt rpt
        hlt
```

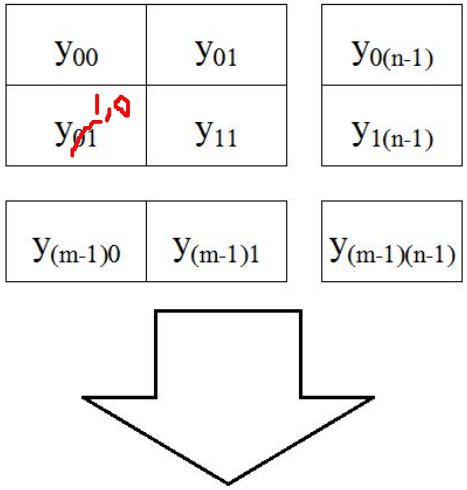
```
; данные
c3      word 3
c15     word 15
max     resb 3
d       resb 15
        end ExArray
```

Программирование на языке Ассемблер

Многомерные массивы

При использовании в программе многомерных массивов производится линеаризация массива.

После линеаризации элементы многомерного массива располагаются в памяти друг за другом:



E[i,j] = y + i*3*l+j*3

y – адрес начала массива

l – кол-во элементов в строке

i – номер строки

j – номер столбца

	y00	y01	...	y0(n-1)	y01	y11	...	y1(n-1)	...	y(m-1)0	y(m-1)1	...	y(m-1)(n-1)	

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m

```
#include "stdafx.h"
int main()
{
    const int l = 4, h = 3;
    int m[h][l];
    int n[h];
    m[0][0] = 1;   m[0][1] = 2;   m[0][2] = 3;   m[0][3] = 4;
    m[1][0] = 5;   m[1][1] = 6;   m[1][2] = 7;   m[1][3] = 8;
    m[2][0] = 9;   m[2][1] = 0;   m[2][2] = 1;   m[2][3] = 2;
    for (int i = 0; i < h; i++)
        n[i] = 0;
    for (int i = 0; i < h; i++)
        for (int j = 0; j < l; j++)
            n[i] = n[i] + m[i][j];
    return 0;
}
```

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m (данные)

```
                | ; Записать с массив n суммы элементов каждой строки
                | матрицы m
H sumSt         | sumSt   start   0
                | ; Данные
T 000 000004    | l1      word    4 ;кол-во элементов в строке
T 003 000003    | h       word    3 ;кол-во элементов в столбце
T 006 000001    | m       word    1
T 009 000002    |         word    2
T 00C 000003    |         word    3
T 00F 000004    |         word    4
T 012 000005    |         word    5
T 015 000006    |         word    6
T 018 000007    |         word    7
T 01B 000008    |         word    8
T 01E 000009    |         word    9
T 021 000000    |         word    0
T 024 000001    |         word    1
T 027 000002    |         word    2
```

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m (данные)

```
T 02A         | n       resb    9
T 033         | ln      resb    3 ;длина массива n в байтах
T 036         | lm      resb    3 ;длина массива m в байтах
T 039         | lmw     resb    3 ;длина строки массива m в байтах
T 03C         | in      resb    3 ;смещение по n
T 03F         | im      resb    3 ;смещение по m
T 042         | i       resb    3 ;индекс текущего элемента в строке
T 045 000000  | c0      word    0
T 048 000001  | c1      word    1
T 04B 000003  | c3      word    3
              |
```

```
                | ;Программа
T 04E 000003 | st      lda     h
T 051 20004B |          mul     c3
T 054 0C0033 |          sta     ln
T 057 040045 |          ldx     c0
T 05A AC10   |          rmo     x,a
T 05C 280033 | p2      comp    ln
T 05F 300072 |          jeq     p1
T 062 000045 |          lda     c0
T 065 0C802A |          sta     n,x
T 068 AC10   |          rmo     x,a
T 06A 18004B |          add     c3
T 06D AC01   |          rmo     a,x
T 06F 3C005C |          j       p2
T 072 000000 | p1      lda     l1
T 075 20004B |          mul     c3
T 078 0C0039 |          sta     lmw
T 07B 200003 |          mul     h
T 07E 0C0036 |          sta     lm
T 081 000045 |          lda     c0
T 084 0C0042 |          sta     i
T 087 0C003C |          sta     in
T 08A 0C003F |          sta     im
```

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m (установка начальных занчений)

