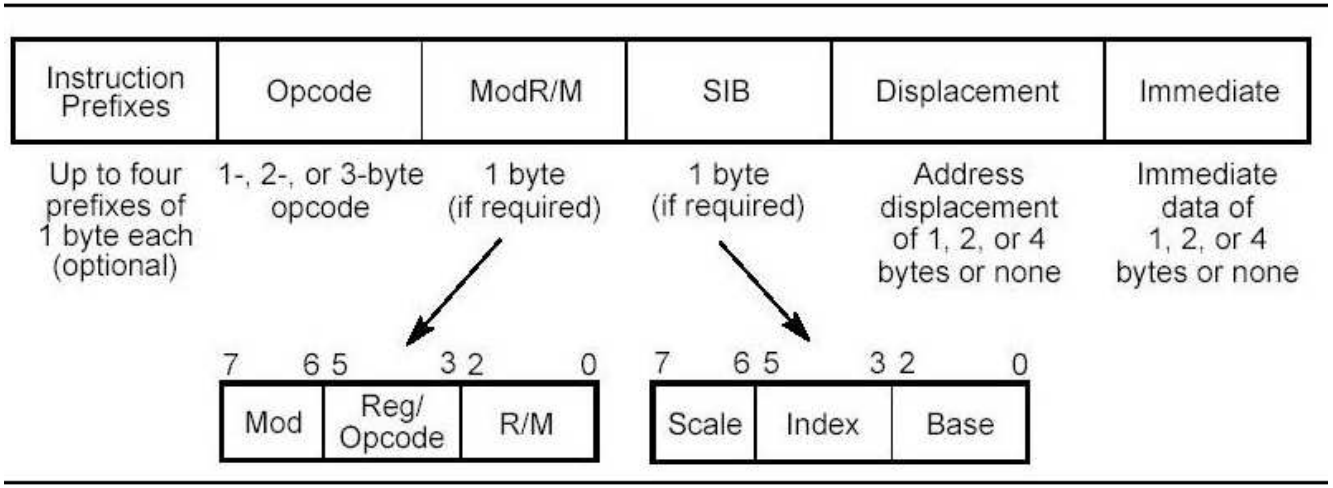
Introdução à Software Básico: Introdução a Assembly IA-32

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

Sumário

Formato das Instruções



Formato das Instruções em Código Máquina

- Tamanho das Instruções variam de 1 a 12 bytes
  - Apenas o Opcode é obrigatório (1 ou 2 bytes)
  - Os bytes seguintes dependem da instrução
- Além da instrução e seus operandos, prefixos podem ser acrescentados para alterar formato padrão das instruções
  - Máximo de 4 prefixos (tamanho de 1 byte cada)

ModR/M

- Mod=00
  - Primeiro operando é o número de um registrador
  - Segundo operando é um endereço de memória armazenado num registrador (Memory[R/M]).
- Mod=01
  - Igual ao mode 00 com deslocamento (*displacement*) de 8-bits
  - Segundo operando é um endereço de memória armazenado num registrador (Memory[displcement + R/M]).
- Mod=10
  - Igual ao mode 01 com deslocamento (*displacement*) de 32-bits
- Mod=11
  - O segundo operador é também um número de um registrador

Formato das Instruções

SIB

- Indica como um endereço de memória é calculado
- $Endereco = Reg[base] + Reg[Index] * 2^{scale}$

Tipos de Instruções

- Operadoes de Memória
  - Movimentação de Dados
  - Gerenciamento de Pilha
- Operações Lógicas/Aritméticas
  - Operações bitwise
  - Aritmetica inteira
  - Aritmética ponto flutuante
- Controle de Fluxo
  - Testes
  - Laços
  - Pulos

