2014

Глава 3 *Модульное программирование*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Факультет Информатика и системы управления
Кафедра Компьютерные системы и сети
Лектор: д.т.н., проф.
Иванова Галина Сергеевна

3.1 Организация передачи управления в процедуру и обратно

Процедура в ассемблере – это относительно самостоятельный фрагмент, к которому возможно обращение из разных мест программы.

На языках высокого уровня такие фрагменты оформляют соответствующим образом и называют подпрограммами: *функциями* или *процедурами* в зависимости от способа возврата результата.

Поддержка модульного принципа для ассемблера означает, что в языке существуют специальные *машинные* команды вызова подпрограммы и обратной передачи управления.

Кроме машинных команд в языке существует набор макрокоманд и директив, упрощающий работу с процедурами.

Команды вызова процедуры и возврата управления

1. Команда вызова процедуры:

CALL rel32/r32/m32 ***; вызов внутрисегментной процедуры (near - ближний)***

CALL sreg:r32/m48 ***; вызов межсегментной процедуры (far - дальний)***

2. Команда возврата управления:

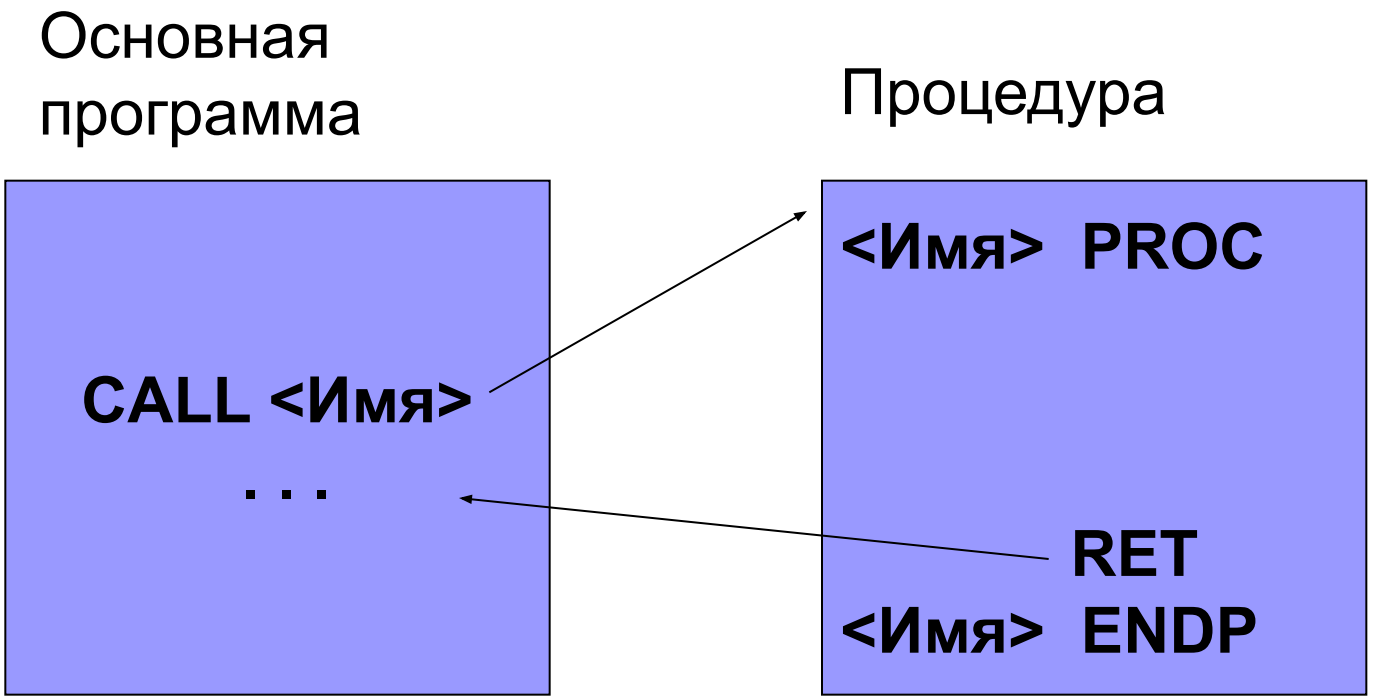
RET [<Целое>]

где <Целое> – количество байт, извлекаемых из стека при возврате управления – используется для удаления из стека параметров процедуры (см. далее).

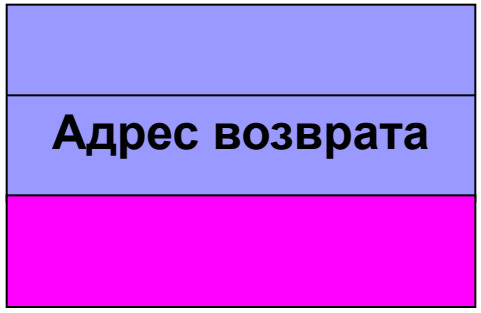
При выполнении команды вызова процедуры автоматически в стек заносится адрес команды, следующей за командой вызова процедуры, – адрес возврата.

Команда возврата управления выбирает этот адрес из стека и осуществляет переход по нему.

Организация передачи управления в процедуру



Стек



При 32 разрядной адресации размер адреса:
near – 4 байта;
far – 6 байт

Описание процедуры

В отличие от языков высокого уровня, ассемблер не требует специального оформления процедур. На любой адрес программы можно передать управление командой вызова процедуры, и оно вернется к вызвавшей процедуре, как только встретится команда возврата управления. Такая организация может привести к трудночитаемым программам, поэтому в язык Ассемблера включены директивы логического оформления процедур.

Для описания процедуры используются специальные директивы начала и завершения. В минимальной форме (при опущенных операндах) они выглядят так:

<Имя процедуры> **PROC**

<Тело процедуры>

<Имя процедуры> **ENDP**

Пример 3.1 Процедура MaxDword ()

```
            .CONST
MsgExit     DB     "Press Enter to Exit",0AH,0DH,0
            .DATA
A           DWORD   56
B           DWORD   34
            .DATA?
D           DWORD   ?
inbuf       DB     100 DUP (?)
            .CODE
Start:
            call    MaxDword ; вызов процедуры
            XOR     EAX,EAX
            Invoke StdOut,ADDR MsgExit
            Invoke StdIn,ADDR inbuf,LengthOf inbuf
            Invoke ExitProcess,0

            END     Start
```

Текст процедуры

Текст процедуры

```
MaxDword PROC
         push   EAX  ; сохранить регистр
         push   EBX  ; сохранить регистр
         lea    EBX,D; загрузить адрес результата
         mov    EAX,A; загрузить первое число в регистр
         cmp    EAX,B ; сравнить числа
         jg     con  ; если первое больше, то на запись
         mov    EAX,B; загрузить второе число в регистр
con:     mov    [EBX],EAX ; записать результат
         pop    EBX  ; восстановить регистр
         pop    EAX  ; восстановить регистр
         ret         ; вернуть управление
MaxDword ENDP
```

3.2 Передача параметров в подпрограмму

Параметры могут быть переданы в подпрограмму:

- **через регистры** – перед вызовом процедуры параметры или их адреса загружаются в регистры, также в регистрах возвращаются результаты;
- **напрямую** – с использованием механизма глобальных переменных:
  - при совместной трансляции,
  - при раздельной трансляции;
- **через таблицу адресов** – в программе создается таблица, содержащая адреса параметров, и адрес этой таблице передается в процедуру через регистр;
- **через стек** – перед вызовом процедуры параметры или их адреса заносятся в стек, после завершения процедуры они из стека удаляются.

3.2.1 Передача параметров в регистрах

Пример 3.2 а. Определение суммы двух целых чисел

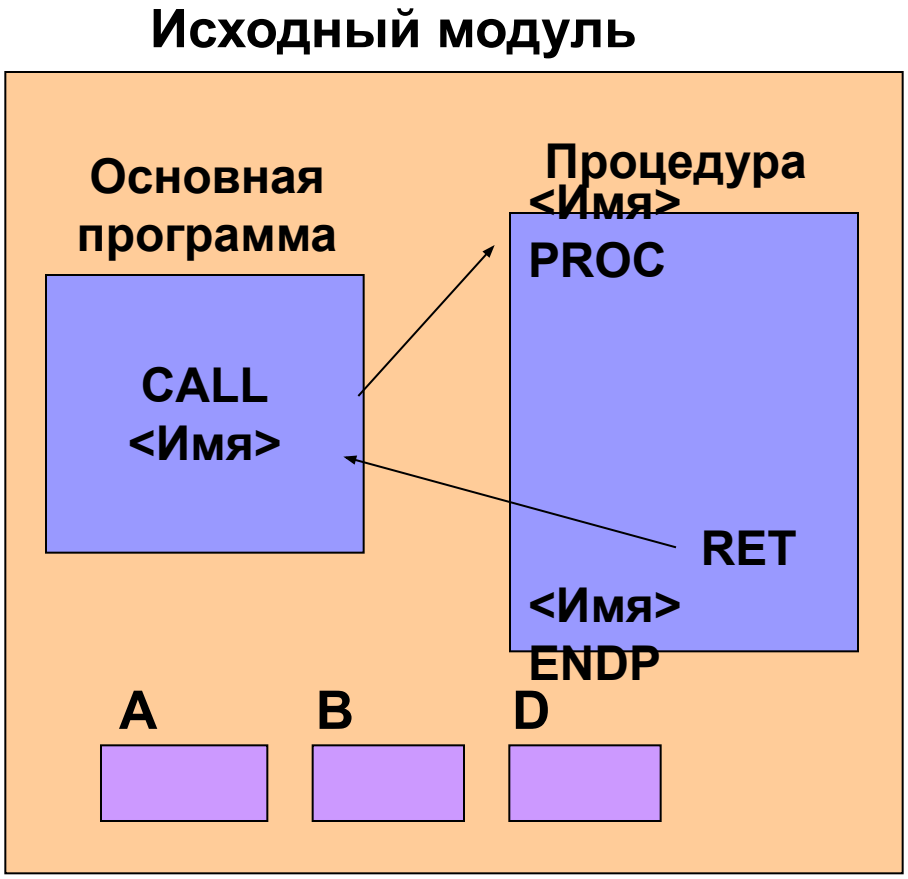
```
            .DATA
A           DWORD   56
B           DWORD   34

            .DATA?
D           DWORD   ?
inbuf       DB      100 DUP (?)

            .CODE
Start:
; Занесение параметров в регистры
            lea     EDX,D       ; адрес результата
            mov     EAX,A       ; первое число
            mov     EBX,B       ; второе число
            call    SumDword    ; вызов процедуры

            Invoke StdOut,ADDR MsgExit
            Invoke StdIn,ADDR inbuf,LengthOf inbuf
            Invoke ExitProcess,0
```

Процедура, получающая параметры в регистрах

```
SumDword PROC
         add    EAX,EBX
         mov    [EDX],EAX
         ret
SumDword ENDP

; завершение модуля
         End    Start
```

Процедуры, получающие параметры в регистрах, используется, если количество параметров невелико, и в программе на ассемблере можно найти соответствующее количество незанятых регистров.

3.2.2 Процедуры с глобальными переменными (совместная трансляция)



При совместной трансляции, когда основная программа и процедура объединены в один исходный модуль, ассемблер строит общую таблицу символических имен. Следовательно, и основная программа и процедура могут обращаться к символическим именам, объявленным в том же модуле.

