

Linguagens de Montagem

Instruções Básicas Aritméticas e Lógicas Aula 05

Edmar André Bellorini

Introdução

- Aula01: Montar, linkar e executar

```
$: nasm -f elf64 nome.asm
```

```
$: ld nome.o -o nome.x
```

```
$: ./nome.x
```

- Aula02: Estrutura dos programas e dados inicializados

```
section .data
```

- Aula03: Registradores e instrução de movimentação

```
MOV reg64, r/m64
```

- Aula04: Dados não inicializados e estrutura de programas

```
section .bss
```

Instruções Aritméticas e Lógicas

■ Aritméticas

- ADD
- SUB
- MUL e IMUL
- DIV e IDIV

ATUALIZAR CWD/CDQ/CQO—Convert Word to Doubleword/Convert Doubleword to Quadword

■ Lógicas

- OR
- AND
- XOR
- NOT
- NEG

■ Deslocamento

- SHL e SHR
- SAL e SAR
- outros deslocamentos

Soma

■ Instrução ADD

- Acumula em Destino o valor de Fonte

`ADD Destino, Fonte`

$Destino = Destino + Fonte$

■ Sintaxe

`ADD reg, r/m ; 8, 16, 32 e 64 bits`

`ADD mem, reg ; 8, 16, 32 e 64 bits`

`ADD r/m, imm ; 8, 16, 32 bits`

Subtração

■ Instrução SUB

- Reduz o Fonte do Destino

`SUB Destino, Fonte`

$$\textit{Destino} = \textit{Destino} - \textit{Fonte}$$

■ Sintaxe

`SUB reg, r/m ; 8, 16, 32 e 64 bits`

`SUB mem, reg ; 8, 16, 32 e 64 bits`

`SUB r/m, imm ; 8, 16, 32 bits`

■ Observação

- Tanto ADD quanto SUB são operações sinalizadas
Geram sinais de overflow (*flag* OF)
Registrador EFLAGS ...

Exemplo a05e01.asm

```
1  section .text
2      global _start
3
4  _start:
5
6      mov eax, 10
7      mov ebx, 20
8      mov ecx, 30
9      mov edx, -2
10 b1:
11     add ebx, eax
12     add edx, eax
```

```
13 b2:
14     sub ecx, eax
15     sub eax, ecx
16
17 fim:
18     mov rax, 60
19     mov rdi, 0
20     syscall
```

Debugger

```

bellorini@SS-Note-Mint-EAB: ~/Unioeste/2021/LM/Etapa 01/Aula 05/codes
Arquivo  Editar  Ver  Pesquisar  Terminal  Ajuda

Breakpoint 1, 0x0000000000401014 in b1 ()
(gdb) i r eax ebx ecx edx
eax          0xa          10
ebx          0x14         20
ecx          0x1e         30
edx          0xffffffff   -2
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 2, 0x0000000000401018 in b2 ()
(gdb) i r eax ebx ecx edx
eax          0xa          10
ebx          0x1e         30
ecx          0x1e         30
edx          0x8           8
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 3, 0x000000000040101c in fim ()
(gdb) i r eax ebx ecx edx
eax          0xffffffff   -10
ebx          0x1e         30
ecx          0x14         20
edx          0x8           8
(gdb)

```

Registrador FLAGS

- É um registrador especial de estado do processador
- É alterado indiretamente por instruções aritméticas e lógicas
- FLAG
 - Registrador de estado de 16 bits
 - Somente para máquinas de 16 bits (antigas)
- EFLAG
 - Registrador de estado de 32 bits
 - Mantém retrocompatibilidade

Duas Flags de interesse

■ Overflow

- $OF = 1 \rightarrow$ operação aritmética gerou overflow
- Importante para operações sinalizadas

■ Carry

- $CF = 1 \rightarrow$ operação aritmética gerou bit *carry*
- Importante para operações não sinalizadas

■ GDB

`(gdb) info register eflags`

ou

`(gdb) i r eflags`

- Será mostrado as flags ativas (valor = '1')

