Introdução à Software Básico: Introdução a Assembly IA-32

Departamento de Ciência da Computação
Instituto de Ciências Exatas
Universidade de Brasília

Sumário

Funções em Assembly

- Assembly não implementa explicitamente passagem de parâmetros nem retorno de valores
- Blocos de Código chamados e executados são então procedimentos
- Instruções de chamada de procedimentos:
  - *call proc_name*: transfere a execução do programa ao bloco de instruções chamado proc_name
  - *ret*: retorna a execução do programa a instrução seguinte do ponto em que o bloco foi chamado.

Funções em Assembly

```
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg1  db   "Please input the first number: ",0
prompt_msg2  db   "Please input the second number: ",0
sum_msg      db   "The sum is ",0
.CODE
      .STARTUP
      PutStr  prompt_msg1    ; request first number
      GetInt  CX             ; CX = first number
      PutStr  prompt_msg2    ; request second number
      GetInt  DX             ; DX = second number
      call    sum            ; returns sum in AX
      PutStr  sum_msg        ; display sum
      PutInt  AX
      nwln
done:
      .EXIT
;Procedure sum receives two integers in CX and DX.
;The sum of the two integers is returned in AX.
sum:
      mov     AX,CX          ; sum = first number
      add     AX,DX          ; sum = sum + second number
      ret
```

Figura: Chamando Procedimentos em Assembly

Instrução CALL

- A instrução call consiste nos seguintes passos:
  - ESP = ESP — 4 ; push return address onto the stack
  - [SS:ESP] = EIP
  - EIP = EIP + relative displacement ; update EIP to point to the procedure
- A pilha do sistema é utilizada para guardar o endereço da instrução seguinte ao call
  - Esse endereço é necessário para o correto retorno da execução

Instrução RET

- A instrução de retorno é utilizada para recuperar o ponto de execução antes da chamada ao procedimento
- Consiste nos seguintes passos:
  - EIP = [SS:ESP] ; pop return address at Top Of Stack into IP
  - ESP = ESP + 4 ; update TOS by adding 4 to ESP
  - Pode levar um operando opcional para adicionar esse valor para o ESP

Funções em Assembly

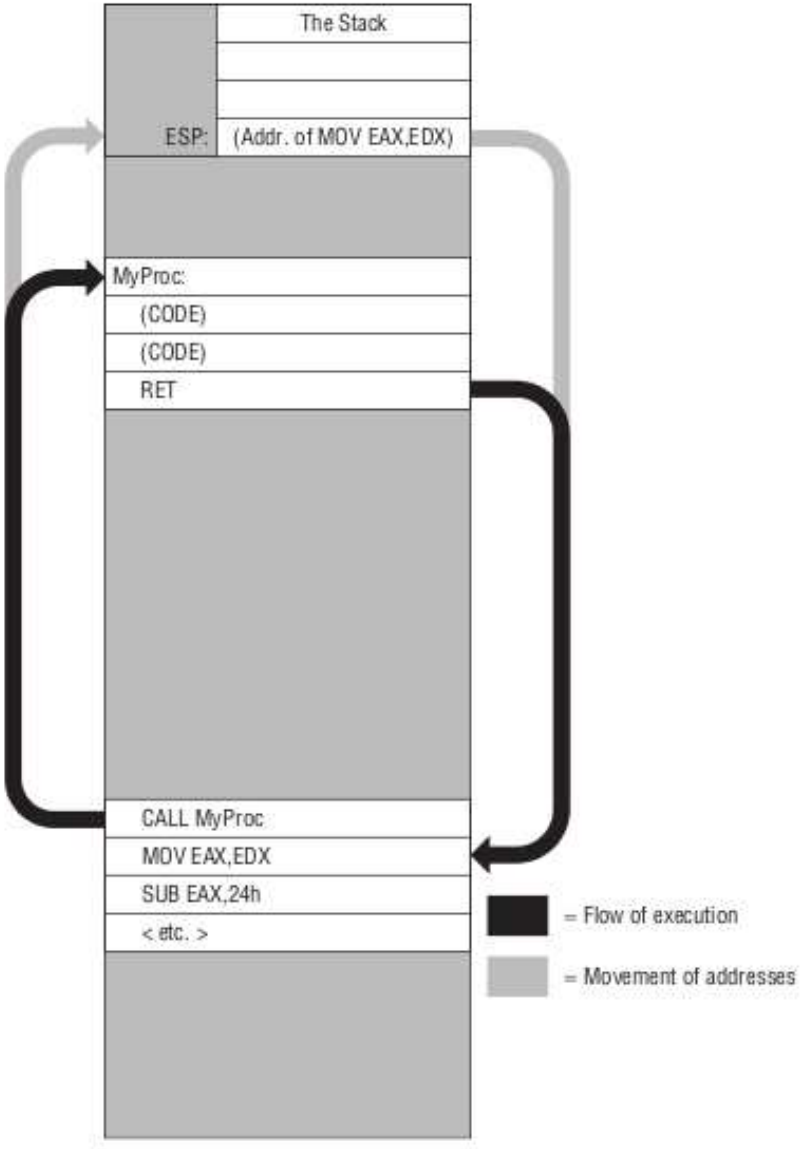


Figura: CALL e RET

Passando Parâmetros

- Os parâmetros são passados do programa que chama ao procedimento por meio de um local de acesso comum:
  - Registradores
  - Pilha
- O retorno de valores também ocorre das duas maneiras acima