```
T 08D 00003F | p5      lda     im
T 090 280036 |         comp    lm
T 093 3000D5 |         jeq     p4
T 096 000042 |         lda     i
T 099 280000 |         comp    l1
T 09C 3000C3 |         jeq     p3
T 09F 04003F |         ldx     im
T 0A2 008006 |         lda     m,x
T 0A5 04003C |         ldx     in
T 0A8 18802A |         add     n,x
T 0AB 0C802A |         sta     n,x
T 0AE 000042 |         lda     i
T 0B1 180048 |         add     c1
T 0B4 0C0042 |         sta     i
T 0B7 00003F |         lda     im
T 0BA 18004B |         add     c3
T 0BD 0C003F |         sta     im
T 0C0 3C008D |         j       p5
T 0C3 000045 | p3      lda     c0
T 0C6 0C0042 |         sta     i
T 0C9 00003C |         lda     in
T 0CC 18004B |         add     c3
T 0CF 0C003C |         sta     in
T 0D2 3C008D |         j       p5
```

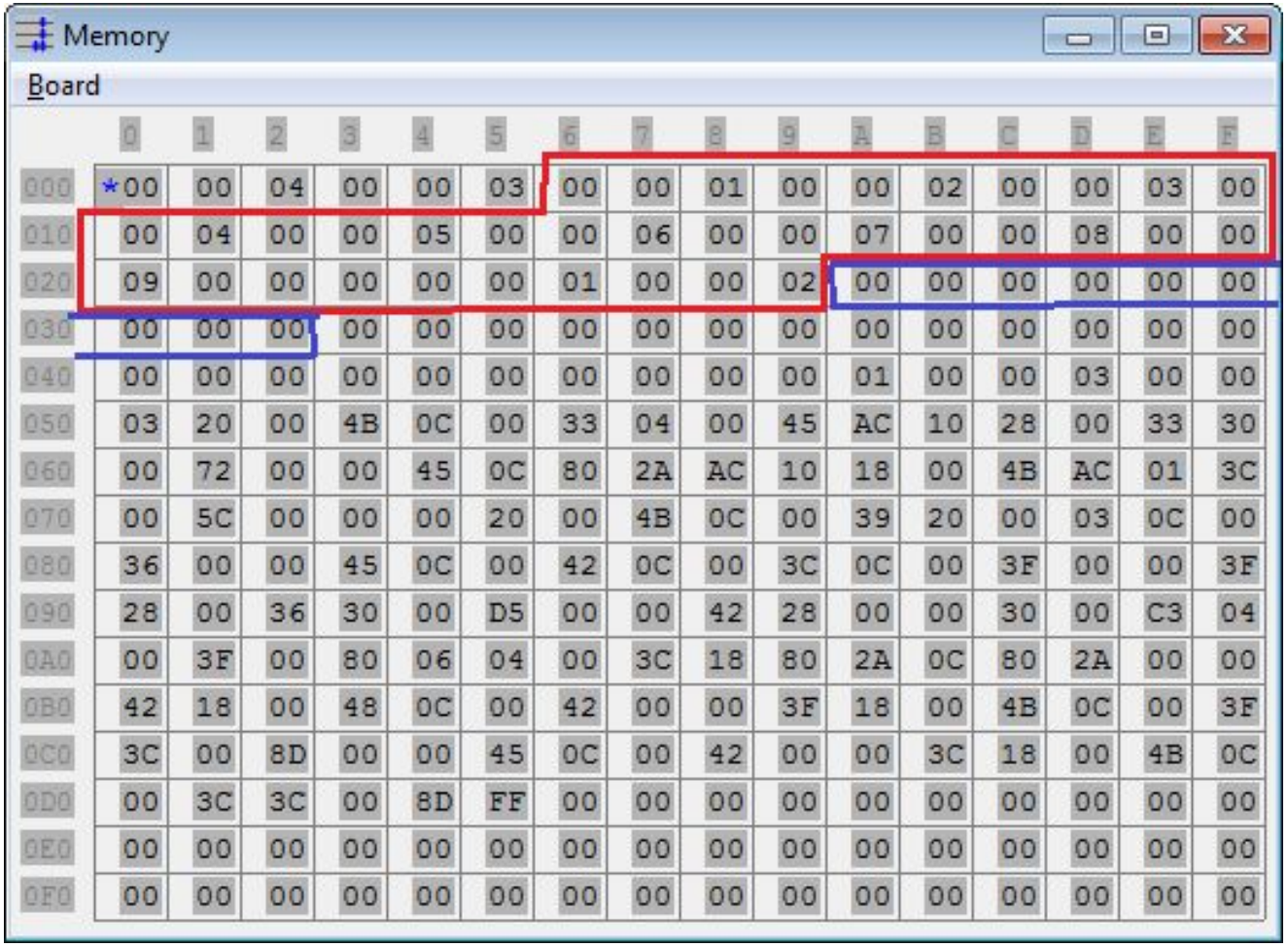
Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m