Movimentação de Dados

Mnemonic	Operand	Operand	Operation
`mov`	dst	src	src → dst
`xchg`	dst	dst	dst ↔ dst
`lea`	reg	mem	mem → reg
`movz`	reg16	src8	zero-extended src → reg
	reg32	src8	
	reg32	src16	
`movsz`	reg16	src8	sign-extended src → reg
	reg32	src8	
	reg32	src16	
`cbw`	-		sign-extended %al → %ax
`cwd`	-		sign-extended %ax → %dx.%ax
`cdq`	-		sign-extended %eax → %edx.%eax
`cwde`	-		sign-extended %ax → %eax

lea = Load Effective Address

Gerenciamento de Pilha

Mnemonic	Operand	Operation
push	src8	%esp-1 → %esp ; src → (%esp)
	src16	%esp-2 → %esp ; src → (%esp)
	src32	%esp-4 → %esp ; src → (%esp)
pop	dst8	(%esp) → dst ; %esp+1 → %esp
	dst16	(%esp) → dst ; %esp+2 → %esp
	dst32	(%esp) → dst ; %esp+4 → %esp
pushf	-	%esp-4 → %esp ; %eflags → (%esp)
popf	-	(%esp) → %eflags ; %esp+4 → %esp
pusha	-	Push %eax,%ecx,%edx,%ebx,%esp,%ebp,%esi,%edi
popa	-	Pop %eax,%ecx,%edx,%ebx,%esp,%ebp,%esi,%edi
enter	-	Create a stack frame
leave	-	Restore the previous stack frame

Operações Bit-wise

Mnemonic	Operand	Operand	Operation	Touched Flags
`and`	dst	src	src & dst → dst	SF,ZF,PF
`or`	dst	src	src | dst → dst	
`xor`	dst	src	src ^ dst → dst	
`test`	dst	src	src & dst (result discarded)	
`not`	dst		~dst → dst	-
`cmp`	dst	src	sub src,dst (result discarded)	OF,SF,ZF,AF,CF,PF

Mnemonic	Operand	Operand	Operation	Touched Flags
`shl/sal`	dst	src	left shift dst of src bits	CF,OF
`shr/sar`	dst	src	right shift dst of src bits	
`rol`	dst	src	left rotate dst of src bits	
`ror`	dst	src	right rotate dst of src bits	

Adição/Subtração Inteira

Mnemonic	Operand	Operand	Operation	Touched Flags
add	dst	src	src + dst → dst	OF,SF,ZF, AF,CF,PF
adc	dst	src	src + dst + CF → dst	
sub	dst	src	dst - src → dst	
sbb	dst	src	dst -src -CF → dst	
inc	dst		dst + 1 → dst	OF,SF,ZF,AF,PF
dec	dst		dst - 1 → dst	
neg	dst		-dst → dst	OF,SF,ZF,AF,PF CF=0 if dst==0

Multiplicação/Divisão Inteira

Mnemonic	Operand	Operation	Flags
mul (unsigned)	reg8	%al*reg8 → %ax	CF,OF
	reg16	%ax*reg16 → %dx.%ax	
	reg32	%eax*reg32 -> %edx.%eax	
imul (signed)	reg8	%al*reg8 → %ax	
	reg16	%ax*reg16 → %dx.%ax	
	reg32	%eax*reg32 -> %edx.%eax	
div (unsigned)	reg8	%ax/reg8 → %al ; %ax mod reg8 → %ah	OF,SF, ZF,AF, CF,PF
	reg16	%dx.%ax/reg16 -> %ax; %dx.%ax mod reg16 -> %dx	
	reg32	%edx.%eax/reg32 -> %eax;%edx.%eax mod reg32 -> %edx	
idiv (signed)	reg8	%ax/reg8→%al ; %ax mod reg8→%ah	
	reg16	%dx.%ax/reg16 -> %ax; %dx.%ax mod reg16 -> %dx	
	reg32	%edx.%eax/reg32 -> %eax;%edx.%eax mod reg32 -> %edx	

Condicional

Teste

- Os condicionais são feitos utilizando uma instrução de pulo e uma de comparação
- A instrução de comparação **cmp**, compara dois operandos fazendo a subtração do primeiro pelo segundo e ativando as *flags* necessárias.

Exemplo

- cmp eax, ebx
- je LO
- Se eax e ebx são iguas então o contador de programa vai pular para o rótulo LO.