Usando os Registradores

- Os parâmetros e os valores de retorno são passados via registradores de uso geral (EAX, EBX, ECX, EDX)
- Vantagem: Método rápido, conveniente para poucos parâmetros
- Desvantagem: Limita o número de parâmetros. Como os registradores são empregados durante a execução do procedimento, pode ser necessário salvar os valores dos parâmetros, geralmente na pilha

Passando Parâmetros

```
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg1  db   "Please input the first number: ",0
prompt_msg2  db   "Please input the second number: ",0
sum_msg      db   "The sum is ",0
.CODE
      .STARTUP
      PutStr  prompt_msg1    ; request first number
      GetInt  CX             ; CX = first number
      PutStr  prompt_msg2    ; request second number
      GetInt  DX             ; DX = second number
      call    sum            ; returns sum in AX
      PutStr  sum_msg        ; display sum
      PutInt  AX
      nwln
done:
      .EXIT
;Procedure sum receives two integers in CX and DX.
;The sum of the two integers is returned in AX.
sum:
      mov     AX,CX          ; sum = first number
      add     AX,DX          ; sum = sum + second number
      ret
```

Figura: Usando os Registradores

Usando a Pilha

- Os parâmetros e os valores de retorno são passados via pilha do sistema:
  - Parâmetros são colocados na pilha antes de chamar o procedimento
  - Os parâmetros são utilizados pelo procedimento
  - Ao retornar, os valores ainda na pilha são desprezados, e valores de retorno são colocados na pilha
  - Após a chamada da função, os valores de retorno são retirados da pilha

Usando a Pilha

- Memória usada para pilha:
  - Registradores SS (segmento) e ESP (offset)
- Offset (ESP) aumenta do maior valor para o menor
  - Acrescentar um valor na pilha causa subtração no valor de ESP
  - *Stack underflow*: retirar algo da pilha vazia
  - *Stack overflow*: inserir algo na pilha cheia (não tem mais memória reservada para a pilha, o OFFSET gera um endereço menor que o SS)

Usando a Pilha

Parameter	What it controls	Recommended minimum value
maxdsiz	Maximum size of the data segment for 32 –bit processes	1073741824 (1GB)
maxdsiz_64bit	Maximum size of the data segment for 64 –bit processes	1073741824 (1GB)
maxssiz	Maximum size of the stack segment for 32 –bit processes	8388608 (8MB)
maxssiz_64bit	Maximum size of the stack segment for 64 –bit processes	8388608 (8MB)