```
T 0D5 FF      | p4      hlt
              |
E 04E         |         end     st
```

Программирование на языке Ассемблер

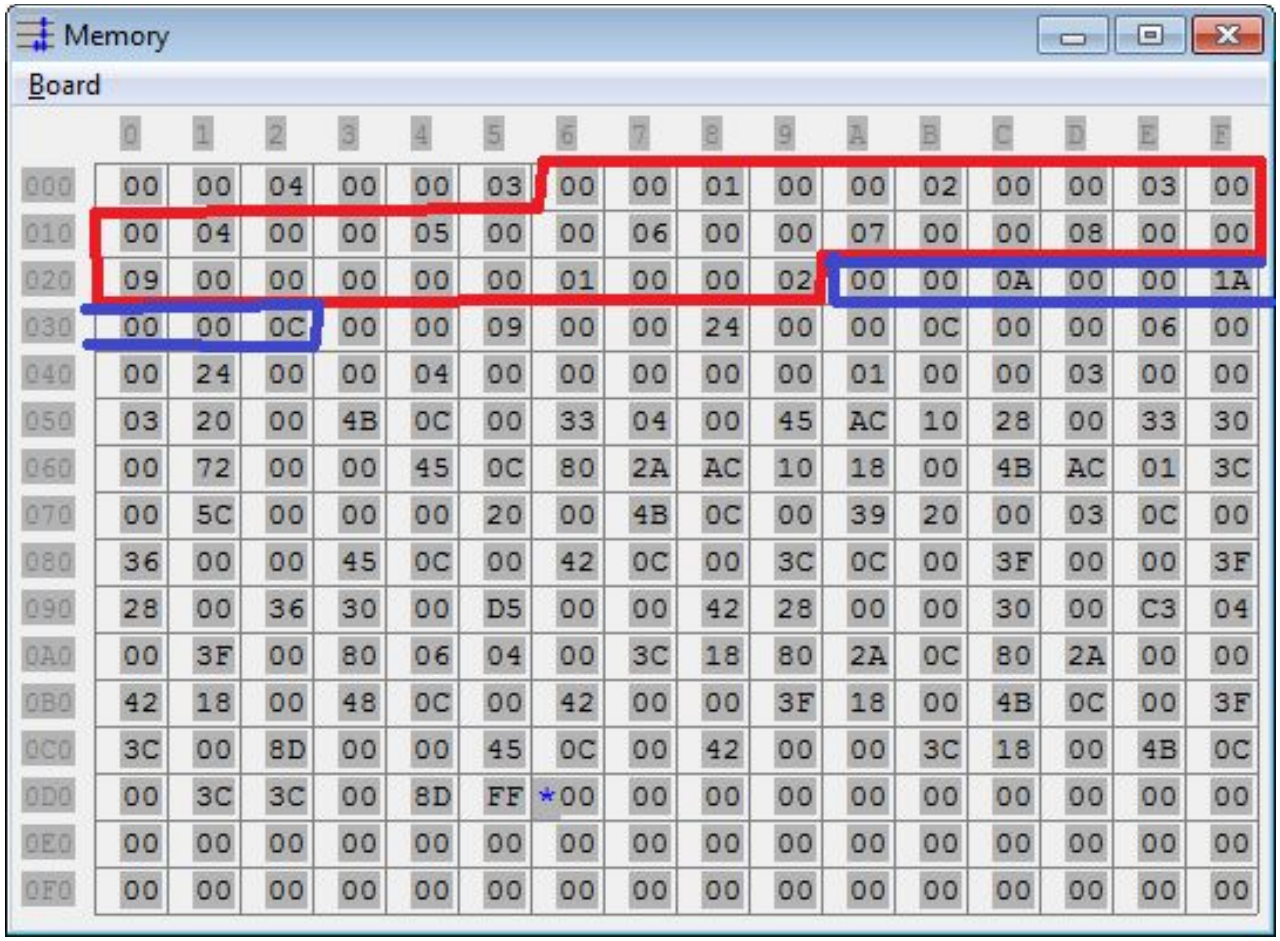
Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000	*00	00	04	00	00	03	00	00	01	00	00	02	00	00	03	00
010	00	04	00	00	05	00	00	06	00	00	07	00	00	08	00	00
020	09	00	00	00	00	00	01	00	00	02	00	00	00	00	00	00
030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	00	00	03	00	00
050	03	20	00	4B	0C	00	33	04	00	45	AC	10	28	00	33	30
060	00	72	00	00	45	0C	80	2A	AC	10	18	00	4B	AC	01	3C
070	00	5C	00	00	00	20	00	4B	0C	00	39	20	00	03	0C	00
080	36	00	00	45	0C	00	42	0C	00	3C	0C	00	3F	00	00	3F
090	28	00	36	30	00	D5	00	00	42	28	00	00	30	00	C3	04
0A0	00	3F	00	80	06	04	00	3C	18	80	2A	0C	80	2A	00	00
0B0	42	18	00	48	0C	00	42	00	00	3F	18	00	4B	0C	00	3F
0C0	3C	00	8D	00	00	45	0C	00	42	00	00	3C	18	00	4B	0C
0D0	00	3C	3C	00	8D	FF	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждой строки матрицы m



Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m