Pulos

Mnemonic	Operand	Operation	Notes
`jmp`	lbl	jump to lbl	-
`ja/jne`	lbl	Jump if above / not below or equal	unsigned operands
`jae/jnb`	lbl	Jump if above or equal / not below	
`jbe/jna`	lbl	Jump if below or equal / not above	
`jb/jnae`	lbl	Jump if below / not above or equal	
`jg/jnle`	lbl	Jump if greater / not less or equal	signed operands
`jge/jnl`	lbl	Jump if greater or equal / not less	
`jle/jng`	lbl	Jump if less or equal / not greater	
`jl/jnge`	lbl	Jump if less / not greater or equal	
`je/jz`	lbl	Jump if equal / zero (ZF=1)	equality testing
`jne/jnz`	lbl	Jump if not equal / not zero (ZF-0)	
`jc`	lbl	Jump if (CF=1)	-
`jnc`	lbl	Jump if (CF=0)	
`js`	lbl	Jump if (SF=1)	
`jns`	lbl	Jump if (SF=0)	

Laços

Mnemonic	Operand	Operation
`loop`	lbl	%cx-1→%cx ; if (%cx!=0) jump to lbl
`loope`	lbl	%cx-1→%cx ; if (%cx<>0) and (ZF=1) jump to lbl
`loopne`	lbl	%cx-1→%cx ; if (%cx<>0) and (ZF=0) jump to lbl
`loopz`	lbl	%cx-1→%cx ; if (%cx<>0) and (ZF=1) jump to lbl
`loopnz`	lbl	%cx-1→%cx ; if (%cx<>0) and (ZF=0) jump to lbl

Movimentação de Dados - Ponto Flutuante

Mnemonic	Operand	Operation
`finit`	-	FPU Initialization
`fincstp`	-	Increment the FPU stack pointer
`fdecstp`	-	Decrement the FPU stack pointer
`ffree`	st(i)	Free the content of st(i)
`fldz`	-	Load zero in st(0)
`fld1`	-	Load one in st(0)
`fldpi`	-	Load π in st(0)
`fld`	?	Load a float in st(0)
`fild`	?	Load an int in st(0)
`fst`	?	Write a float in main memory
`fstp`	?	Write a float in main memory and pop
`fxch`	?	Exchange two registers content

Mnemonic	Operand	Operation
`fadd`	-	st(0)+st(1)→st(0)
	mem/st(i)	st(0)+mem/st(i)→st(0)
	mem/st(i) mem/st(j)	st(0)+mem/st(i)→st(0)
`fsub`	-	Similar to `fadd` but for substraction
`fmul/fdiv`	-	Similar to `fadd` but for multiplication/division
`fchs`	-	Change sign
`fabs`	-	Absolute value
`fsqr`	-	Square
`fsqrt`	-	Square root
`fcos`	-	Cosine
`fyl2x`	-	$y*\log_2(x)$
`frndint`	-	Round to integer value

Comparações - Ponto Flutuante

Mnemonic	Operand	Operand	Operation
`fcom`	mem/st(i)	mem/st(j)	Compare two operands, store result in STW
`fcomp`	mem/st(i)	mem/st(j)	Compare two operands, store result in STW and pop
`fcomi`	mem/st(i)	mem/st(j)	Compare two int operands, store result in STW
`fcomip`	mem/st(i)	mem/st(j)	Compare two int operands, store result in STW and pop

O que uma interrupção faz?

- Salva o status atual da CPU e para a atividade atual
- Chama uma subrotina específica
  - Dependendo da chamada da interrupção (0-255) o gerenciador de interrupções carrega um vetor de interrupções e pula para a subrotina correspondente.
- Se várias interrupções acontecem ao mesmo tempo existe uma lista de prioridades
- Quando a subrotina da interrupção termina deve-se retornar o status anterior do CPU e continuar com o processamento anterior.

Tipos de Interrupções

- Harware Interno
  - Evento que ocorre durante a execução de um programa (e.g. divisão por zero, overflow, etc.)
- Harware Externo
  - Evento que ocorre por um controlador de dispositivos externos (e.g. PCI/AGP bus, hard-drive, graphic cards, teclado, etc.)
- Software
  - Eventos produzidos por programas (normalmente o SO). Esses eventos podem ser chamados mediante a instrução **int**.