Способ не технологичен:

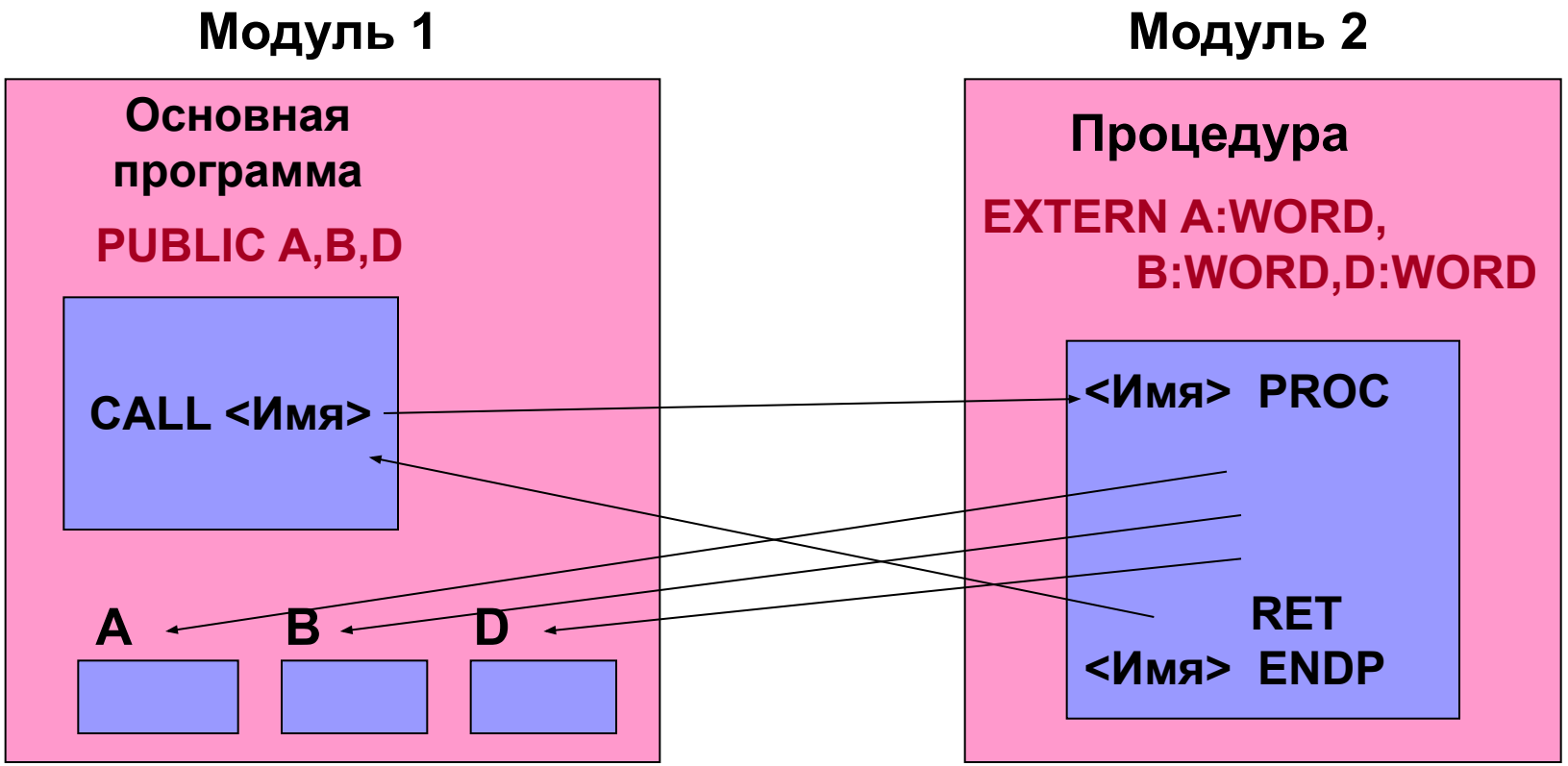
- процедуры не универсальны;
- большое количество ошибок.

Процедура, работающая с глобальными переменными при совместной трансляции

Пример 3.2 b. Определение суммы двух чисел.

```
            .DATA
A           DWORD   56   ; первое число
B           DWORD   34   ; второе число
            .DATA?
D           DWORD   ?    ; место для результата

            .CODE
Start:       call    SumDword
             . . .
SumDword    PROC
            mov     EAX,A   ; поместили в регистр 1-е число
            add     EAX,B   ; сложили со вторым
            mov     D,EAX   ; результат отправили на место
            ret
SumDword    ENDP
            End     Start
```

3.2.3 Многомодульные программы



Объединение модулей осуществляется во время компоновки программ. Программа и процедуры, размещенные в разных исходных модулях, на этапе ассемблирования «не видят» символических имен друг друга. Чтобы сделать имена видимыми за пределами модуля, их объявляют «внешними». Для этого используют директивы PUBLIC, EXTERN или EXTERNDEF.

Директивы описания глобальных переменных

Директива описания внутренних имен, к которым возможно обращение извне:

PUBLIC [<Язык>] <Имя> [, <Язык>] <Имя>...

где <Язык> – описатель, определяющий правила формирования внутренних имен (см. далее);

<Имя> – символическое имя, которое должно быть доступно (видимо) в других модулях.

Директива описания внешних имен, к которым есть обращение в этом модуле:

EXTERN [<Язык>] <Имя> [(<Псевдоним>)]:<Тип>
[,[<Язык>] <Имя> [(<Псевдоним>)]:<Тип>...

где <Тип> - NEAR, FAR, BYTE, WORD, DWORD и т.д.

Универсальная директива описания имен обоих типов – может использоваться вместо PUBLIC и EXTERN:

EXTERNDEF [<Язык>] <Имя>:<Тип>[[<Язык>] <Имя>:<Тип>]...

Основная программа при раздельной трансляции

Пример 3.2 с. Сложение двух чисел.

```
            .DATA
A           DWORD   56
B           DWORD   34

            .DATA?
D           DWORD   ?

            PUBLIC A,B,D      ; объявление внутренних имен
            EXTERN SumDword:near ; объявление внеш. имен

            .CODE
Start:      call    SumDword  ; вызов подпрограммы
            . . .
```

Процедура при раздельной трансляции

```
            .586
            .MODEL  flat, stdcall
            OPTION CASEMAP:NONE

            EXTERN A:DWORD,B:DWORD,D:DWORD

            .CODE
SumDword    PROC    c
            push    EAX
            mov     EAX,A
            add     EAX,B
            mov     D,EAX
            pop     EAX
            ret
SumDword    ENDP
            END
```

3.2.4 Передача параметров через таблицу адресов

Пример 3.2 d. Сумма элементов массива

```
            .DATA
ary         SWORD   5,6,1,7,3,4 ; массив
count       DWORD   6            ; размер массива
            .DATA?
sum         SWORD   ?            ; сумма элементов
tabl        DWORD   3 dup(?)     ; таблица адресов параметров
            EXTERN masculc:near
            .CODE
Start:
; формирование таблицы адресов параметров
            mov     tabl,offset ary
            mov     tabl+4,offset count
            mov     tabl+8,offset sum
            mov     EBX,offset tabl
            call    masculc
            . . .
```

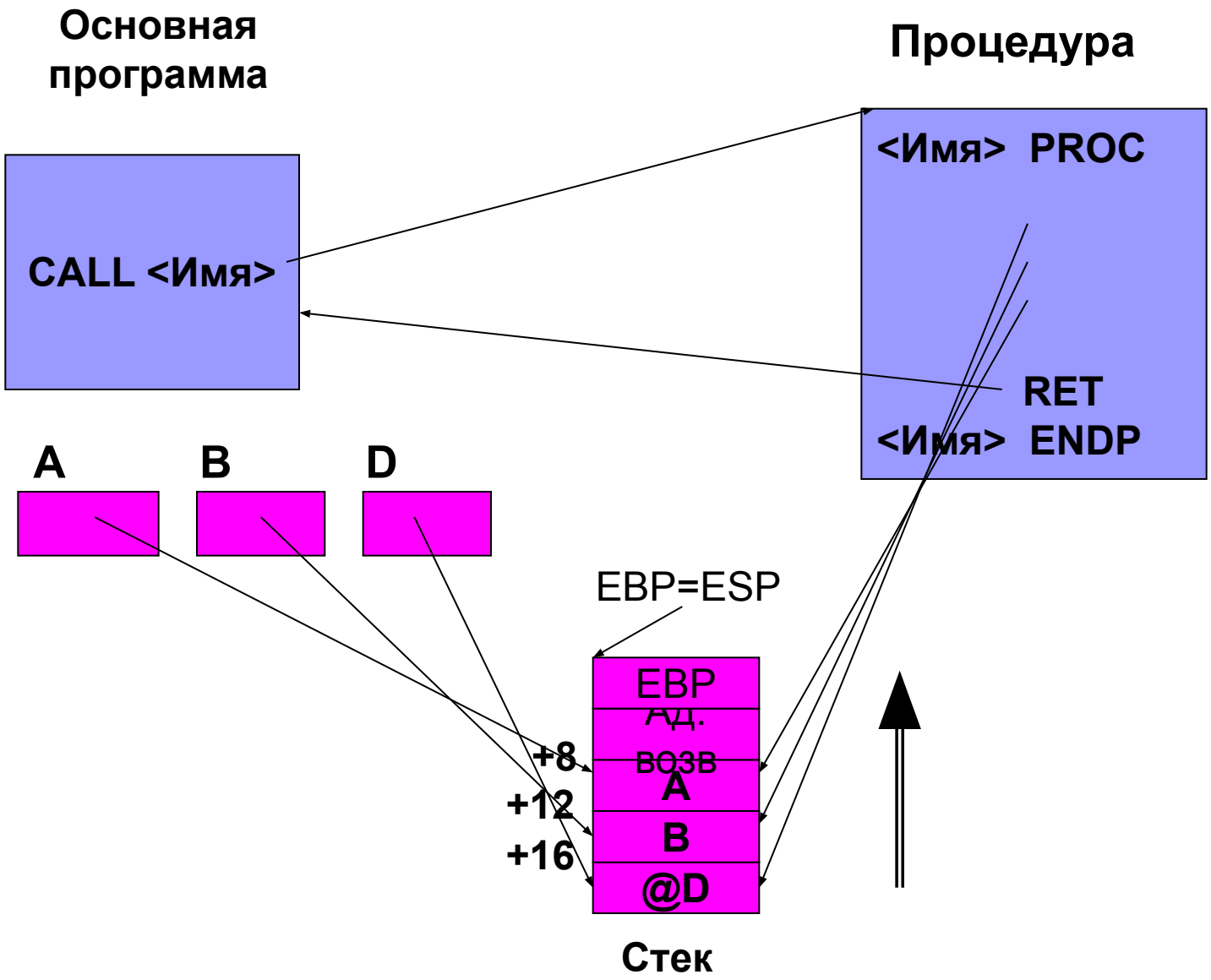
Процедура, получающая параметры через таблицу адресов

```
        .586
         .MODEL  flat, stdcall
         OPTION CASEMAP:NONE
         .CODE
masculc  proc    c
         push    AX    ; сохранение регистров
         push    ECX
         push    EDI
         push    ESI
; использование таблицы адресов параметров
         mov     ESI,[EBX]   ;адрес массива
         mov     EDI,[EBX+4];адрес размера
         mov     ECX,[EDI]   ;размер массива
         mov     EDI,[EBX+8];адрес результата
```

Процедура, получающая параметры через таблицу адресов

```
; суммирование элементов массива
          xor     AX,AX
cycl:     add     AX,[ESI]
          add     ESI,2
          loop    cycl
; формирование результатов
          mov     [EDI],AX
          pop     ESI     ; восстановление регистров
          pop     EDI
          pop     ECX
          pop     AX
          ret
masculc endp
          END
```

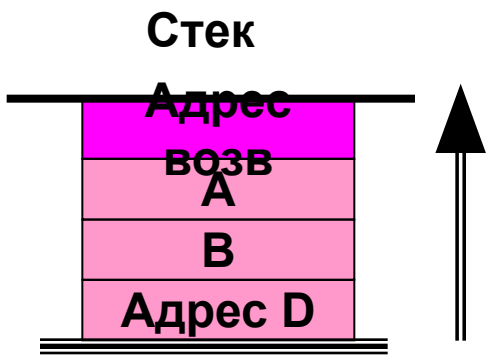
3.2.5 Передача параметров через стек



Пример 3.2 е. Максимальное из двух чисел.

```
            .DATA
A           DWORD   56
B           DWORD   34

            .DATA?
D           DWORD   ?

            .CODE
Start:
            lea     EBX,D   ; получение адреса результата
            push    EBX     ; загрузка в стек адреса результата
            push    B       ; загрузка в стек второго числа
            push    A       ; загрузка в стек первого числа

            call    MaxDword
            . . .
```