```
#include "stdafx.h"
int main()
{
    const int l = 4, h = 3;
    int m[h][l];
    int n[l];
    m[0][0] = 1;   m[0][1] = 2;   m[0][2] = 3;   m[0][3] = 4;
    m[1][0] = 5;   m[1][1] = 6;   m[1][2] = 7;   m[1][3] = 8;
    m[2][0] = 9;   m[2][1] = 0;   m[2][2] = 1;   m[2][3] = 2;
    for (int j = 0; j < 4; j++)
        n[j] = 0;
    for (int i = 0; i < h; i++)
        for (int j = 0; j <l; j++)
            n[j] = n[j] + m[i][j];
    return 0;
}
```

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m (данные)

```
H sumSt       | sumSt   start   0
              | ; Данные
T 000 000004 | l1      word    4 ;кол-во элементов в строке
T 003 000003 | h       word    3 ;кол-во элементов в столбце
T 006 000001 | m       word    1 ;массив из 12 элементов
T 009 000002 |         word    2
T 00C 000003 |         word    3
T 00F 000004 |         word    4
T 012 000005 |         word    5
T 015 000006 |         word    6
T 018 000007 |         word    7
T 01B 000008 |         word    8
T 01E 000009 |         word    9
T 021 000000 |         word    0
T 024 000001 |         word    1
T 027 000002 |         word    2
```

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m (данные)

```
T 02A         | n       resb    12  ;;;;массив из 4 элементов
T 036         | ln      resb    3 ;длина массива n в байтах
T 039         | lm      resb    3 ;длина массива m в байтах
T 03C         | lmw     resb    3 ;длина строки массива m в байтах
T 03F         | in      resb    3 ;смещение по n
T 042         | im      resb    3 ;смещение по m
T 045         | i       resb    3 ;индекс текущего элемента в строке
T 048 000000  | c0      word    0
T 04B 000001  | c1      word    1
T 04E 000003  | c3      word    3
              |
```

```
T 02A         | n       resb    9
T 033         | ln      resb    3 ;длина массива n в байтах
```

```
                | ;Программа
T 051 000000 | st      lda     l1 ;;;;
T 054 20004E |         mul     c3
T 057 0C0036 |         sta     ln
T 05A 040048 |         ldx     c0
T 05D AC10   |         rmo     x,a
T 05F 280036 | p2      comp    ln
T 062 300075 |         jeq     p1
T 065 000048 |         lda     c0
T 068 0C802A |         sta     n,x
T 06B AC10   |         rmo     x,a
T 06D 18004E |         add     c3
T 070 AC01   |         rmo     a,x
T 072 3C005F |         j       p2
T 075 000000 | p1      lda     l1
T 078 20004E |         mul     c3
T 07B 0C003C |         sta     lmw
T 07E 200003 |         mul     h
T 081 0C0039 |         sta     lm
T 084 000048 |         lda     c0
T 087 0C0045 |         sta     i
T 08A 0C003F |         sta     in
T 08D 0C0042 |         sta     im
```