Interrupções do LINUX

ID	Message
0x00	Division Error
0x01	Single Step Mode (Debug)
0x02	NMI Interrupt
0x03	Breakpoint
0x04	Overflow
0x05	Bound Range Exceeded
0x06	Invalid Opcode
0x07	Coprocessor Not Available
0x08	Double Exception
0x09	Coprocessor Segment Overrun
0x0a	Invalid Task State Segment
0x0b	Segment Not Present
0x0c	Stack Fault
0x0d	General Protection
0x0e	Page Fault
0x0f	Reserved
0x10	Coprocessor Error
0x11-0x1f	Reserved
0x12-0xffffff	Coprocessor Error

Chamadas ao Sistema (System Calls)

System Call

- A chamada ao sistema é uma chamada para que o kernel do SO realize uma determinada tarefa.
- A chamada ao sistema é na verdade uma interrupção, porém utilizada para chamar uma subrotina do kernel do SO.

Formato

- Argumentos:
  - eax: Identificador da chamada ao sistema
  - ebx,ecx,edx,esi,edi: argumentos da chamada
- Chamada:
  - int 80h
- Exemplo:
  - mov eax,1
  - mov ebx,0
  - int 80h

Chamadas ao Sistema do LINUX

%eax	Name	%ebx	%ecx	%edx	%esi	%edi
1	sys_exit	int	-	-	-	-
2	sys_fork	struct pt_regs	-	-	-	-
3	sys_read	unsigned int	char*	size_t	-	-
4	sys_write	unsigned int	const char*	size_t	-	-
5	sys_open	const char*	int	int	-	-
6	sys_close	unsigned int	-	-	-	-
7	sys_waitpid	pid_t	unsigned int	int	-	-
8	sys_create	const char*	int	-	-	-
9	sys_link	const char*	const char*	-	-	-
10	sys_unlink	const char*	-	-	-	-
11	sys_execve	struct pt_regs	-	-	-	-
12	sys_chdir	const char*	-	-	-	-
13	sys_time	int*	-	-	-	-
14	sys_mknod	const char*	mode_t	dev_t	-	-
15	sys_chmod	const char*	mode_t	-	-	-
...	...	...	...	...	...	...

Exemplos

Exemplo 1

```
section .data
msg db 'Hello Word!',0dH,0ah  ;0dh+0ah é código do CR+LF
section .text
global _start
_start:    mov eax,4    ;system call ID (sys_write)
           mov ebx,1    ;primeiro argumento: file handler (stdout)
           mov ecx,msg  ;segundo argumento: ponteiro à string
           mov edx,13   ;terceiro argumento: tamanho da string
           int 80h      ;chamada à system call
           mov eax,1
           mov ebx,0
           int 80h
```

Exemplo 2

```
section .data
Snippet db 'KANGAROO',0dH,0ah
section .text
global _start
_start:    mov eax,4
           mov ebx,1
           mov ecx,Snippet
           mov edx,10
           int 80h
           mov ebx,Snippet
           mov eax,8
DoMore:    add byte [ebx],32
           inc ebx
           dec eax
           Jnz DoMore
           mov eax,4
           mov ebx,1
           mov ecx,Snippet
           mov edx,10
           int 80h
           mov eax,1
           mov ebx,0
           int 80h
```

Exemplo 3 - parte 1

```
section .data
name_msg        db    'Please enter your name: '
NAMESIZE        EQU    $-name_msg
query_msg       db    'How many times to repeat welcome message? '
QUERYSIZE       EQU    $-query_msg
confirm_msg1    db    'Repeat welcome message '
CONF1SIZE       EQU    $-confirm_msg1
confirm_msg2    db    ' times? (y/n) '
CONF2SIZE       EQU    $-confirm_msg2
welcome_msg     db    'Welcome to Assembly Language Programming '
WELCSIZE        EQU    $-welcome_msg
nwln              db     0Dh,0Ah
NWLNSIZE        EQU    $-nwln
section .bss
user_name     resb  16
response      resb  1
...
```