Figura: Setup do Kernel

Usando a Pilha

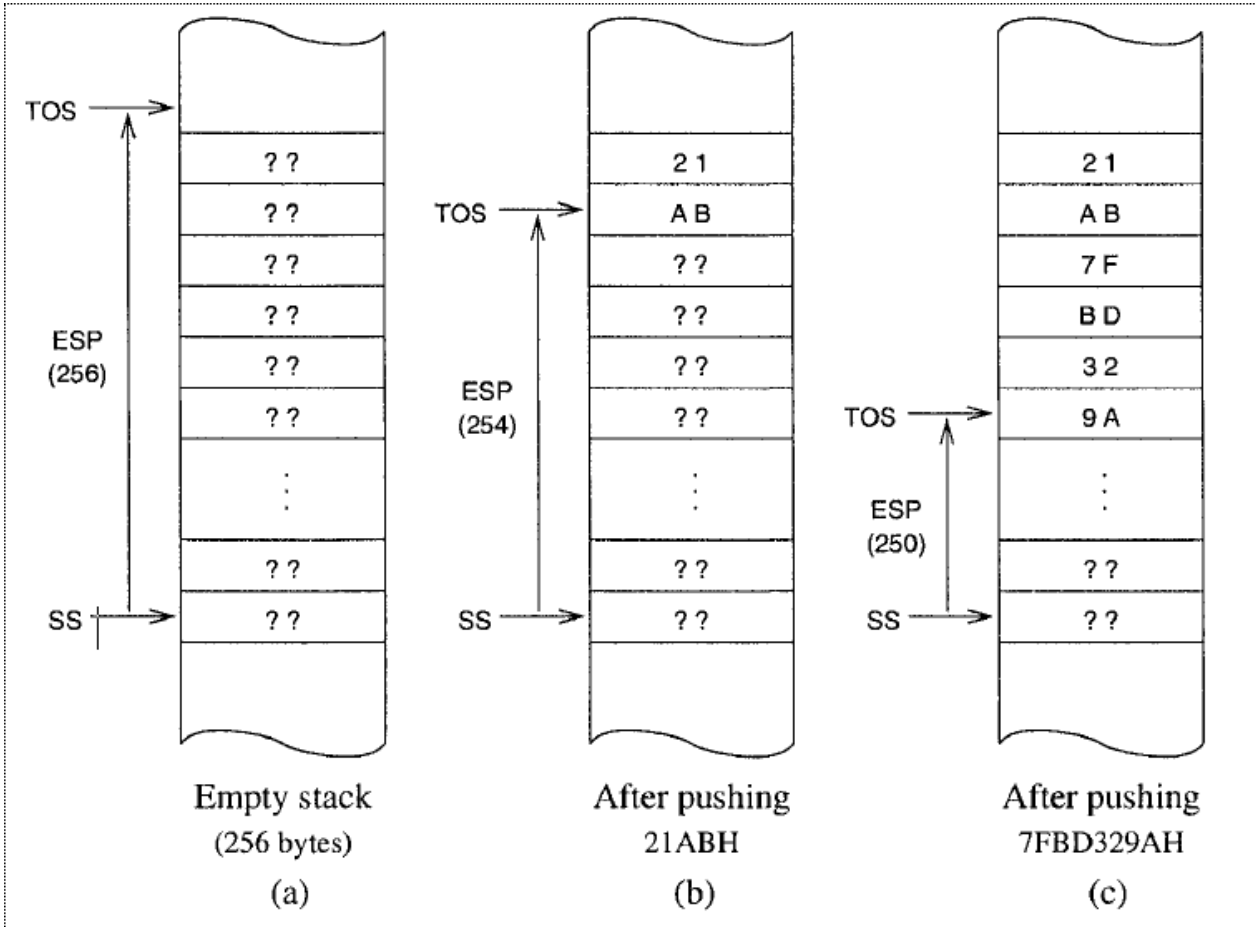


Figura: Exemplo de uso de Pilha (endereços menores abaixo)