Exemplo a05e02.asm

```
1 section .text
2     global _start
3
4 _start:
5     mov ax, 0x7fff ; 32767
6     mov bx, 0xffff ; 65535
7
8 overflow:
9     add ax, 1 ; -32768
```

```
10 carry:
11     add bx, 1 ; 0
12
13 fim:
14     mov rax, 60
15     mov rdi, 0
16     syscall
```

Debugger

```

bellorini@SS-Note-Mint-EAB: ~/Unioeste/2021/LM/Etapa 01/Aula 05/codes
Arquivo  Editar  Ver  Pesquisar  Terminal  Ajuda
Reading symbols from a05e02.x...
(No debugging symbols found in a05e02.x)
(gdb) b overflow
Ponto de parada 1 at 0x401008
(gdb) b carry
Ponto de parada 2 at 0x40100c
(gdb) b fim
Ponto de parada 3 at 0x401010
(gdb) r
Starting program: /home/bellorini/Unioeste/2021/LM/Etapa 01/Aula 05/codes/a05e02.x

Breakpoint 1, 0x0000000000401008 in overflow ()
(gdb) i r ax bx
ax          0x7fff          32767
bx          0xffff          -1
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 2, 0x000000000040100c in carry ()
(gdb) i r eflags
eflags      0xa96          [ PF AF SF IF OF ]
(gdb) i r ax
ax          0x8000          -32768
(gdb)

```

Instruções INC e DEC

■ INC

- Incrementa *Destino* em 1

INC *Destino*

Destino = *Destino* ++

■ DEC

- Decrementa *Destino* em 1

DEC *Destino*

Destino = *Destino* --

AND, OR, e XOR

■ Instruções

■ AND

■ Operação lógica AND bit-a-bit

AND reg , r/m/i

AND mem , r/i

■ OR

■ Operação lógica OR bit-a-bit

OR reg , r/m/i

OR mem , r/i

■ XOR

■ Operação lógica XOR bit-a-bit

XOR reg , r/m/i

XOR mem , r/i

NOT vs NEG

- Instruções

- NOT

- Operação lógica NOT bit-a-bit (**n**ão carrega EFLAGS)

- `NOT r/m`

- NEG

- Operação lógica de Negação em Complemento de 2

- `NEG r/m`

Exemplo - a05e03.asm

```

14     ...
15     section .text
16         global _start
17
18     _start:
19         mov ax, [v1]
20         mov bx, [v2]
21         mov cx, [v2]
22
23         ; or reg x reg
24         or cx, ax
25         ...

```

```

49     ...
50     bxor:
51         ; xor
52         mov ax, [v1]
53         mov bx, [v2]
54         mov cx, [v2]
55
56         ; or reg x reg
57         xor cx, ax
58
59         ; or mem x reg
60         mov [v1xorv2], ax
61         xor [v1xorv2], bx
62         ...

```

Debugger

```
bellorini@SS-Note-Mint-EAB: ~/Unioeste/2021/LM/Etapa 01/Aula 05/codes
Arquivo  Editar  Ver  Pesquisar  Terminal  Ajuda

Breakpoint 1, 0x0000000000401030 in band ()
(gdb) p/x $ax
$1 = 0xffff9
(gdb) p/x $cx
$2 = 0xffffb
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 2, 0x0000000000401060 in bxor ()
(gdb) p/x $bx
$3 = 0xaa
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 3, 0x0000000000401090 in bnotneg ()
(gdb) c
Continuing.

Breakpoint 4, 0x00000000004010a2 in fim ()
(gdb) p/d $r8w
$4 = 0
(gdb) p/d $r9w
$5 = 1
(gdb) 
```


Operações Lógicas de Deslocamento

■ Deslocamento Lógico

SHL r/m, i

SHR r/m, i

■ Deslocamento Aritmético

SAL r/m, i

SAR r/m, i

Deslocamento Lógico à Esquerda

■ SHL → *Logical Left Shift*

- Aplica deslocamento lógico em *dest*, *src* bits à esquerda

```
_start:
    mov ax, 0xEE01      ;      1110 1110 0000 0001
desloc1:
    shl ax, 1 ; 0xDC02 ; 1 / 1101 1100 0000 0010
desloc2:
    shl ax, 4 ; 0xC020 ; 1 / 1100 0000 0010 0000
```