Exemplo 3 - parte 2

```
...
section .text
global _start
_start:
     mov eax,4
     mov ebx,1
     mov ecx,name_msg
     mov edx,NAMESIZE
     int 80h
     mov eax,3
     mov ebx,0
     mov ecx,user_name
     mov edx,16
     int 80h
ask_count:
     mov eax,4
     mov ebx,1
     mov ecx,query_msg
     mov edx,QUERYSIZE
     int 80h
     mov eax,3
     mov ebx,0
     mov ecx,response
     mov edx,1
     int 80h
...
```

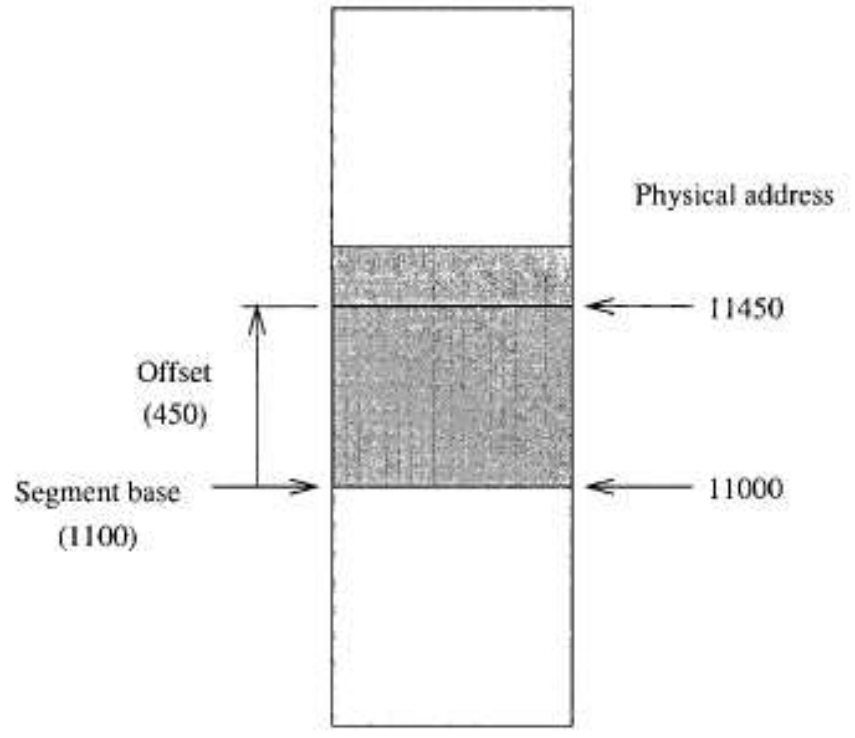
```
...
    mov ECX,0
    mov CL,[response]
    sub CL,0x30
display_msg:
    push ECX
    mov eax,4
    mov ebx,1
    mov ecx,welcome_msg
    mov edx,WELCSIZE
    int 80h
    mov eax,4
    mov ebx,1
    mov ecx,user_name
    mov edx,16
    int 80h
    mov eax,4
    mov ebx,1
    mov ecx,nwln
    mov edx,NWLNSIZE
    int 80h
    pop ECX
    loop  display_msg
    mov eax,1
    mov ebx,0
    int 80h
```

Acesso à Memória

- Os endereços da memória física são chamados **endereços físicos**, enquanto os endereços utilizados nos programas são chamados **endereços lógicos**, e dependem da forma de acessar a memória.
- A arquitetura IA-32 possui capacidade de endereçamento 4Gbytes (endereços físicos de 32 bits)
- Dois modos de acessar a memória:
  - Real mode (16 bits, compatibilidade com 8086)
  - Protected mode (32 bits, modo nativo de IA-32)

Real Mode

- Compatibilidade com 8086, somente 1M de memória é acessível (Endereço físico de 20 bits)
- A memória é acessada de forma segmentada, com segmentos de 16 bits e offsets de 16 bits.
- Utilizado somente quando é necessário guardar compatibilidade com 16 bits.