Usando a Pilha

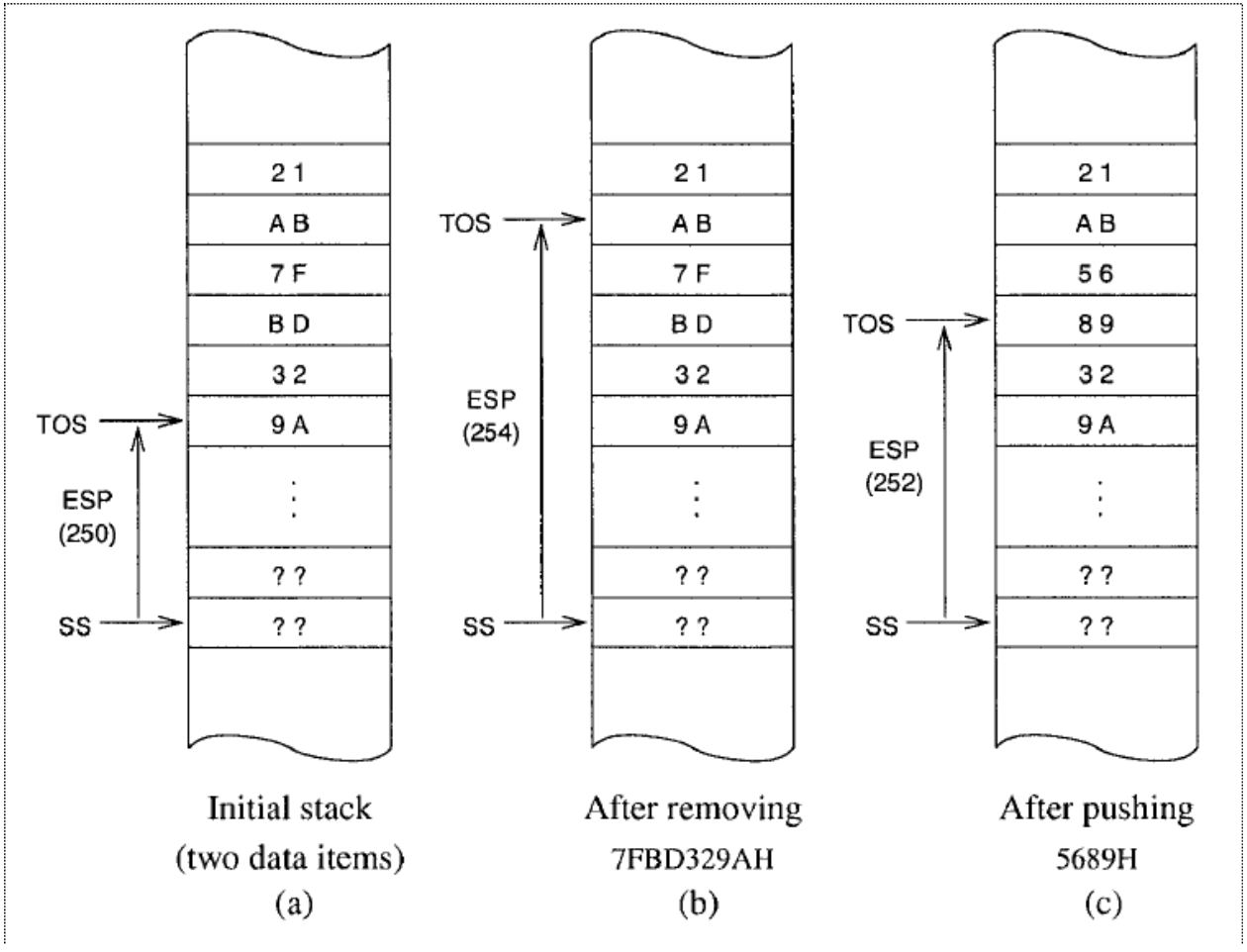


Figura: Exemplo de uso de Pilha (endereços menores abixo)

Usando a Pilha

Table 11.1 Stack operations on 16- and 32-bit data

`push`	`source16`	ESP = ESP − 2 SS:ESP = `source16`	ESP is first decremented by 2 to modify TOS. Then the 16-bit data from `source16` is copied onto the stack at the new TOS. The stack expands by 2 bytes.
`push`	`source32`	ESP = ESP − 4 SS:ESP = `source32`	ESP is first decremented by 4 to modify TOS. Then the 32-bit data from `source32` is copied onto the stack at the new TOS. The stack expands by 4 bytes.
`pop`	`dest16`	`dest16` = SS:ESP ESP = ESP + 2	The data item located at TOS is copied to `dest16`. Then ESP is incremented by 2 to update TOS. The stack shrinks by 2 bytes.
`pop`	`dest32`	`dest32` = SS:ESP ESP = ESP + 4	The data item located at TOS is copied to `dest32`. Then ESP is incremented by 4 to update TOS. The stack shrinks by 4 bytes.

Figura: Exemplo de uso de Pilha

Usando a Pilha

Instruções Especiais

- Registrador de Status (flags):
  - *pushfd*
  - *popfd*
- Todos os registradores de uso geral:
  - *pusha* (EAX, ECX, EDX, EBX, ESP, EBP, ESI e EDI, nessa ordem)
  - *popa*

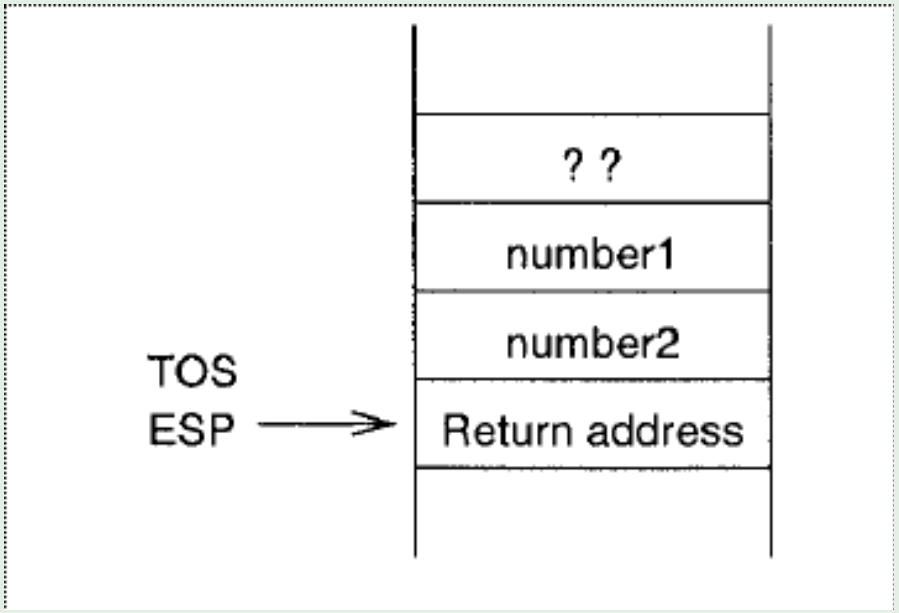
Usando a Pilha

Parâmetros na pilha antes de chamar o procedimento

```
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg1  db   "Please input the first number: ",0
prompt_msg2  db   "Please input the second number: ",0
sum_msg      db   "The sum is ",0
.UDATA
number1        resw 1
number2      resw 1
result       resw 1
.CODE
      .STARTUP
      PutStr  prompt_msg1
      GetInt  number1
      PutStr  prompt_msg2
      GetInt  number2
      push WORD [numberl]
      push WORD [number2]
      call    sum
      PutStr  sum_msg
      PutInt  [result]
      nwln
```