- CF = bit expurgado
- bit de entrada à direita é '0'
usado em aritmética **não** sinalizada

Deslocamento Lógico à Direita

■ SHR → *Logical Right Shift*

- Aplica deslocamento lógico em *dest*, *src* bits à direita

```
_start:
    mov bx, 0xEE01      ; 1110 1110 0000 0001
desloc1:
    shr bx, 1 ; 0x7700 ; 0111 0111 0000 0000 / 1
desloc2:
    shr bx, 4 ; 0x0770 ; 0000 0111 0111 0000 / 0
```

- CF = bit expurgado
- bit de entrada à esquerda é '0'
usado em aritmética **não** sinalizada

Exemplo: a05e04.asm (Desl. Lógico)

```
...  
section .text  
    global _start  
  
_start:  
    mov al, 0x81 ; 1000 0001  
toshl:  
    shl al, 1  
    ; CF = 1  
  
toshr:  
    ; al = 0000 0010  
    shr al, 1  
    ; al = 0000 0001  
    ; CF = 0  
...
```

Deslocamento Aritmético à Esquerda

■ SAL → *Arithmetic Left Shift*

- Aplica deslocamento aritmético em *dest*, *src* bits à esquerda

```

_start:
    mov bx, 0xEE01      ;      1110 1110 0000 0001
desloc1:
    sal bx, 1 ; 0xDC02 ; 1 / 1101 1100 0000 0010
desloc2:
    sal bx, 4 ; 0xC020 ; 1 / 1100 0000 0010 0000
  
```

- CF = bit expurgado
- bit de entrada à direita é '0'
- bit menos significativo não altera sinal do número
- SAL é sinônimo de SHL
- usado em aritmética **sinalizada**

Deslocamento Aritmético à Direita

■ SAR → *Arithmetic Right Shift*

- Aplica deslocamento aritmético em *dest*, *src* bits à direita

```
_start:
    mov bx, 0xEE01      ; 1110 1110 0000 0001
desloc1:
    sar bx, 1 ; 0xF700 ; 1111 0111 0000 0000 / 1
desloc2:
    sar bx, 4 ; 0xFF70 ; 1111 1111 0111 0000 / 0
```

- CF = bit expurgado
- bit de entrada à esquerda é mantido
bit mais significativo **altera** sinal do número
usado em aritmética **sinalizada**

Exemplo: a05e05.asm (Desl. Aritmético)

```
...  
section .text  
    global _start  
  
_start:  
    mov al, 0x81 ; 1000 0001  
toshl:  
    sal al, 1  
    ; CF = 1  
  
toshr:  
    ; al = 0000 0010  
    sar al, 1  
    ; al = 0000 0001  
    ; CF = 0  
...
```

Outros Deslocamentos - ROL|ROR, RCL|RCR, variantes X

- ROL|ROR → *Rotate Left | Right*
 - Aplica deslocamento rotacional em *dest*, *src* bits na direção
 - CF = bit expurgado
 - bit de entrada à direita é bit expurgado
- RCL|RCR → *Rotate Through Carry Left | Right*
 - Aplica deslocamento rotacional em *dest*, *src* bits na direção
 - CF = bit expurgado
 - bit de entrada à direita é CF anterior
- SARX |SHLX |SHRX → *Deslocamento*
 - Aplica deslocamento em *dest*, *src* bits e não afeta FLAGS

Operações Aritméticas de Inteiros

■ Multiplicação

MUL r/m

IMUL r/m

IMUL reg, r/m ; 16, 32 ou 64 apenas

■ Divisão

DIV r/m

IDIV r/m

Multiplicação de Inteiros

- MUL → Multiplicação de inteiros **não** sinalizados
- IMUL → Multiplicação de inteiros **sinalizados**

MUL *r/m*

IMUL *r/m*

- Operandos
 - Implícito: RAX (EAX | AX)
 - Explícito: *r/m* (64, 32 ou 16 bits)
 - Resultado: RDX:RAX (EDX:EAX | DX:AX)
- Operação:
 $\text{RDX:RAX} = \text{RAX} * r_{64}/m_{64}$ (para 64 bits)