Получение управления процедурой



Исходное состояние стека

Процедура, получающая параметры через стек

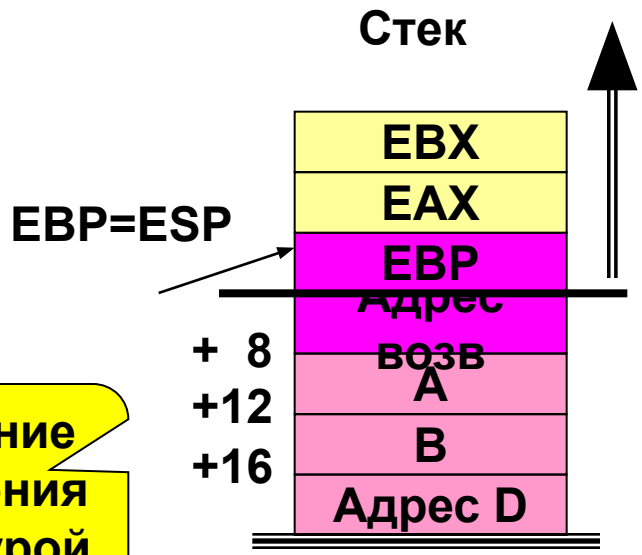
```
MaxDword PROC
        push    EBP
        mov     EBP,ESP
        push    EAX
        push    EBX
        mov     EBX,[EBP+16]  ;адрес D
        mov     EAX,[EBP+8];A
        cmp     EAX,[EBP+12];B
        jg      con
        mov     EAX,[EBP+12]
con:    mov     [EBX],EAX
        pop     EBX
        pop     EAX
        mov     ESP,EBP
        pop     EBP
        ret     12
MaxDword ENDP
```

Пролог

Получение управления процедурой

Эпилог

Удаление из стека области параметров



Исходное состояние стека

3.3 Директивы описания процедур

1. Директива заголовка процедуры:

<Имя процедуры> PROC [<Тип вызова>] [<Конвенция о связи>]
[<Доступность>]
[USES <Список используемых регистров>]
[,<Параметр> [:<Тип>]]...

Тип вызова:

far – межсегментный;

near – внутрисегментный (используется по умолчанию).

Конвенция о связи (по умолчанию используется указанная в **.MODEL**):

STDCALL – стандартные Windows;

C – принятые в языке C,

PASCAL – принятые в языке Pascal и др.

Доступность – видимость процедуры из других модулей:

public – общедоступная (используется по умолчанию);

private – внутренняя;

export – межсегментная и общедоступная.

Директивы описания процедур (2)

Список используемых регистров – содержит регистры, используемые в процедуре, для их автоматического сохранения и восстановления.

Параметр – имя параметра процедуры.

Тип – тип параметра или VARARG. Если тип не указан, то по умолчанию для 32-х разрядной адресации берется DWORD. Если указано VARARG, то вместо одного аргумента разрешается использовать список аргументов через запятую.

Пример:

```
ABC    PROC NEAR STDCALL PUBLIC USES EAX,
                    X:DWORD,Y:BYTE,H:DWORD PTR
```

Директивы описания процедур (3)

2. ***Директива описания локальных переменных:***

```
LOCAL <Имя>[[<Количество>]][:<Тип>]
                    [,<Имя>[[<Количество>]][:<Тип>]]...
```

Описывает переменные, размещаемые в стеке, т.е. локальные. Используется только в процедурах. Помещается сразу после PROC.

Пример:

```
ABC     PROC    USES EAX,X:VARARG
        LOCAL   ARRAY[20]:BYTE
          . . .
```

Директивы описания процедур (3)

3. ***Директива объявления прототипа:***

<Имя процедуры> PROTO [<Тип вызова>] [<Соглашения о связи>]
[<Доступность>]
[,<Параметр> [:<Тип>]]...

Значения параметров совпадают со значениями параметров директивы PROC. Используется для указания списка и типов параметров для директивы INVOKE.

Пример:

```
MaxDword PROTO  NEAR STDCALL PUBLIC
                     X:DWORD,Y:DWORD,ptrZ:PTR DWORD
```

или с учетом умолчаний:

```
MaxDword PROTO  X:DWORD,Y:DWORD,ptrZ:PTR DWORD
```

Директивы описания процедур (4)

4. ***Директива вызова процедуры:***

   `INVOKE` <Имя процедуры или ее `адрес`> [, <Список аргументов>]

Аргументы должны совпадать с параметрами по порядку и типу.

Типы аргументов директивы INVOKE:

- **целое значение**, например:
  27h, -128;
- **выражение целого типа, использующее операторы получения атрибутов полей данных**:
  TYPE mas, SYZEOF mas+2, OFFSET AR, (10*20);
- **регистр**, например:
  EAX, BH;
- **адрес переменной**, например:
  Ada1, var2_2;
- **адресное выражение**, например:
  4[EDI+EBX], Ada+24, ADDR AR.

Операторы получения атрибутов полей данных

ADDR <Имя поля данных> – возвращает ближний или дальний адрес переменной в зависимости от модели памяти – для Flat – ближний;

OFFSET <Имя поля данных> – возвращает смещение переменной относительно начала сегмента – для Flat совпадает с ADDR;

TYPE <Имя поля данных> – возвращает размер в байтах элемента описанных данных, например:

```
A     BYTE 34 dup (?);   // размер = 1
```

LENGTHOF <Имя поля данных> – возвращает количество элементов, заданных при определении данных, например

```
A     BYTE 34 dup (?);   // 34 элемента
```

SIZEOF <Имя поля данных> – возвращает размер поля данных в байтах;

<Тип> PTR <Имя поля данных> – изменяет тип поля данных на время выполнения команды.

Пример 3.3 Использование PROC, PROTO и INVOKE

```
MaxDword PROTO   X:DWORD,Y:DWORD,ptrZ:PTR DWORD
         .DATA
A        DWORD   56
B        DWORD   34
         .DATA?
D        DWORD   ?
         .CODE
Start:   INVOKE   MaxDword,A,B,ADDR D
         . . .
MaxDword PROC    USES EAX EBX,
                 X:DWORD, Y:DWORD, ptrZ:PTR DWORD
         mov     EBX,ptrZ
         mov     EAX,X
         cmp     EAX,Y
         jg      con
         mov     EAX,Y
con:     mov     [EBX],EAX
         ret
MaxDword ENDP
```

Уточняющий тип, определяет указатель на <тип>

3.4 Функции ввода-вывода консольного режима (MASM32.lib)

Библиотека MASM32.lib содержит специальные функции ввода вывода консольного режима:

1. Процедура ввода в консольном режиме:

   StdIn PROC lpszBuffer:DWORD, ***; буфер ввода***

   bLen:DWORD ***; размер буфера ввода до 128 байт***

2. Процедура удаления символов конца строки при вводе:

   StripLF PROC string:DWORD ***; буфер ввода***

3. Процедура вывода завершающейся нулем строки в окно консоли:

   StdOut PROC lpszText:DWORD ***; буфер вывода, зав. нулем***

4. Функция позиционирования курсора:

   locate PROC x:DWORD, y:DWORD ***; местоположение курсора, (0,0) – левый верхний угол***

5. Процедура очистки окна консоли:

   ClearScreen PROC

Пример 3.4 Программа извлечения корня квадратного

$1 = 1^2$

$1+3 = 4 = 2^2$

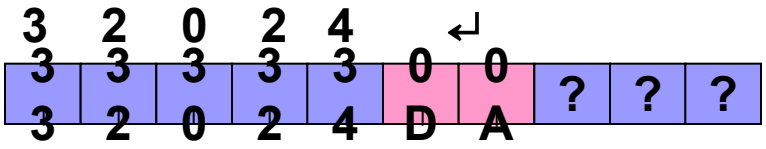
$1+3+5 = 9 = 3^2$

```
          .DATA
zap       DB    'Input value <65024:',13,10,0
string    DB    10 dup ('0')
otw       DB    13,10,'Root ='
rez       DB    '   ',13,10,0
```

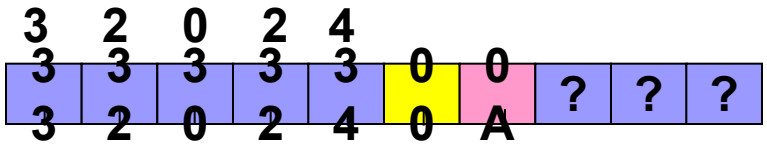
Программа извлечения корня квадратного (2)

```
            .CODE
Start:
;Ввод
vvod:       Invoke StdOut,ADDR zap ; вывод запроса
            Invoke StdIn,ADDR string,LengthOf string  ;ввод
            Invoke StripLF,ADDR string ; преобразование
  конца
                                       ; строки в ноль
```

String

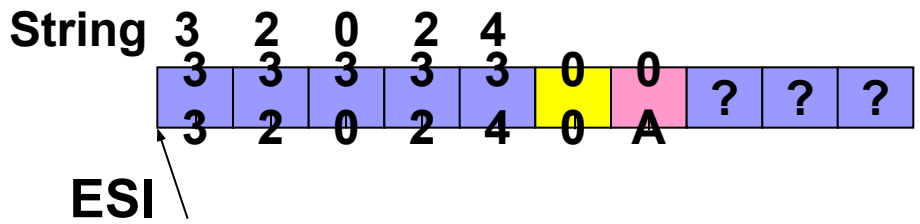


String



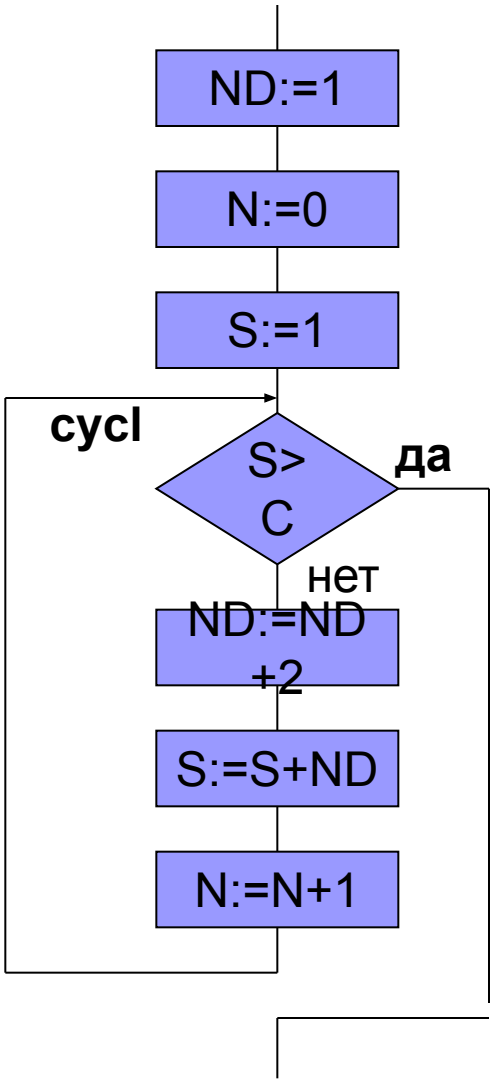
Программа извлечения корня квадратного (3)

```
;   Преобразование
            mov     BH,'9'
            mov     BL,'0'
            lea     ESI,string
            cld
            xor     DI,DI
cycle:      lodsb               ; загружаем символ
            cmp     AL,0        ; если 0, то на вычисление
            je      calc
            cmp     AL,BL       ; это цифра ?
            jb      vvod
            cmp     AL,BH
            ja      vvod
            sub     AL,30h      ; получаем цифру из символа
            cbw                 ; расширяем
            push    AX          ; сохраняем
            mov     AX,10       ; заносим 10
            mul     DI      ; умножаем, результат в DX:AX
            pop     DI          ; в DI - цифра
            add     AX,DI
            mov     DI,AX       ; в DI - число
            jmp     cycle
```