Parâmetros na pilha antes de chamar o procedimento

```
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg1  db   "Please input the first number: ",0
prompt_msg2  db   "Please input the second number: ",0
sum_msg      db   "The sum is ",0
.UDATA
number1        resw 1
number2      resw 1
result       resw 1
.CODE
      .STARTUP
      PutStr  prompt_msg1
      GetInt  number1
      PutStr  prompt_msg2
      GetInt  number2
      push WORD [numberl]
      push WORD [number2]
      call    sum
      PutStr  sum_msg
      PutInt  [result]
      nwln
```



Acessando os parâmetros na pilha

```
sum:
    push  EBP         ; save EBP value
    mov EBP,ESP       ; copy TOS into EBP
    push AX
    mov  AX,[EBP+10]  ;sum = first number
    add  AX,[EBP+8]   ;sum = sum+second number
    mov  [result],AX
    pop  AX
    pop  EBP
    ret  4
```

Figura: Exemplo de uso de Pilha

Acessando os parâmetros na pilha

```
sum:
    push  EBP          ; save E
    mov EBP,ESP        ; copy
    push AX
    mov  AX,[EBP+10]  ;sum
    add  AX,[EBP+8]   ;sum
    mov  [result],AX
    pop  AX
    pop  EBP
    ret  4
```

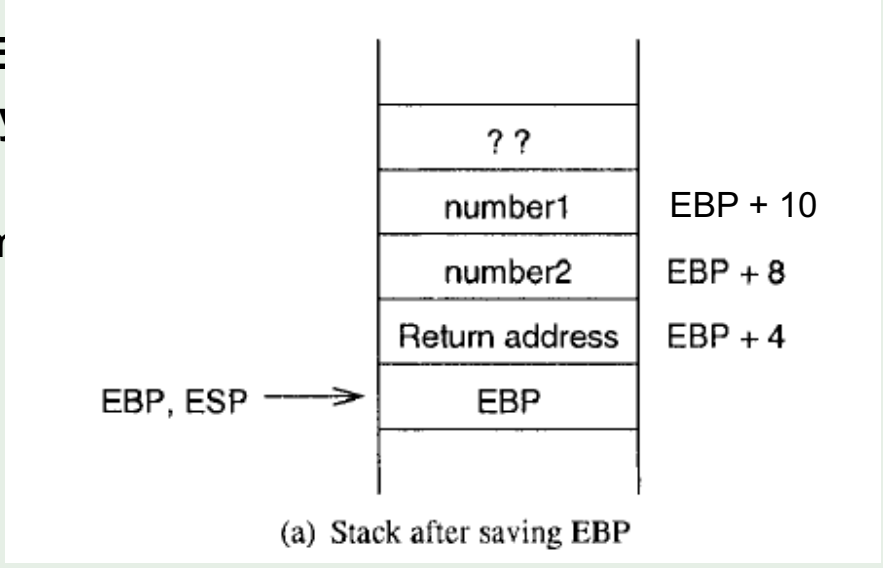


Figura: Exemplo de uso de Pilha

Acessando os parâmetros na pilha

```
sum:
    push  EBP         ; save EBP value
    mov EBP,ESP       ; copy TOS into EBP
    push AX
    mov  AX,[EBP+10]  ;sum = first number
    add  AX,[EBP+8]   ;sum = sum+second number
    mov  [result],AX
    pop  AX
    pop  EBP
    ret  4
```