Multiplicação de Inteiros - Slide 2

- IMUL → Multiplicação de inteiros **sinalizados**

IMUL *r*, *r/m*

- Operandos
 - Explícito: *r*
 - Explícito: *r/m* (64, 32 ou 16 bits)
 - Resultado: *r*
- Operação:
$$r = r * r/m$$

Divisão de Inteiros

- DIV → Divisão de inteiros **não** sinalizados
- IDIV → Divisão de inteiros **sinalizados**

DIV *r/m*

IDIV *r/m*

- Operandos
 - Implícito: RDX:RAX (EDX:EAX | DX:AX)
 - Explícito: *r/m* (64, 32 ou 16 bits)
 - Resultado: RAX (Quociente) e RDX (Resto)
- Operação:
 $RAX = RDX:RAX \div r64/m64$
 - com Resto armazenado em RDX

Divisão de Inteiros

- Como cuidar de #DX?
- Instruções especiais

CWD - Convert Word to Doubleword

DX:AX = sign-extend AX

CDQ - Convert Doubleword to Quadword

EDX:EAX = sign-extend EAX

CQO - Convert Quadword to Octaword

RDX:RAX = sign-extend RAX

Exemplo: a05e06.asm (Mul e Div de Inteiros un/signed)

```
...  
multiplicacao0:  
    ; EAX <- multiplicando1 = 50  
    ; EDX:EAX <- EAX * multiplicador  
    mov eax, [multiplicando1]  
    mul dword [multiplicador1] ; pode ser memoria  
    ...
```

```
...  
divisao0:  
    ; EAX <- dividendo1 = 100  
    ; EDX:EAX <- EDX:EAX / divisor  
    mov eax, [dividendo1] ; bytes baixos  
    cdq  
    div dword [divisor1] ; pode ser memoria  
    ...
```

Atividade a05at01

■ a05at01 - Escreva um código funcional que:

- Contenha 2 variáveis inicializadas:

```
maiuscula: db 'A'
```

```
minusculta: db 'b'
```

- Contenha 2 variáveis não inicializadas:

```
lowercase: resb 1
```

```
uppercase: resb 1
```

- Usando apenas as instruções ADD e/ou SUB converta:

- *maiuscula* para minusculta e grave em *lowercase*
lowercase = tolowercase(maiuscula)

- *minusculta* para maiúscula e grave em *uppercase*
uppercase = touppercase(minusculta)

- A tabela ASCII é sua amiga e extremamente necessária para completude deste exercício

Atividade a05at02

- a05at02 - A atividade a05at01 contém um *bug*
 - O que acontece se os caracteres inicializados forem colocados de maneira incorreta? Por exemplo:
`maiuscula: db 'a'`
`minuscula: db 'B'`
 - Usando somente as operações lógicas OR, XOR e/ou AND, reescreva o código a05at01 de modo a eliminar o *bug*

Atividade a05at03

■ a05at03 - Somatório de um vetor de Inteiros.

- Considere as seguintes seções:

```
section .data
    triangularNum : dd 0, 1, 3, 6, 10, 15, 21, 28
```

```
section .bss
    somatorio : resd 1
```

- Elabore um programa em assembly que armazene em *somatorio* o somatório de todos os elementos de *triangularNum*.

- Observações:

Ainda não temos laços de repetição, então, deverá ser somado um-a-um
Para calcular cada endereço, use `LEA + indexador * tamanhoDoInteiro`
O indexador pode ser incrementado a cada operação de calculo de endereço

Atividade a05at04

■ a05at04 - Calculo do n-éssimo número triangular

- Considere as seguintes seções:

```
section .data  
    n : dd 40
```

```
section .bss  
    enessimotrnumero : resd 1
```

- Elabore um programa em assembly que calcule e armazene em *enessimotrnumero* o número tringular na posição *n*.
 - Para calcular o n-essimo número use:
$$T_n = \frac{n*(n+1)}{2}$$

Fim do Documento

Dúvidas?

Próxima aula:

- Aula 06: Chamadas de Sistemas
 - Escrever no terminal
 - Ler do teclado
 - Encerrar o programa
 - Arquivos