```
T 04E 000003 | st      lda     h
```

Вычисление длинны массива n
//ln=l1*3

Заполнение массива n нулями
for (int j = 0; j < 4; j++) n[j] = 0;
j < 4; //X-ln>0

n[j] = 0;

j++; //X=X+3

Установка длинны строки массива m в байтах
//lmw=l1*3

Установка длинны массива m в байтах
//mw=lmw*h

//i=0
//in=0
//im=0

```
T 090 000042 | p5      lda     im      //im=lm
T 093 280039 |         comp    lm      если =,
T 096 3000DB |         jeq     p4      то выход
T 099 000045 |         lda     i       //i=l1
T 09C 280000 |         comp    l1      если конец строки, то переходим
T 09F 3000CF |         jeq     p3      к следующей в блоке p3
T 0A2 040042 |         ldx     im      n[j] = n[j] + m[i][j];    //X=im
T 0A5 008006 |         lda     m,x                               //A=W[m+X]
T 0A8 04003F |         ldx     in                                //X=in
T 0AB 18802A |         add     n,x                               //A=A+W[n+X]
T 0AE 0C802A |         sta     n,x                               //W[n+X]=A
T 0B1 000045 |         lda     i       //i++
T 0B4 18004B |         add     c1
T 0B7 0C0045 |         sta     i
T 0BA 00003F |         lda     in ;;;;   //in++
T 0BD 18004E |         add     c3 ;;;;
T 0C0 0C003F |         sta     in ;;;;
T 0C3 000042 |         lda     im      //im=im+3
T 0C6 18004E |         add     c3
T 0C9 0C0042 |         sta     im
T 0CC 3C0090 |         j       p5
T 0CF 000048 | p3      lda     c0
T 0D2 0C0045 |         sta     i       //i=0
T 0D5 0C003F |         sta     in ;;;; //in=0
T 0D8 3C0090 |         j       p5
```

```
for (int i = 0; i < h; i++)
    for (int j = 0; j <l; j++)
        n[j] = n[j] + m[i][j];
```

```
T 0B4 0C0042 |  sta  I
T 0B7 00003F |  lda  im
```

```
T 0C6 0C0042 | sta  i
T 0C9 00003C | lda  in
T 0CC 18004B | add  c3
T 0CF 0C003C | sta  in
T 0D2 3C008D | j    p5
```

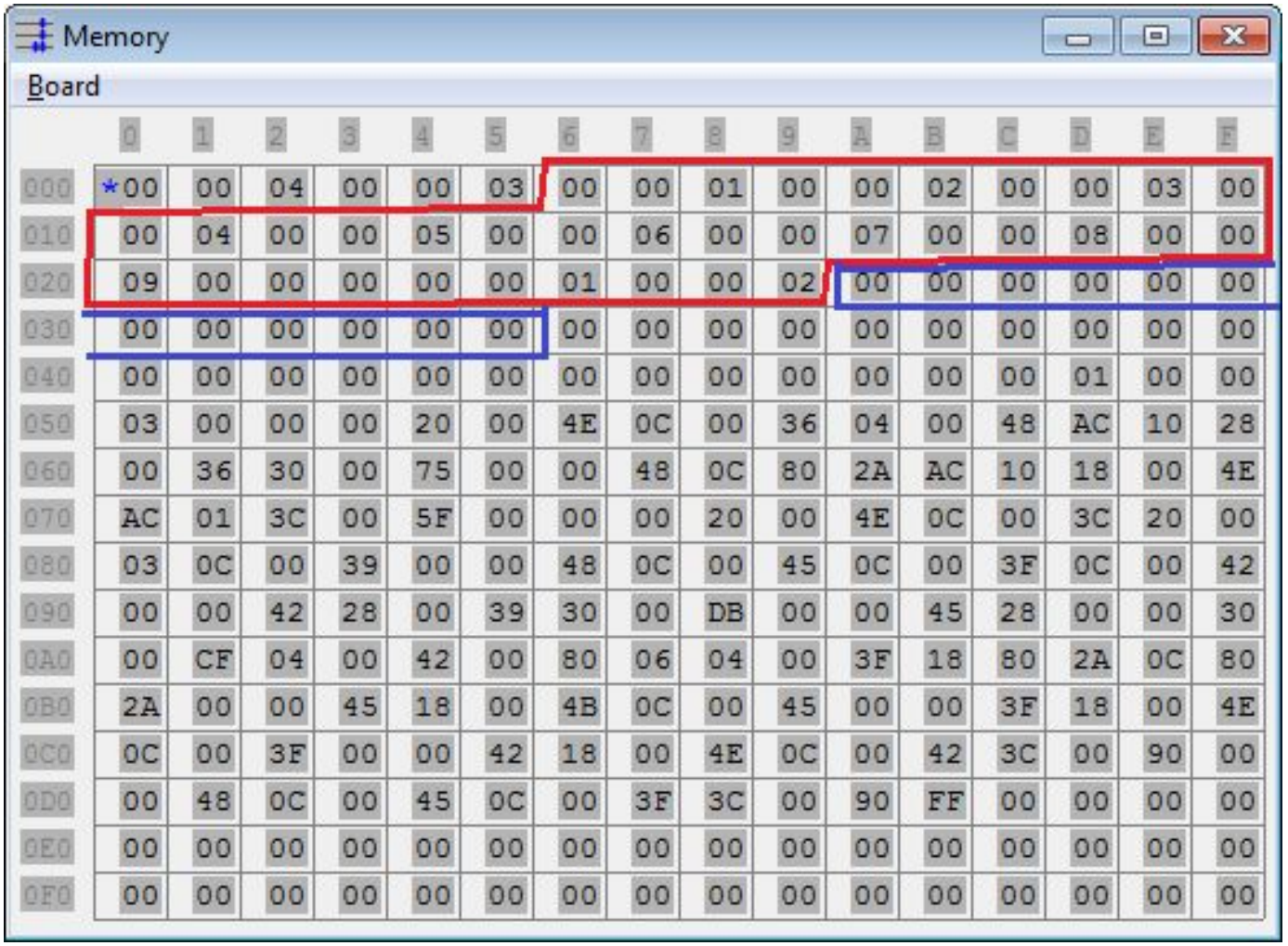
Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m