Программа извлечения корня квадратного (4)

```
;Вычисление sqrt(dx#ax)
calc:    mov    BX,1
         mov    CX,0
         mov    AX,1  ; сумма
cycle:   cmp    AX,DI
         ja     preobr
         add    BX,2
         add    AX,BX
         jc     vvod
         inc    CX
         jmp    cycle
```



Программа извлечения корня квадратного (5)

```
; Преобразование
preobr:  mov    AX,CX
         mov    EDI,2
         mov    BX,10
again:   cwd
         div    BX
         add    DL,30h
         mov    rez[EDI],DL
         dec    EDI
         cmp    AX,0
         jne    again
         Invoke StdOut,ADDR otw
```

Функции преобразования данных

1. ***Функция преобразования завершающейся нулем строки в число:***

   atol proc lpSrc:DWORD ***; результат – в EAX***

2. ***Функция преобразования строки (зав. нулем) в беззнаковое число:***

   ustr2dw proc pszString:DWORD ***; результат – в EAX***

3. ***Функция преобразования строки в число:***

   atodw proc uses edi esi, String:PTR BYTE ***; результат – в EAX***

4. ***Процедура преобразования числа в строку (16 байт):***

   ltoa proc lValue:DWORD, lpBuffer:DWORD

5. ***Процедура преобразования числа в строку:***

   dwtoa proc public uses esi edi, dwValue:DWORD, lpBuffer:PTR BYTE

6. ***Процедура преобразования беззнакового числа в строку:***

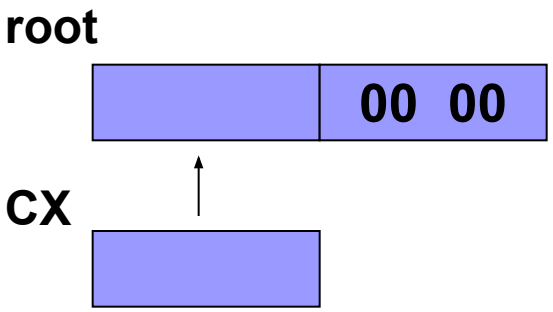
   ```
   udw2str proc dwNumber:DWORD, pszString:DWORD
   ```

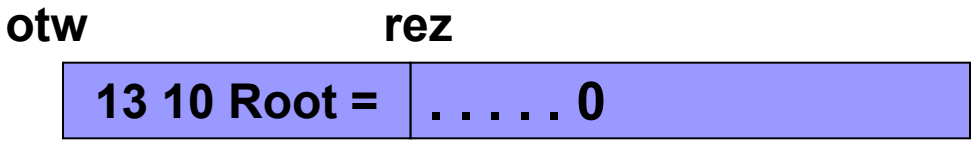
Пример 3.5 Преобразование ввода

```
            .CODE
Start:
; Ввод
vvod:       Invoke StdOut,ADDR zap
            Invoke StdIn,ADDR string,LengthOf string
            Invoke StripLF,ADDR string
; Преобразование
            Invoke atol,ADDR string ;результат в EAX
            mov    DI,AX
```

Пример 3.5 Преобразование вывода

```
; Преобразование
preobr:   mov     word ptr root,CX
          Invoke dwtoa,root,ADDR rez
; Вывод
          Invoke StdOut,ADDR otw
          . . .

          .DATA
root      DWORD 0
otw       DB    13,10,'Root ='
rez       DB    16 dup (?)
```





3.5 Создание рекурсивных процедур

Рекурсивные алгоритмы предполагают реализацию в виде процедуры, которая сама себя вызывает.

При этом необходимо обеспечить, чтобы каждый последовательный вызов процедуры не разрушал данных, полученных в результате предыдущего вызова. Для этого, каждый вызов должен запоминать свой набор параметров, регистры и все промежуточные результаты.

Для сохранения данных очередного вызова и передачи параметров следующей активации процедуры лучше использовать стек. А удобную организацию стека позволяет организовать структуры.

Структура

Структура представляет собой шаблон с описаниями форматов данных, который можно накладывать на различные участки памяти, чтобы затем обращаться к полям этих участков памяти с помощью имен, определенных в описании структуры.

Формат описания структуры:

<Имя структуры> **STRUCT**

<Описание полей>

<Имя структуры> **ENDS**

где <Описание полей> – любой набор псевдокоманд определения переменных или вложенных структур.

Пример:

```
Student  struct
        Family    db 20 dup (' ' )   ; Фамилия студента
        Name      db 15 dup(' ')     ; Имя
        Birthdata db '  /  /  '      ; Дата  рождения
Student  ends
```

Последовательность директив описывает, но не размещает в памяти структуру данных!!!

Структура (2)

Кроме того, структуры используются, когда в программе многократно повторяются сложные коллекции данных с единым строением, но с различными значениями полей. В этом случае, для создания такой структуры в памяти достаточно использовать имя структуры как псевдокоманды по шаблону:

<Имя переменной> <Имя структуры>

<<Значение поля 1>, …,<Значение поля n>>

Примеры:

```
stud1 Student <'Иванов','Петр','23/12/72'>
stud2 Student <'Сидоров','Павел','12/05/84'>
```

Для чтения или записи в элемент структуры применяется точечная нотация:

<Имя структуры>. <Имя поля>.

Пример:

```
stud1.Name[EBX]
```

Пример Ex03_06. Вычисление факториала

$$N! = \begin{cases} N*(N-1)!, & \text{при } N \neq 0 \text{ – рекурсивное утверждение;} \\ 1, & \text{при } N=0 \text{ – базисное утверждение.} \end{cases}$$

Фрейм активации включает:

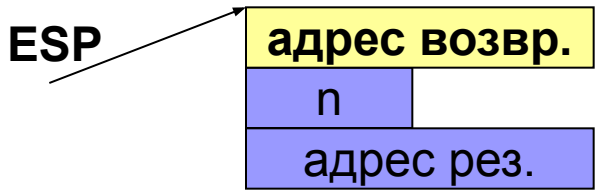
- значение регистра EBP – 4 байта,
- адрес возврата для случая ближнего вызова – 4 байта,
- число N на данном уровне рекурсии – 2 байта,
- адрес результата – 4 байта.

Для работы с фреймом опишем структуру, перечисляя поля в том порядке, в котором они будут размещаться в стеке:

```
FRAME    STRUCT
    SAVE_EBP     DD    ?
    SAVE_EIP     DD    ?
    N            DW    ?
    RESULT_ADDR  DD    ?
FRAME    ENDS
```

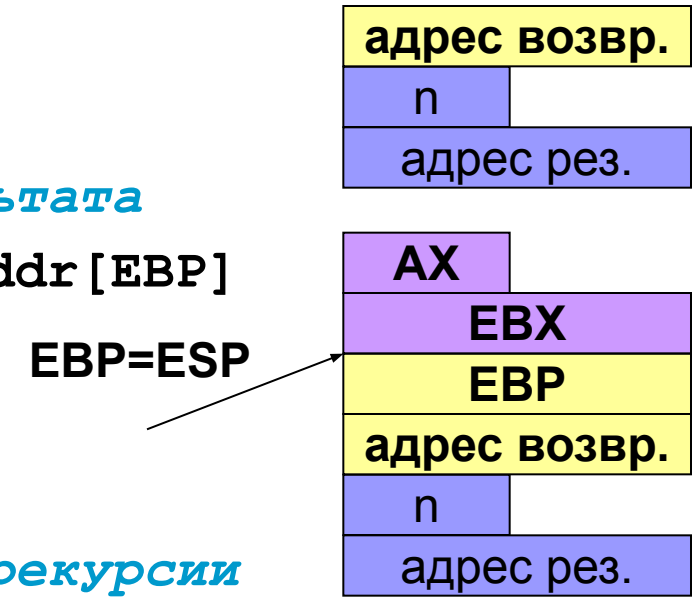
Факториал. Основная программа

```
            .DATA
n           DW      5     ;    исходное число

            .DATA?
result      DW      ?     ;   память под результат

            .CODE
Start:
            push    offset result ;запись адреса результата
            push    n                ;  запись исходного числа
            call    fact
            ...
```



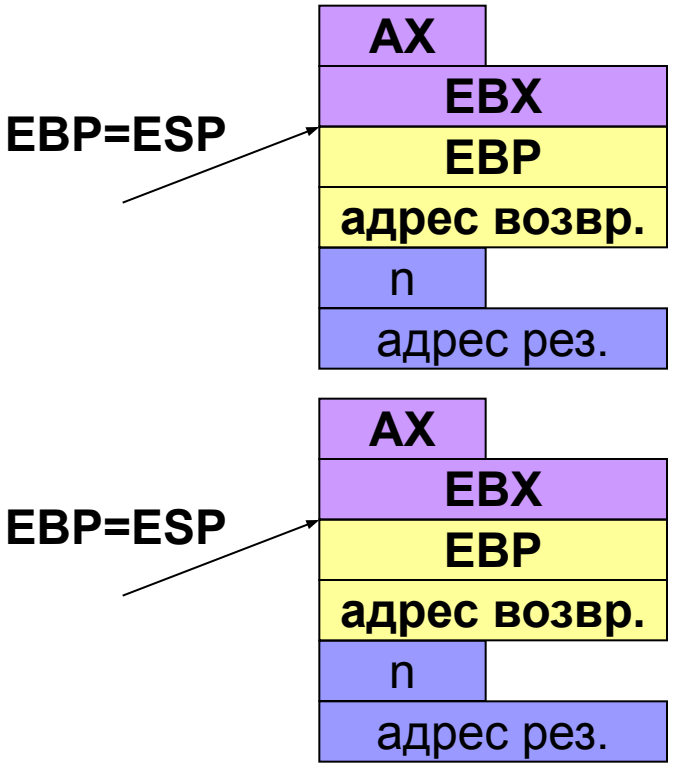
Факториал. Рекурсивная процедура

```
fact      PROC
          push    EBP
          mov     EBP,ESP
          push    EBX
          push    AX
; извлечение из стека адреса результата
          mov     EBX,FRAME.result_addr[EBP]
; извлечение из стека текущего N
          mov     AX,FRAME.n[EBP]
          cmp     AX,0
          je      done    ; выход из рекурсии
          push    EBX     ; сохранение в стеке адреса рез.
          dec     AX      ; N=N-1
          push    AX      ; сохранение в стеке очередного N
          call    fact    ; рекурсивный вызов
```



Факториал. Рекурсивная процедура (2)

```
; извлечение из стека адреса результата
        mov     EBX,FRAME.result_addr[EBP]
; вычисление результата очередной активации
        mov     AX,[EBX]
        mul     FRAME.n[EBP]
        jmp     short return
done:   mov     EAX,1
; запоминаем результат активации
return: mov     [EBX],AX
        pop     AX
        pop     EBX
        pop     EBP
        ret     6
fact    ENDP
        End     Start
```



3.6 Связь разноязыковых модулей

Основные проблемы связи разноязыковых модулей:

- осуществление совместной компоновки модулей;
- организация передачи и возврата управления;
- передача параметров:
  - с использованием глобальных переменных,
  - с использованием стека (по значению и по ссылке),
- обеспечение возврата результата функции;
- обеспечение корректного использования регистров процессора.

Конвенции о связях WINDOW's

Конвенции о связи определяют правила передачи параметров.