Endereço Físico e Lógico

- Os segmentos são diferenciados no uso: código, dados, pilha.
- Cada segmento tem tamanho de 64k
- Os segmentos podem estar em qualquer posição na memória
- Um programa pode acessar até 6 segmentos simultâneos

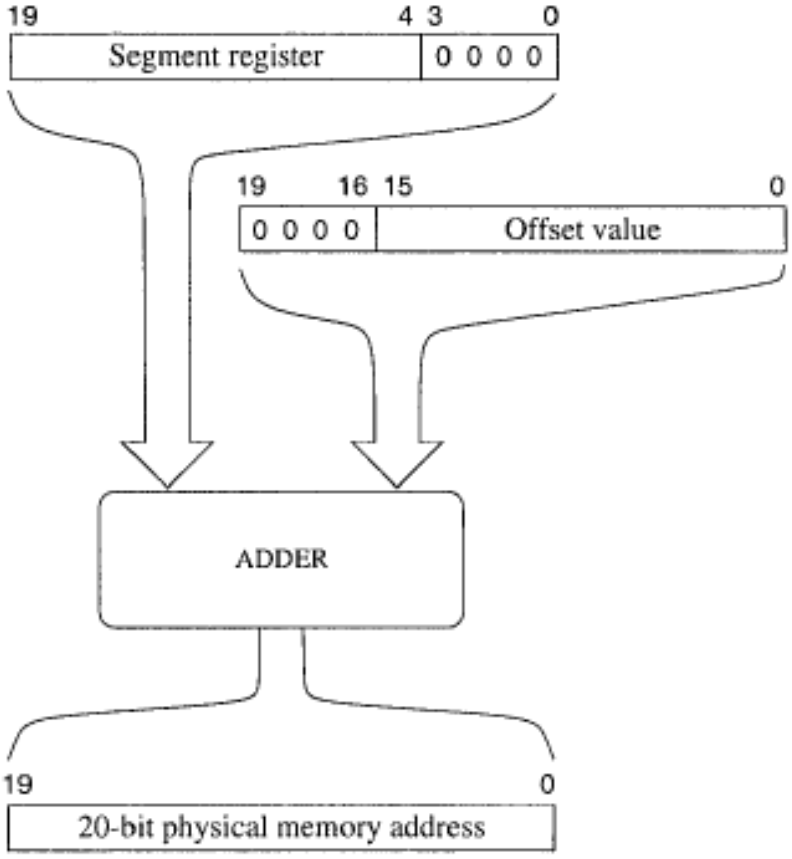
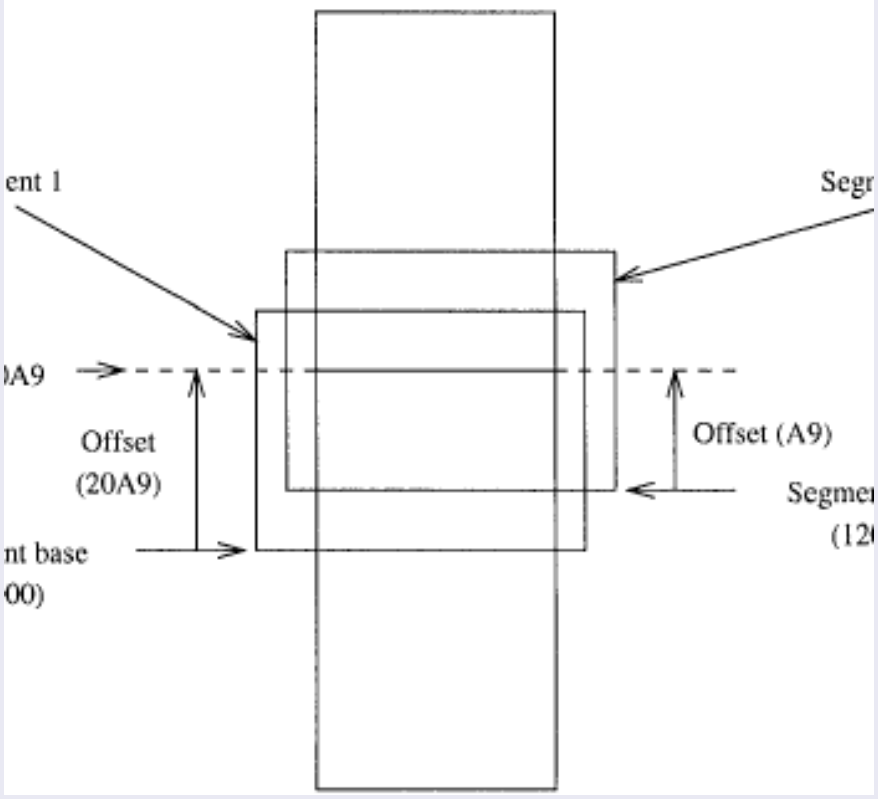