```
T 0DB FF      | p4 hlt
              |
E 051         |    end st
```

Программирование на языке Ассемблер

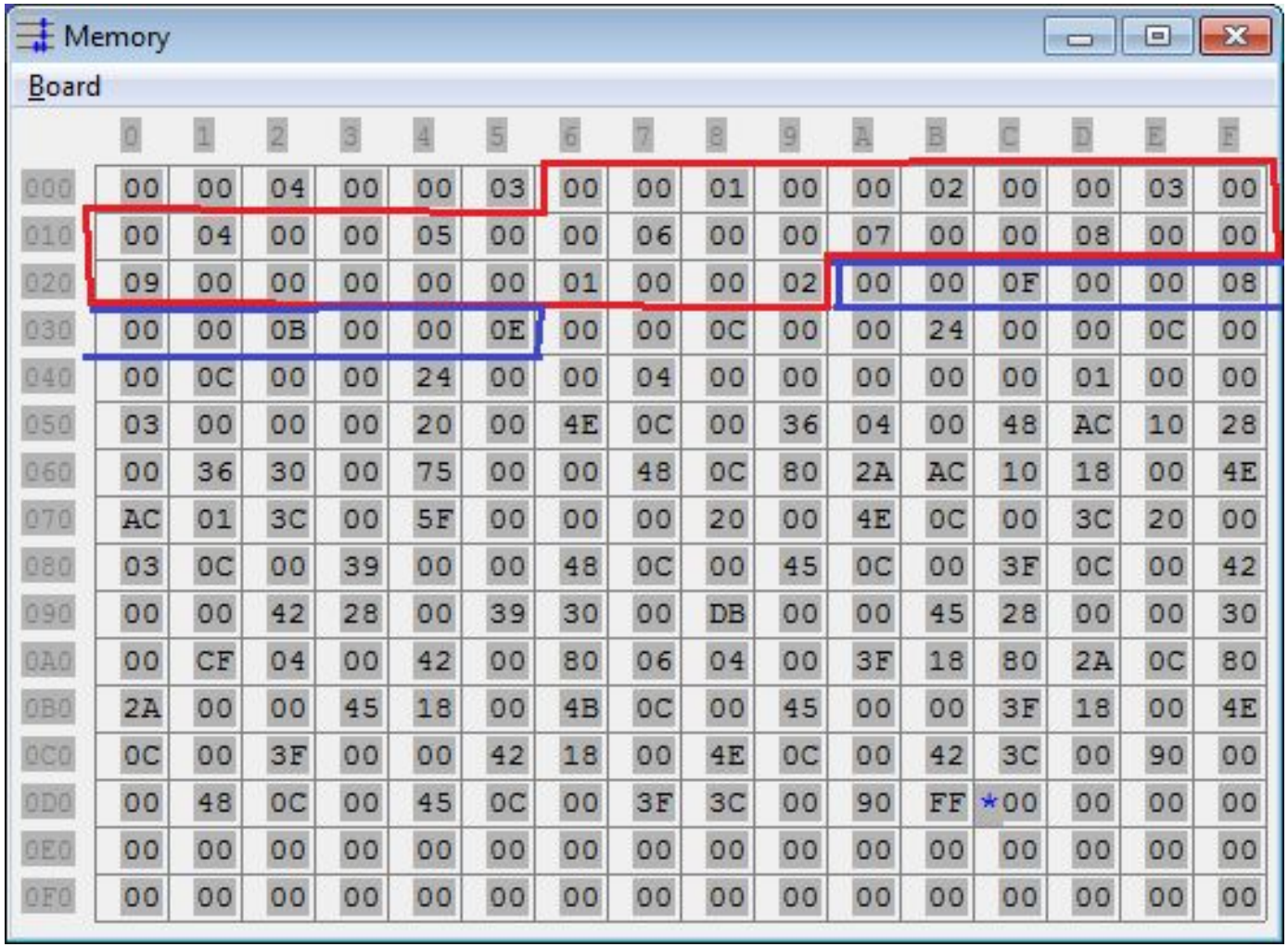
Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000	*00	00	04	00	00	03	00	00	01	00	00	02	00	00	03	00
010	00	04	00	00	05	00	00	06	00	00	07	00	00	08	00	00
020	09	00	00	00	00	00	01	00	00	02	00	00	00	00	00	00
030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	00	00
050	03	00	00	00	20	00	4E	0C	00	36	04	00	48	AC	10	28
060	00	36	30	00	75	00	00	48	0C	80	2A	AC	10	18	00	4E
070	AC	01	3C	00	5F	00	00	00	20	00	4E	0C	00	3C	20	00
080	03	0C	00	39	00	00	48	0C	00	45	0C	00	3F	0C	00	42
090	00	00	42	28	00	39	30	00	DB	00	00	45	28	00	00	30
0A0	00	CF	04	00	42	00	80	06	04	00	3F	18	80	2A	0C	80
0B0	2A	00	00	45	18	00	4B	0C	00	45	00	00	3F	18	00	4E
0C0	0C	00	3F	00	00	42	18	00	4E	0C	00	42	3C	00	90	00
0D0	00	48	0C	00	45	0C	00	3F	3C	00	90	FF	00	00	00	00
0E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Программирование на языке Ассемблер