№	Название в MASM32	Delphi Pascal	C++Builder	Visual C++	Порядок записи пар-ров в стек	Удале-ние пар-ров из стека	Исполь-зование регист-ров
1	**PASCAL**	**pascal**	**_ _ pascal**	-	прямой	проце-дура	-
2	**C**	**cdecl**	**_ _ cdecl**	**_ _ cdecl**	обрат-ный	осн. прогр.	-
3	**STDCALL**	**stdcall**	**_ _ stdcall**	**_ _ stdcall**	обрат-ный	проце-дура	-
4	**-**	**register**	**_ _ fastcall**	**_ _ fastcall**	обрат-ный	проце-дура	до 3-х (**VC** – до 2-х)
5	**-**	**safecall**	-	-	обрат-ный	проце-дура	

Конвенции о связях WINDOW's (2)

- тип вызова: **NEAR**;
- модель памяти: **FLAT**;
- пролог и эпилог – стандартные, текст зависит от конвенции и наличия локальных переменных:
  - пролог:

```
push   EBP
movEBP,ESP
[subESP,<Размер памяти локальных переменных>]
```

  - эпилог:

```
movESP,EBP
popEBP
ret[<Размер области параметров>]
```

Конвенции о связях WINDOW's (3)

- особенности компиляции и компоновки:

Delphi	C++ Builder	Visual C++
Преобразует все строчные буквы имен в прописные	Различает прописные и строчные буквы в именах	Различает прописные и строчные буквы в именах
Не изменяет внешних имен	Помещает «_» перед внешними именами	Помещает «_» перед внешними именами
Внутреннее имя совпадает с внешним	@<имя>$q<описание параметров>	@<имя> @ <количество параметров * 4>

- можно не сохранять регистры: **EAX**, **EDX**, **ECX.**
- необходимо сохранять регистры: **EBX**, **EBP**, **ESI**, **EDI.**

3.6.1 *Delphi PASCAL – MASM32*

- в модуле на Delphi Pascal процедуры и функции, реализованные на ассемблере, должны быть объявлены и описаны как внешние **external** с указанием конвенции связи, например:

procedure ADD1 (A,B:integer; Var C:integer); pascal;external;

- модуль ассемблера предварительно ассемблируется и подключается с использованием директивы обычно – в секции реализации модуля Delphi Pascal:

{$I <Имя объектного модуля>}

Delphi PASCAL – MASM32

- совместимость часто используемых данных:

  Word – 2 байта,

  Byte, Char, Boolean – 1 байт,

  Integer, Pointer – 4 байта,

  массив – располагается в памяти по строкам,

  строка (**shortstring**) – содержит байт длины и далее символы;

- параметры передаются через стек:
  - по значению – в стеке копия значения,
  - по ссылке – в стеке указатель на параметр;
- результаты функций возвращаются через регистры:
  - байт, слово – в **AX**,
  - двойное слово, указатель – в **EAX**,
  - строка – через указатель, помещенный в стек после параметров.

Пример 3.7 Delphi PASCAL – MASM32

Описание в Delphi:

Implementation

{$l <Конвенция>.obj} **// Имя файла совпадает с конвенцией**

procedure ADD1 (A,B:integer; Var C:integer); <Конвенция>;external;

Вызов процедуры: **ADD1(A,B,C);**

Указание

Для ассемблирования установить в настройках проекта RadASM:

3,O,$B\ML.EXE /c,2 или

добавить в Turbo Delphi инструмент (меню **Tools/Configure tools/Add**), назначив в качестве инструмента программу-ассемблер ml.exe:

Title: **Masm32** - название;

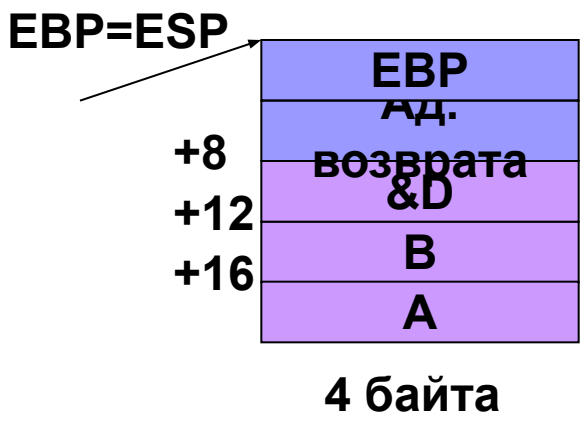
Program: **C:\masm32\bin\ml.exe** - путь и ассемблер;

Working Dir: - пусто (текущий каталог);

Parameters: **/c /Fl $EDNAME** - текущий файл редактора среды, ассемблирование и листинг

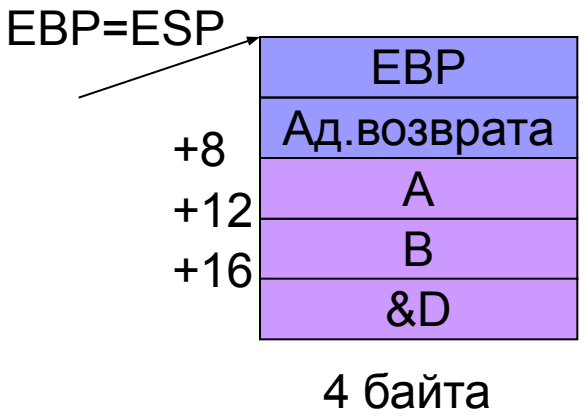
Пример 3.7 Конвенция PASCAL

```
    .586
    .model   flat
    .code
    public   ADD1
ADD1   proc
    push     EBP
    mov   EBP,ESP
    mov   EAX,[EBP+16]
    add   EAX,[EBP+12]
    mov      EDX,[EBP+8]
    mov   [EDX],EAX
    pop   EBP
    ret   12
ADD1   endp
    end
```



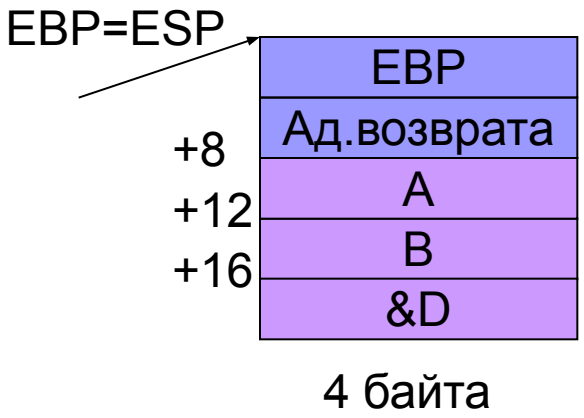
Пример 3.7 Конвенция cdecl

```
    .586
    .model  flat
    .code
   public  ADD1
ADD1  proc
   push    EBP
   mov  EBP,ESP
   mov  EAX,[EBP+8]
   add  EAX,[EBP+12]
   mov     EDX,[EBP+16]
   mov  [EDX],EAX
   pop  EBP
   ret
ADD1  endp
   end
```



Пример 3.7 Конвенция stdcall (safecall = stdcall + исключение при ошибке)

```
    .586
    .model  flat
    .code
    public  ADD1
ADD1  proc
    push    EBP
    mov  EBP,ESP
    mov  EAX,[EBP+8]
    add  EAX,[EBP+12]
    mov     EDX,[EBP+16]
    mov  [EDX],EAX
    pop  EBP
    ret  12
ADD1  endp
    end
```