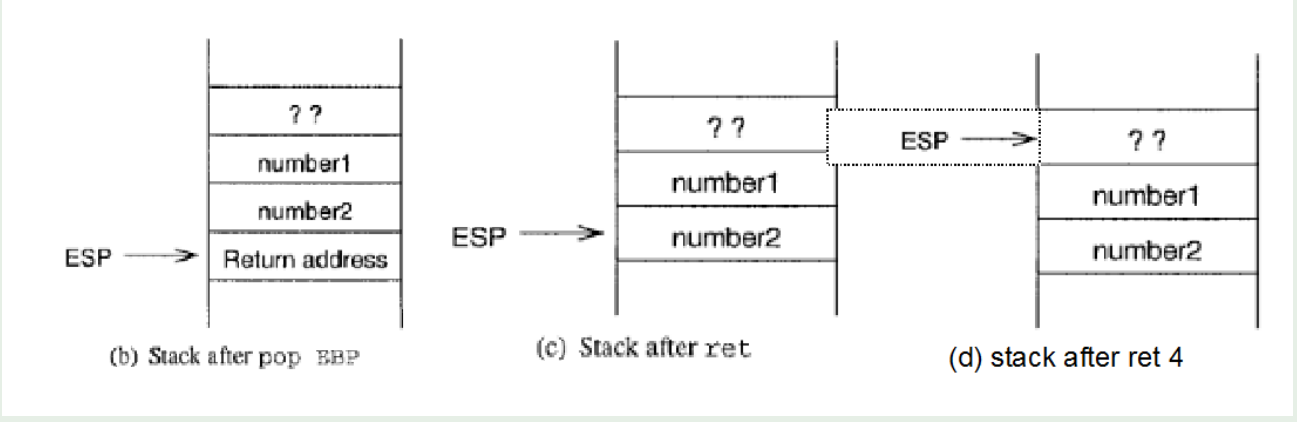


Figura: Exemplo de uso de Pilha

Retornando valor via Pilha

```
.CODE
        .STARTUP
        PutStr  prompt_msg1     ; request first number
        GetInt  [number1]
        PutStr  prompt_msg2     ; request second number
        GetInt  [number2]
        push    AX              ; save space for return
        push    WORD [number1]
        push    WORD [number2]
        call    sum
        pop     WORD [result]       ; copy return value
        PutStr  sum_msg         ; display sum
        PutInt  [result]
        nwln
done:   .EXIT
sum:
        push  EBP           ; save EBP value
        mov EBP,ESP         ; copy TOS into EBP
        push AX
        mov  AX,[EBP+10]   ; sum = first number
        add  AX,[EBP+8]    ; sum = sum + second number
        mov  [EBP+12],AX   ; write return value
        pop  AX
        pop  EBP
        ret  4
```

Figura: Exemplo de uso de Pilha

Instruções ENTER e LEAVE

- Instruções que preparam a pilha para a chamada ao procedimento
  - enter 0,0
    - Criam um FRAME simples de pilha:
    - push EBP ; save EBP value
    - mov EBP,ESP ; copy TOS into EBP
  - leave
    - Apaga o FRAME de pilha:
    - Mov ESP, EBP
    - pop EBP

Instruções ENTER e LEAVE

Exemplo

```
;PR0CEX3.ASM
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg1  db   "Please input the first number: ",0
prompt_msg2  db   "Please input the second number: ",0
sum_msg      db   "The sum is ",0
.CODE
      .STARTUP
      PutStr  prompt_msg1    ; request first number
      GetInt  CX             ; CX = first number
      PutStr  prompt_msg2    ; request second number
      GetInt  DX             ; DX = second number
      push    CX             ; place first number on stack
      push    DX             ; place second number on stack
      call    sum            ; returns sum in AX
      PutStr  sum_msg        ; display sum
      PutInt  AX
      nwln
done:
      .EXIT
;-----------------------------------------------------------
;Procedure sum receives two integers via the stack.
;The sum of the two integers is returned in AX.
;-----------------------------------------------------------
sum:
      enter   0,0            ; save EBP
      mov     AX,[EBP+10]    ; sum = first number
      add     AX,[EBP+8]     ; sum = sum + second number
      leave                  ; restore EBP
      ret     4              ; return and clear parameters
```

Variáveis Locais em Assembly

Variáveis Locais?

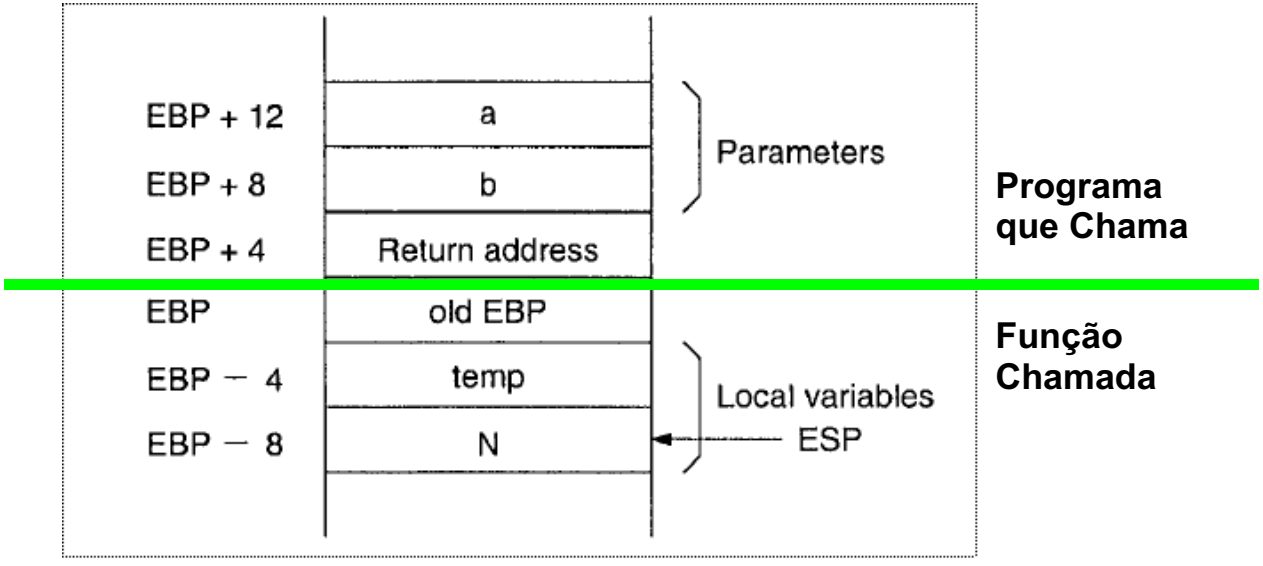
- Em assembly todas as variáveis declaradas a principio são GLOBAIS
- Porém, é possível usar variáveis locais a um procedimento mediante um registrador:
  - Prático, mas impossível no caso de recursão
- A opção é utilizar a pilha:
  - A instrução *enter* reserva espaço na pilha