Пример: Записать в массив n суммы элементов каждого столбца матрицы m



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000	00	00	04	00	00	03	00	00	01	00	00	02	00	00	03	00
010	00	04	00	00	05	00	00	06	00	00	07	00	00	08	00	00
020	09	00	00	00	00	00	01	00	00	02	00	00	0F	00	00	08
030	00	00	0B	00	00	0E	00	00	0C	00	00	24	00	00	0C	00
040	00	0C	00	00	24	00	00	04	00	00	00	00	00	01	00	00
050	03	00	00	00	20	00	4E	0C	00	36	04	00	48	AC	10	28
060	00	36	30	00	75	00	00	48	0C	80	2A	AC	10	18	00	4E
070	AC	01	3C	00	5F	00	00	00	20	00	4E	0C	00	3C	20	00
080	03	0C	00	39	00	00	48	0C	00	45	0C	00	3F	0C	00	42
090	00	00	42	28	00	39	30	00	DB	00	00	45	28	00	00	30
0A0	00	CF	04	00	42	00	80	06	04	00	3F	18	80	2A	0C	80
0B0	2A	00	00	45	18	00	4B	0C	00	45	00	00	3F	18	00	4E
0C0	0C	00	3F	00	00	42	18	00	4E	0C	00	42	3C	00	90	00
0D0	00	48	0C	00	45	0C	00	3F	3C	00	90	FF	*00	00	00	00
0E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00