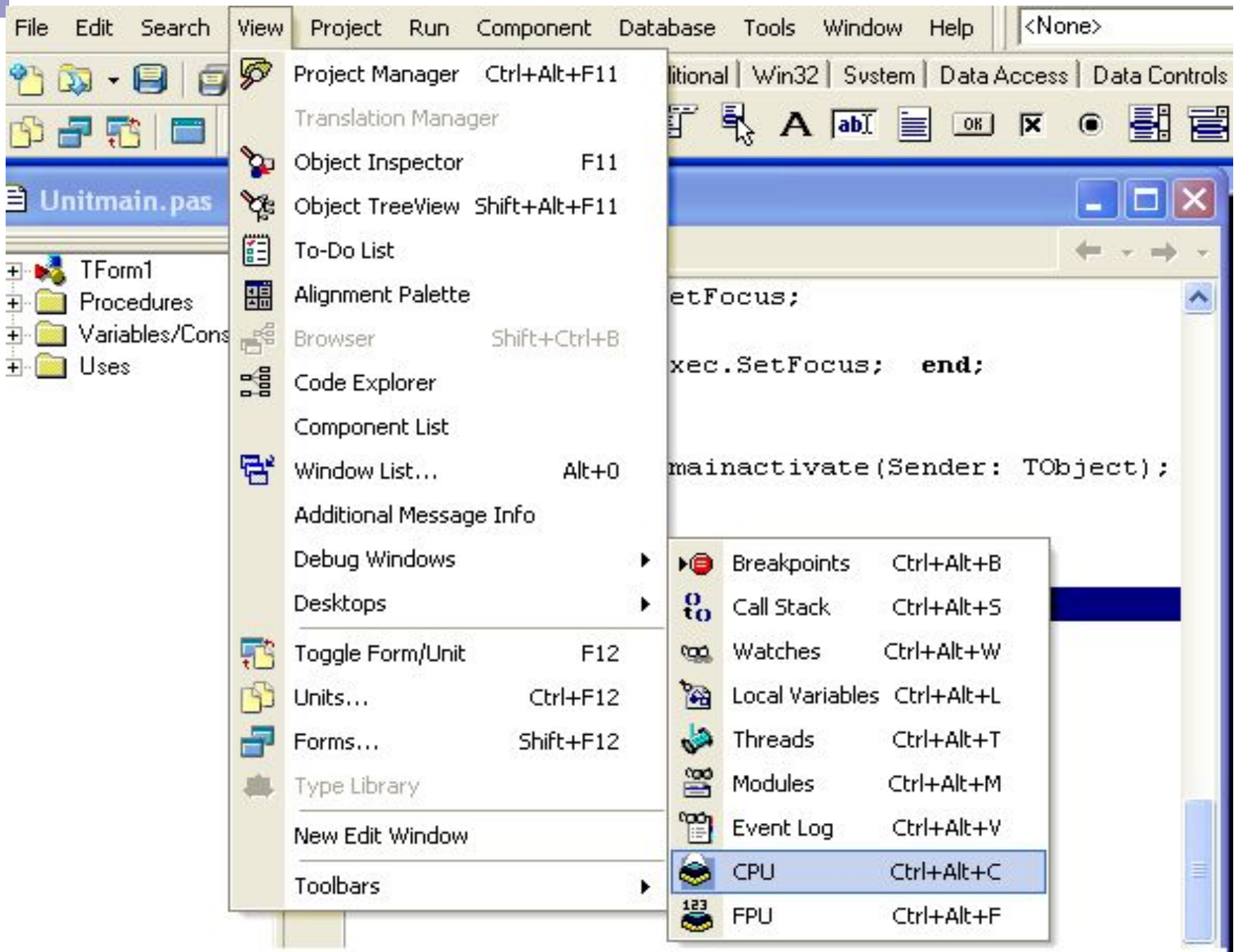


Пример 3.7 Конвенция register

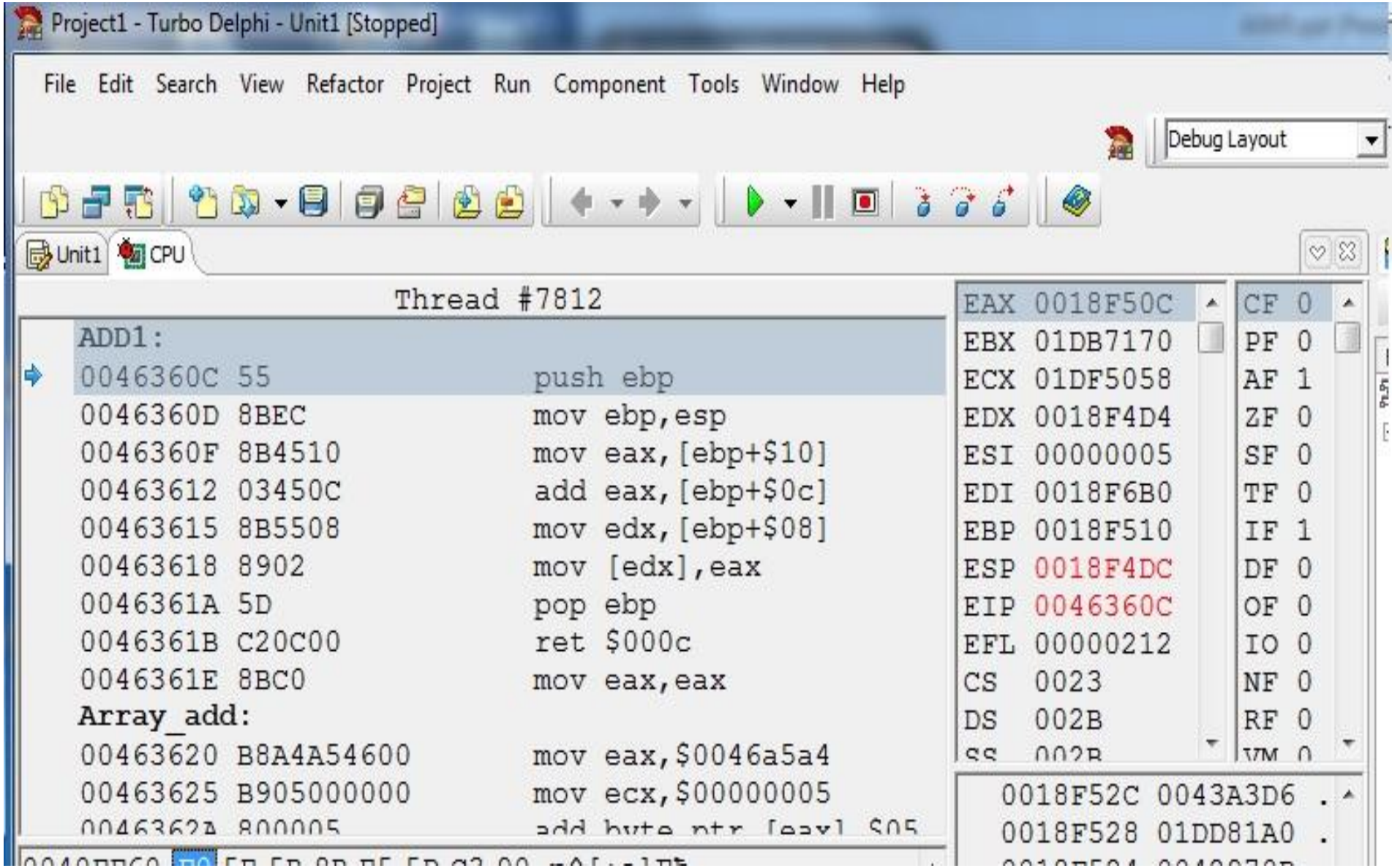
```
    .586
    .model   flat
    .code
    public   ADD1
ADD1   proc
    add   EDX,EAX
    mov   ECX],EDX
    ret
ADD1   endp
    end
```

1-й параметр A в EAX;
2-й параметр B в EDX;
3-й параметр &C в ECX
остальные параметры
в обратном порядке в
стеке

Ад.возврата


File Edit Search View Project Run Component Database Tools Window Help
<None>
Win32 System Data Access Data Controls
Unitmain.pas
TForm1
Procedures
Variables/Cons
Uses
Project Manager Ctrl+Alt+F11
Translation Manager
Object Inspector F11
Object TreeView Shift+Alt+F11
To-Do List
Alignment Palette
Browser Shift+Ctrl+B
Code Explorer
Component List
Window List... Alt+0
Additional Message Info
Debug Windows
Desktops
Toggle Form/Unit F12
Units... Ctrl+F12
Forms... Shift+F12
Type Library
New Edit Window
Toolbars
Breakpoints Ctrl+Alt+B
Call Stack Ctrl+Alt+S
Watches Ctrl+Alt+W
Local Variables Ctrl+Alt+L
Threads Ctrl+Alt+T
Modules Ctrl+Alt+M
Event Log Ctrl+Alt+V
CPU Ctrl+Alt+C
FPU Ctrl+Alt+F
etFocus;
xec.SetFocus; end;
mainactivate(Sender: TObject);

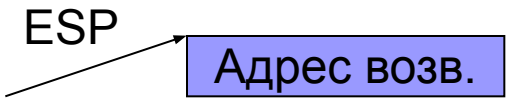
Окно CPU


Project1 - Turbo Delphi - Unit1 [Stopped]
File Edit Search View Refactor Project Run Component Tools Window Help
Debug Layout
Unit1
CPU
Thread #7812
ADD1:
0046360C 55 push ebp
0046360D 8BEC mov ebp,esp
0046360F 8B4510 mov eax,[ebp+$10]
00463612 03450C add eax,[ebp+$0c]
00463615 8B5508 mov edx,[ebp+$08]
00463618 8902 mov [edx],eax
0046361A 5D pop ebp
0046361B C20C00 ret $000c
0046361E 8BC0 mov eax,eax
Array_add:
00463620 B8A4A54600 mov eax,$0046a5a4
00463625 B905000000 mov ecx,$00000005
EAX 0018F50C
EBX 01DB7170
ECX 01DF5058
EDX 0018F4D4
ESI 00000005
EDI 0018F6B0
EBP 0018F510
ESP 0018F4DC
EIP 0046360C
EFL 00000212
CS 0023
DS 002B
CF 0
PF 0
AF 1
ZF 0
SF 0
TF 0
IF 1
DF 0
OF 0
IO 0
NF 0
RF 0
0018F52C 0043A3D6
0018F528 01DD81A0

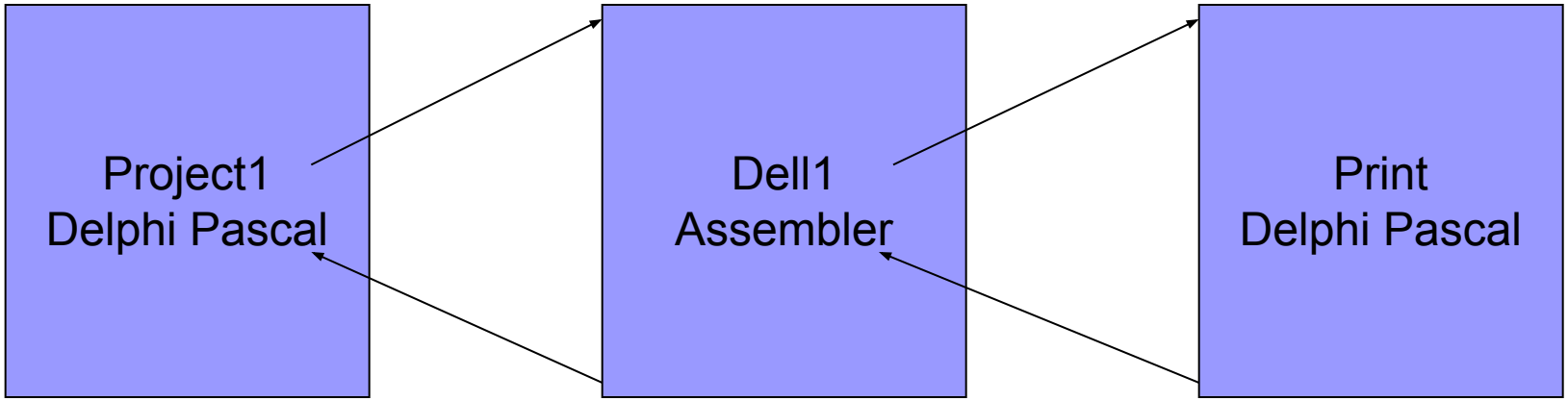
Пример 3.7 Процедура без параметров

Увеличение каждого элемента массива A на 5

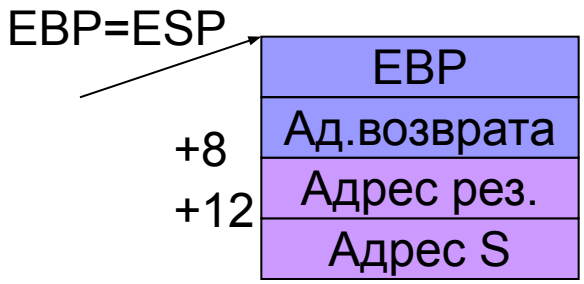
```
procedure Array_add;pascal;external;

            .586
            .MODEL flat
            .DATA
            EXTERNDEF A:SBYTE; описание внешнего имени
            .CODE
            PUBLIC Array_add
Array_add   proc
            mov   eax,offset A    ; обращение к массиву A
            mov   ecx,5
cycl:       add   byte ptr 0[eax],5
            inc   eax
            loop cycl
            ret
Array_add   endp
            end
```

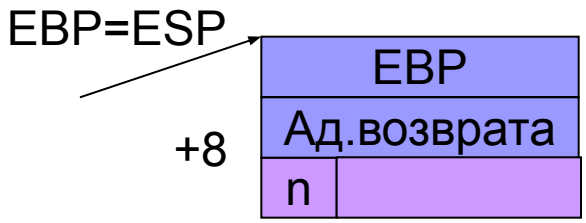


Пример 3.7 Pascal – Assembler - Pascal



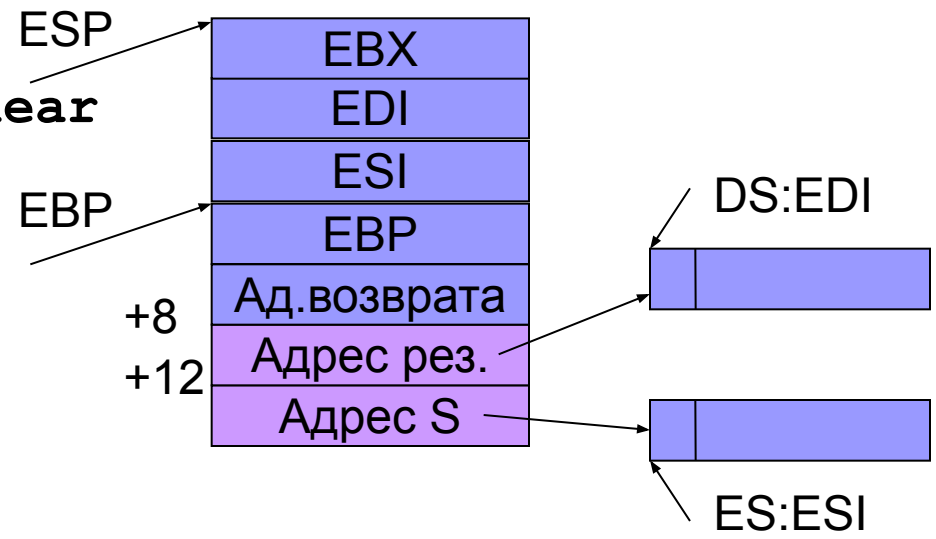

```
implementation
{$L string.obj}
function Dell1(S:ShortString):
      ShortString;pascal;external;

procedure Print(n:byte);pascal;
begin
   Form1.Edit3.text:=inttostr(n);
end;
```