Como usar a pilha para variáveis locais

```
int compute(int a, int b)
{
int temp, N;
...
}
```

Parâmetros

Variáveis Locais



Como usar a pilha para variáveis locais

Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX

```
; procfib.asm
%include "io.mac"
.DATA
prompt_msg   db  "Please input a positive number (>1): ",0
output_msg1  db  "The largest Fibonacci number less than "
             db  "or equal to ",0
output_msg2  db  " is ",0
.CODE
     .STARTUP
     PutStr   prompt_msg     ; request input number
     GetLInt  EDX            ; EDX = input number
     call     fibonacci
     PutStr   output_msg1    ; print Fibonacci number
     PutLInt  EDX
     PutStr   output_msg2
     PutLInt  EAX
     nwln
done:
     .EXIT
```

Como usar a pilha para variáveis locais

Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX

```
;---------------------------------------------------------
;Procedure fibonacci receives an integer in EDX and computes
;the largest Fibonacci number that is less than the input
;number. The Fibonacci number is returned in EAX.
;---------------------------------------------------------
%define FIB_LO  dword [EBP-4]
%define FIB_HI  dword [EBP-8]
fibonacci:
      enter   8,0           ; space for two local variables
      push    EBX
      ; FIB_LO maintains the smaller of the last two Fibonacci
      ;  numbers computed; FIB_HI maintains the larger one.
      mov     FIB_LO,1      ; initialize FIB_LO and FIB_HI to
      mov     FIB_HI,1      ;  first two Fibonacci numbers
fib_loop:
      mov     EAX,FIB_HI    ; compute next Fibonacci number
      mov     EBX,FIB_LO
      add     EBX,EAX
      mov     FIB_LO,EAX
      mov     FIB_HI,EBX
      cmp     EBX,EDX       ; compare with input number in EDX
      jle     fib_loop      ; if not greater, find next number
      ; EAX contains the required Fibonacci number
      pop     EBX
      leave                 ; clears local variable space
      ret
```