Figure 4.12 Physical address generation in the real mode.

Segementos

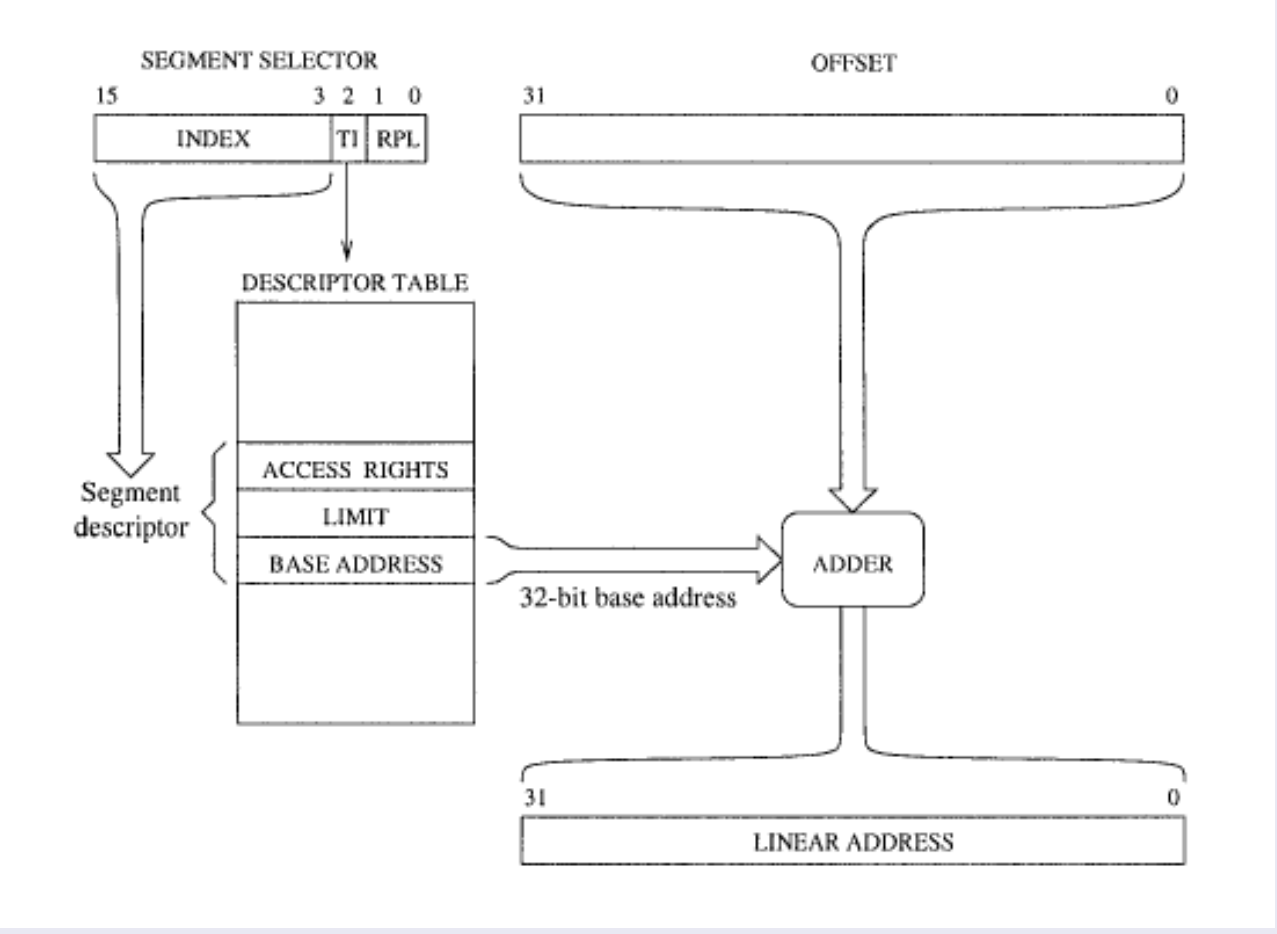
- Os segmentos são independentes, e podem ser contíguos, disjuntos, parcialmente ou totalmente sobrepostos