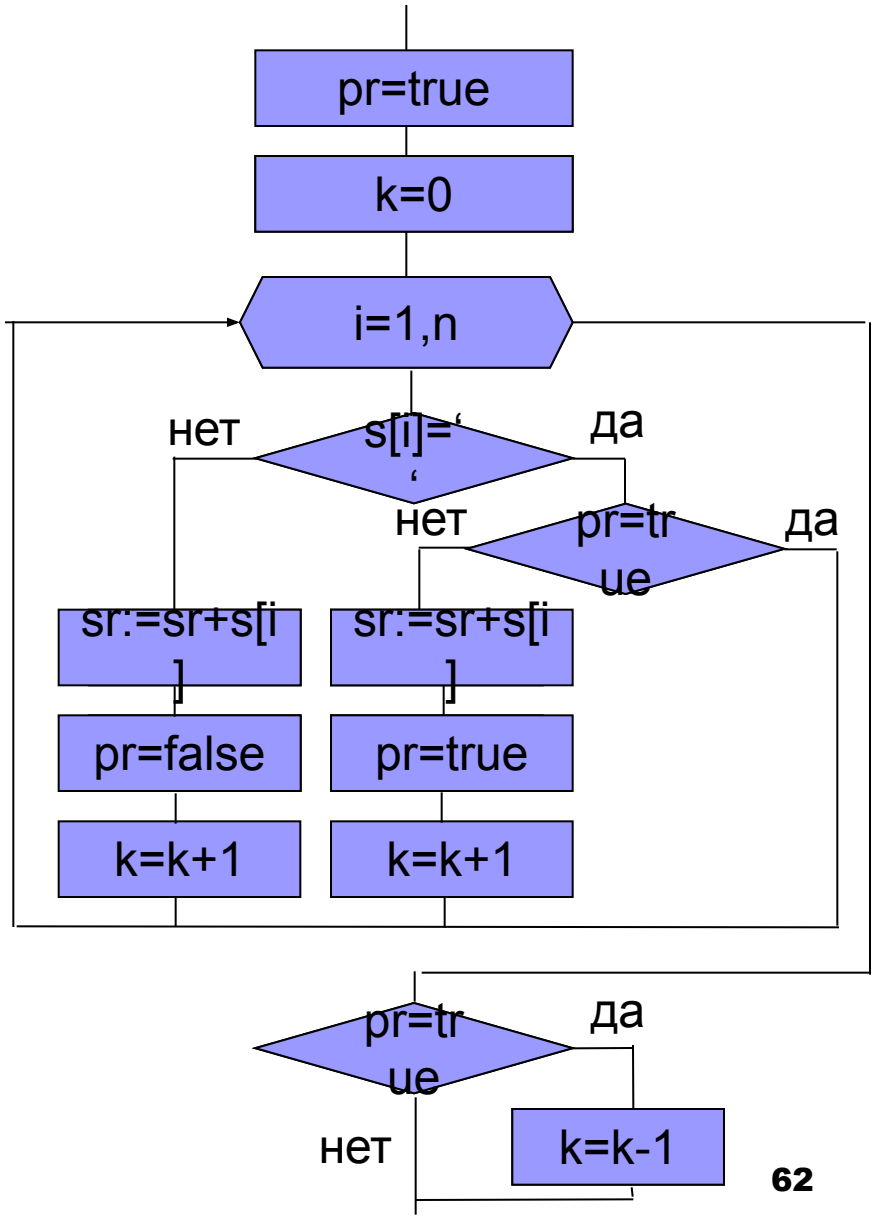
Пример 3.7 Pascal – Assembler – Pascal (2)

```
          .586
          .MODEL flat
          .CODE
          PUBLIC Dell1
          EXTERNDEF  Print:near
Dell1     PROC
          push    EBP
          mov     EBP,ESP
          push    ESI
          push    EDI
          push    EBX
          mov     ESI,[EBP+12]  ; адрес исходной строки
          mov     EDI,[EBP+8]   ; адрес строки-результата
          xor     ECX,ECX
          mov     CL,[ESI]      ; загрузка длины строки
          inc     ESI
          inc     EDI
```



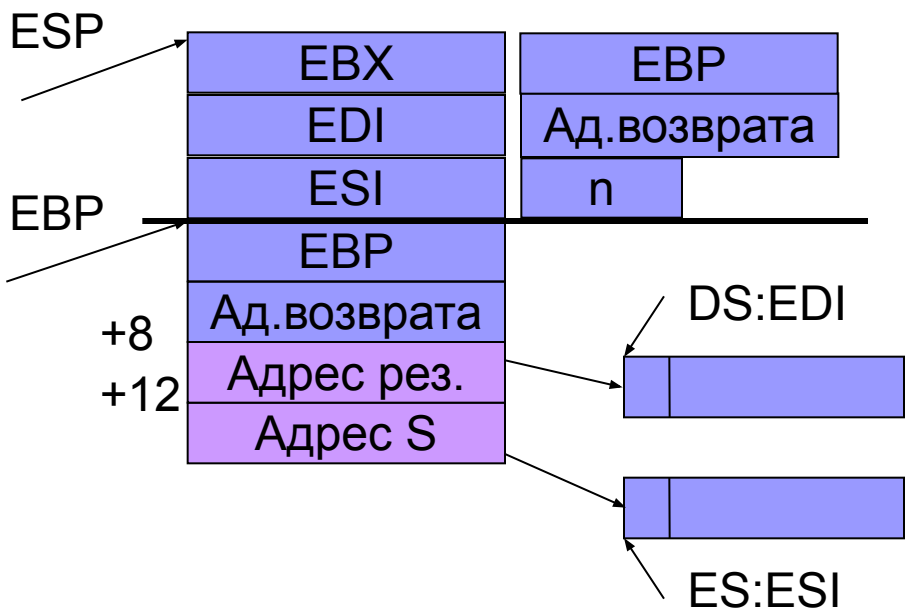
Пример 3.7 Pascal – Assembler – Pascal (3)

```
            mov     DL,0
            jcxz    prod3
            mov     BX,1
            cld
cycl1:      lodsb
            cmp     AL,' '
            je      prod1
            mov     BX,0
            inc     DL
            stosb
            jmp     prod2
prod1:      cmp     BX,1
            je      prod2
            mov     BX,1
            inc     DL
            stosb
prod2:      loop    cycl1
```



Пример 3.7 Pascal – Assembler – Pascal (4)

```
          cmp    DL,0
          je     prod3
          cmp    BX,1
          jne    prod3
          dec    DL
prod3:    mov    AL,DL
          mov    EDI,[EBP+8]
          stosb
          pop    EBX
          pop    EDI
          pop    ESI
          push   AX
          call   Print
          mov    ESP,EBP
          pop    EBP
          ret    8
Dell1     endp
          end
```

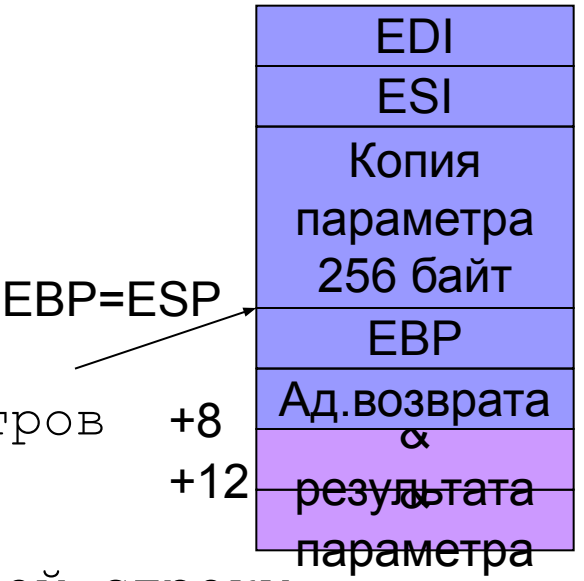


Дисассемблер функции копирования строки

Function Dell(S:ShortString):ShortString; pascal;

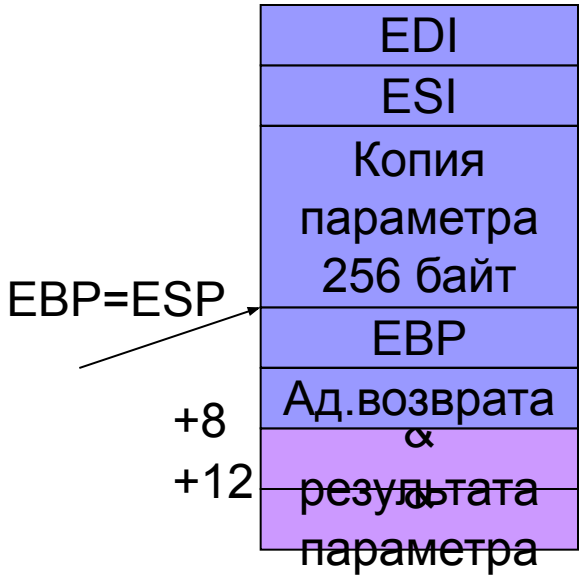
Begin Result:=S; End;

```
push   EBP          ┐   пролог
mov    EBP,ESP      ┘
add    ESP,$FFFF FF00; лок.память
push   ESI          ┐   сохранение регистров
push   EDI          ┘
mov    ESI,[EBP+$C];    адрес исходной строки
lea EDI,[EBP-$0000 0100] ; строка-буфер
xor ECX,ECX         ┐   установка счетчика
mov CL,[ESI]        ┘
inc ECX                  ; учет байт длины
rep movsb                ; копирование строки-параметра
```



Дисассемблер функции копирования строки (2)

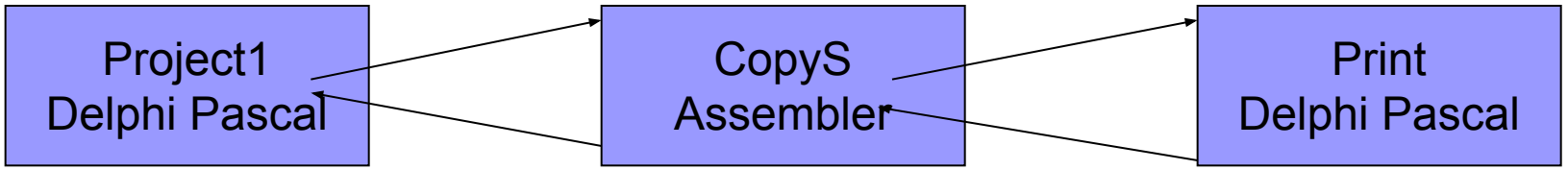
```
mov   EAX,[EBP+8]
lea   EDX,[EBP-$100]   } вызов процедуры копирования
call  @PStrCpy         }
pop   EDI              } восстановление регистров
pop   ESI              }
mov   ESP,EBP          } эпилог
pop   EBP              }
ret   8                }
```



Локальные данные подпрограмм

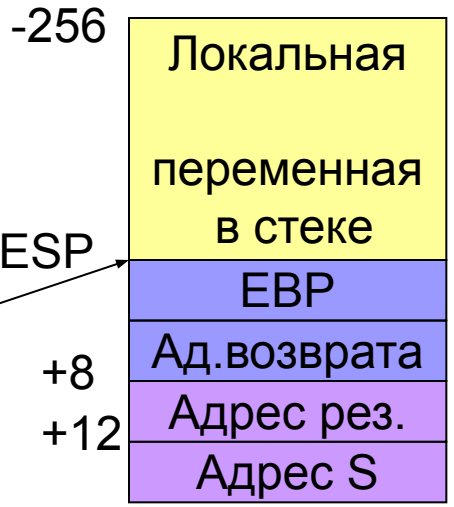
Паскаль не позволяет создавать в подпрограммах глобальные переменные, поэтому в подпрограммах работают с локальными данными, размещаемыми в стеке.

Пример 3.13. Организация локальных переменных без использования директив ассемблера



Подпрограмма на ассемблере:

- получает строку,
- копирует в локальную память,
- затем копирует из лок. памяти в результат,
- вызывает Паскаль для вывода длины строки.