Como usar a pilha para variáveis locais

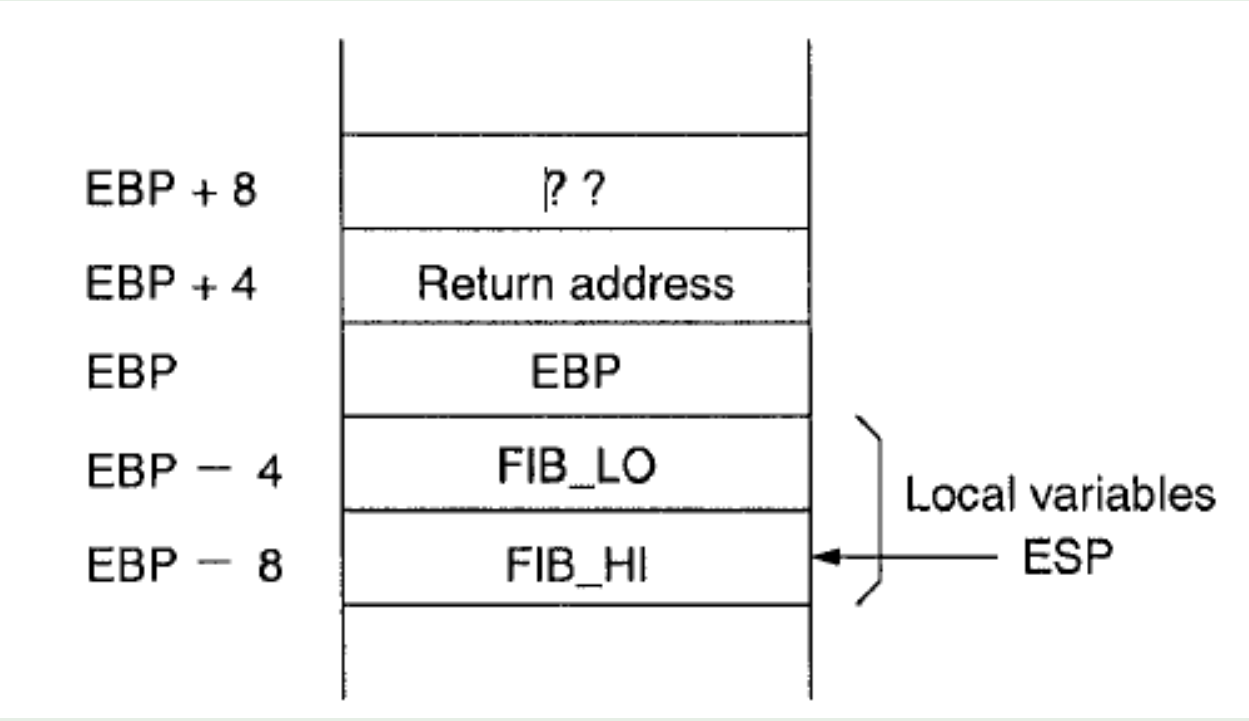
Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX

```
;---------------------------------------------------------
;Procedure fibonacci receives an integer in EDX and computes
;the largest Fibonacci number that is less than the input
;number. The Fibonacci number is returned in EAX.
;---------------------------------------------------------
%define FIB_LO  dword [EBP-4]
%define FIB_HI  dword [EBP-8]
fibonacci:
      enter   8,0
      push    EBX
      ; FIB_LO maintains the smaller of the last two Fibonacci
      ;  numbers computed; FIB_HI maintains the larger one.
      mov     FIB_LO,1      ; initialize FIB_LO and FIB_HI to
      mov     FIB_HI,1      ;  first two Fibonacci numbers
fib_loop:
      mov     EAX,FIB_HI    ; compute next Fibonacci number
      mov     EBX,FIB_LO
      add     EBX,EAX
      mov     FIB_LO,EAX
      mov     FIB_HI,EBX
      cmp     EBX,EDX       ; compare with input number in EDX
      jle     fib_loop      ; if not greater, find next number
      ; EAX contains the required Fibonacci number
      pop     EBX
      leave                 ; clears local variable space
      ret
```

Reserva espaço para duas dwords na pilha

Como usar a pilha para variáveis locais

Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX



Como usar a pilha para variáveis locais

Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX

```
;-----------------------------------------------------
;Procedure fibonacci receives an integer in EDX and computes
;the largest Fibonacci number that is less than the input
;number. The Fibonacci number is returned in EAX.
;-----------------------------------------------------
%define FIB_LO  dword [EBP-4]
%define FIB_HI  dword [EBP-8]
fibonacci:
      enter   8,0           ; space for two local variables
      push    EBX
      ; FIB_LO maintains the smaller of the last two Fibonacci
      ;  numbers computed; FIB_HI maintains the larger one.
      mov     FIB_LO,1      ; initialize FIB_LO and FIB_HI to
      mov     FIB_HI,1      ;  first two Fibonacci numbers
fib_loop:
      mov     EAX,FIB_HI    ; compute next Fibonacci number
      mov     EBX,FIB_LO
      add     EBX,EAX
      mov     FIB_LO,EAX
      mov     FIB_HI,EBX
      cmp     EBX,EDX       ; compare with input number in EDX
      jle     fib_loop      ; if not greater, find next number
      ; EAX contains the required Fibonacci number
      pop     EBX
      leave                 ; clears local variable space
      ret
```

Permite Acessar a pilha com nome de variáveis locais

Como usar a pilha para variáveis locais

Exemplo: Programa que chama parâmetro em EDX, retorno em EAX

```
;---------------------------------------------------------
;Procedure fibonacci receives an integer in EDX and computes
;the largest Fibonacci number that is less than the input
;number. The Fibonacci number is returned in EAX.
;---------------------------------------------------------
%define FIB_LO  dword [EBP-4]
%define FIB_HI  dword [EBP-8]
fibonacci:
      enter   8,0           ; space for two local variables
      push    EBX
      ; FIB_LO maintains the smaller of the last two Fibonacci
      ;  numbers computed; FIB_HI maintains the larger one.
      mov     FIB_LO,1      ; initialize FIB_LO and FIB_HI to
      mov     FIB_HI,1      ;  first two Fibonacci numbers
fib_loop:
      mov     EAX,FIB_HI    ; compute next Fibonacci number
      mov     EBX,FIB_LO
      add     EBX,EAX
      mov     FIB_LO,EAX
      mov     FIB_HI,EBX
      cmp     EBX,EDX       ; compare with input number in EDX
      jle     fib_loop      ; if not greater, find next number
      ; EAX contains the required Fibonacci number
      pop     EBX
      leave
      ret
```

Limpa espaço utilizado na pilha

Próxima Aula

C e Assembly