Пример 3.13. Организация локальных переменных

```
implementation
{$L Copy}
{$R *.dfm}
function
   CopyS(St:ShortString):ShortString;pascal;external;

procedure Print(n:integer);pascal;
begin Form1.Edit3.Text:=inttostr(n);end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
Var S,St:ShortString;
begin St:=Edit1.Text;
      S:=CopyS(St);
      Edit2.Text:=S;
end;
```

Пример 3.13а. Без использования директив

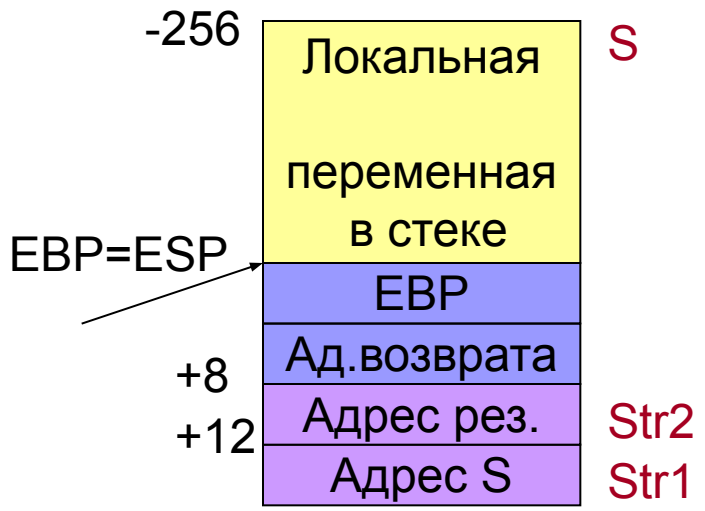
```
            .586
            .MODEL  flat
A           STRUCT                      ; объявляем структуру
  S         BYTE    256 DUP (?)       ; лок. переменная
A           ENDS                        ; завершение структуры
           .CODE
            public   CopyS
            externdef    Print:near
CopyS       proc
            push      EBP          ; сохранение EBP
            mov       EBP,ESP      ; загрузка нового EBP
            sub       ESP,260  ; место под лок. переменные
            push      ESI          ; сохранение регистров
            push      EDI
            mov       ESI,[EBP+12]      ; адрес параметра
            lea       EDI,A.S[EBP-256];обращение к лок.п.
            xor       EAX,EAX
            lodsb                    ; загрузка длины строки
          stosb                   ; сохранение длины строки
```

Пример 3.13а. Без использования директив

```
        mov     ECX,EAX     ; загрузка счетчика
        cld
    rep movsb               ; копирование строки
        lea     ESI,A.S[EBP-256] ; загрузка адр.копии
        mov     EDI,[EBP+8]  ; загрузка адр. рез-та
    lodsb          ; загрузка длины строки
        stosb          ; сохранение длины строки
        mov     ECX,EAX     ; загрузка счетчика
     rep movsb              ; копирование строки
        pop     EDI         ; восстановление регистров
        pop     ESI
        push    EAX         ; сохранение длины строки
        call    Print       ; вывод длины строки
        mov     ESP,EBP     ; удаление лок. переменных
        pop     EBP         ; восстан. старого EBP
        ret     8           ; выход и удал. параметров
CopyS   endp
        end
```

Пример 3.13б. С помощью директив

```
        .CODE
         public    CopyS
        externdef     Print:near
CopyS   PROC      NEAR PASCAL PUBLIC USES ESI EDI,
                  Str1:PTR DWORD,Str2:PTR DWORD
        LOCAL     S[256]:byte
; Копируем строку в локальную память
         mov      ESI,Str1
         lea      EDI,S
         xor      EAX,EAX
         lodsb
         stosb
         mov      ECX,EAX
         cld
      rep movsb
```



Пример 3.13б. С помощью директив

```
; Копируем строку в результат
            lea       ESI,S
            mov       EDI,Str2
          lodsb
            stosb
            mov       ECX,EAX
           rep movsb
; Выводим длину строки
            push      EAX
            call      Print

            ret
CopyS       endp
            end
```

3.6.2 *C++ Builder – MASM32*

- в модуле на C++ Builder процедуры и функции, реализованные на ассемблере, должны быть объявлены и описаны как внешние **extern** с указанием конвенции связи, например:

  extern void __pascal add1(int a,int b,int *c);

- модуль ассемблера предварительно ассемблируется и подключается с использованием директивы USEOBJ к файлу реализации проекта Project1.cpp:

  USEOBJ (“<Имя модуля>.obj”);

Пример 3.8 C++ Builder – MASM32

- в модуле на C++ процедуры и функции, реализованные на ассемблере, должны быть объявлены и описаны как внешние extern с указанием конвенции связи, например:

  extern void <Конвенция> add1(int a,int b,int *c);

- при выполнении ассемблирования должны быть использованы опции:
  - для Masm32: **`ml /coff /c add1.asm`**
  - для Tasm 5.0: **`tasm32 /ml add1.asm`**

- объектный модуль необходимо подключить к проекту Project1.cpp, используя директиву USEOBJ:

  USEOBJ (“asm1.obj”);

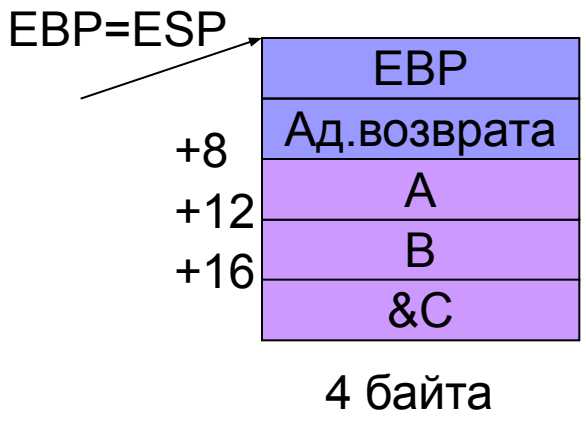
- вызов процедуры должен осуществляться по правилам C++:

  add1(a,b,&c);

Пример 3.8 Конвенция cdecl

```
extern void __cdecl ADD1(int a,int b,int *c);
```

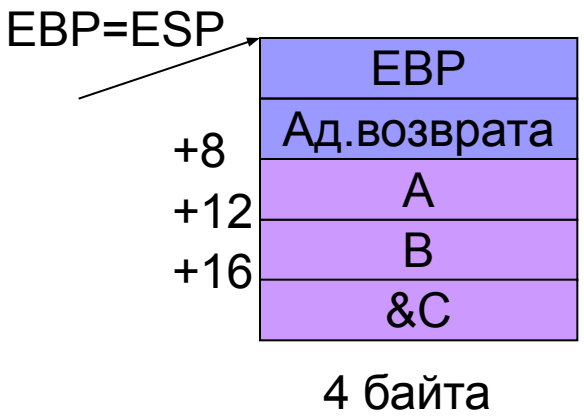
```
    .586
    .model   flat
    .code
    public   @add1$qiipi
@add1$qiipi proc
    push     EBP
    mov   EBP,ESP
    mov   EAX,[EBP+8]
    add   EAX,[EBP+12]
    mov      EDX,[EBP+16]
    mov   [EDX],EAX
    pop   EBP
    ret
@add1$qiipi endp
    end
```



Пример 3.8 Конвенция cdecl + «C»

```
extern "C" void __cdecl ADD1(int a,int b,int *c);
```

```
    .586
    .model   flat
    .code
    public   _ADD1
_ADD1 proc
    push     EBP
    mov   EBP,ESP
    mov   EAX,[EBP+8]
    add   EAX,[EBP+12]
    mov      EDX,[EBP+16]
    mov   [EDX],EAX
    pop   EBP
    ret
_ADD1 endp
    end
```



3.6.3 *Visual C++ – MASM32*

- в модуле на Visual C++ подключаемые процедуры и функции должны быть объявлены как внешние **extern** с указанием конвенции связи, например:

```
extern void __pascal add1(int a,int b,int *c);
```

- при ассемблировании должны быть использованы опции:
  - для Masm32: **`ml /coff /c add1.asm`**
  - для Tasm 5.0: **`tasm32 /ml add1.asm`**

  если ассемблирование выполняется в Visual Studio, то необходимо добавить внешний инструмент **Tools\External Tools…\Add**:

`Title:`	**`Masm32`**
`Command:`	**`C:\masm32\bin\ml.exe`**
`Arguments:`	**`/coff /c /Fl $(ItemPath)`**
`Initial directory:`	**`$(ItemDir)`**

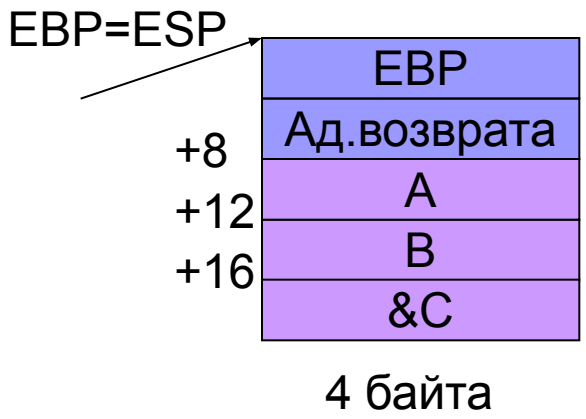
- файл с расширением `.obj` необходимо подключить к проекту посредством пункта меню **Project/Add existing item…**
- вызов процедуры должен оформляться по правилам C++, например:

```
add1(a,b,&c);
```

Пример 3.9 Конвенция _ _cdecl

```
extern "C" void _cdecl add1(int a,int b,int *c);
```

```
    .586
    .model   flat
    .code
    public   _add1
_add1 proc
    push     EBP
    mov   EBP,ESP
    mov   EAX,[EBP+8]
    add   EAX,[EBP+12]
    mov      EDX,[EBP+16]
    mov   [EDX],EAX
    pop   EBP
    ret
_add1 endp
    end
```



Пример 3.10 Объявление внешних переменных

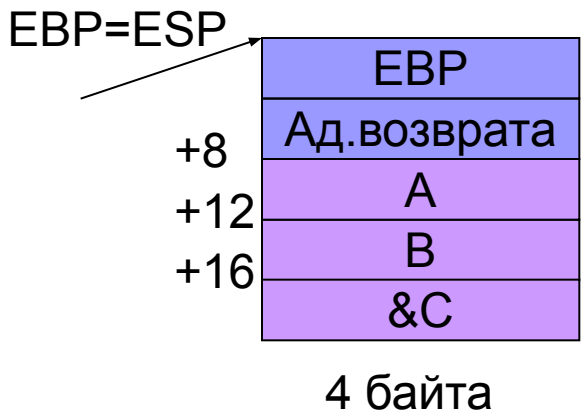
```
#include "stdafx.h"
#include <stdio.h>
#include <conio.h>

extern "C" void __cdecl ADD1(int a,int b);
extern int d;
int main()
{ int a,b;
    printf("Input a and b:\n");
    scanf("%d %d",&a,&b);
    ADD1(a,b);
    printf("d=%d.",d);
    getch();
    return 0;
};
```

Объявление внешних переменных в процедуре на ассемблере

```
    .586
    .model  flat
        .data
       public ?d@@3HA
?d@@3HA DD      ?
    .code
    public  _ADD1
_ADD1 proc
    push  EBP
    mov  EBP,ESP
    mov  EAX,[EBP+8]
    add  EAX,[EBP+12]
    mov  ?d@@3HA,EAX
    pop  EBP
    ret
_ADD1 endp
    end
```

Пример 3.11 Конвенция _ _stdcall

```
extern "C" void __stdcall ADD1(int a,int b,int *c);

        .386
        .model  flat
        .code
        public ?ADD1@@YGXHHPAH@Z
?ADD1@@YGXHHPAH@Z proc
        push EBP
        mov  EBP,ESP
        mov  ECX,[EBP+8]
        add  ECX,[EBP+12]
        mov  EAX,[EBP+16]
        mov  [EAX],ECX
        pop  EBP
        ret  12
?ADD1@@YGXHHPAH@Z endp
        end
```



Пример 3.12 Конвенция _ _fastcall

```
extern "C" void __fastcall add1(int a,int b,int *c);
```

```
        .386
        .model  flat
        .code
        public  @ADD1@12
@ADD1@12 proc
        push    EBP
        mov     EBP,ESP
        add     ECX,EDX
        mov     EDX,[EBP+8]
        mov     [EDX],ECX
        pop     EBP
        ret     4       ; стек освобождает процедура
@ADD1@12    endp
        end
```

Только два параметра в регистрах ECX и EDX, третий и далее в обратном порядке в стеке