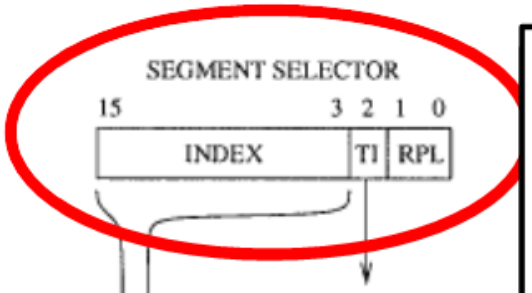
Modo Nativo - Pretected Mode

- Neste modo existe tanto paginação quanto segmentação
- Segmentação traduz endereços lógicos em endereços lineares.
- Paginação é utilizada para memória virtual
  - Transparentes para programas aplicativos.
  - Traduz endereços lineares em endereços físicos.

Segmentação

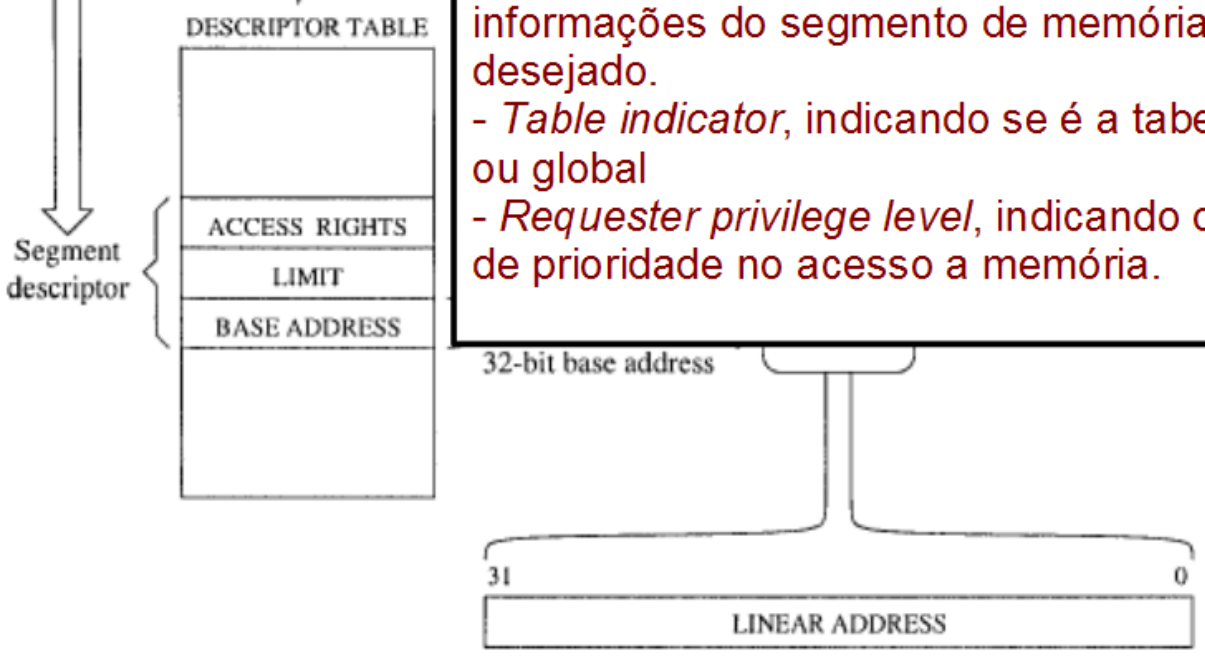


Segmentação

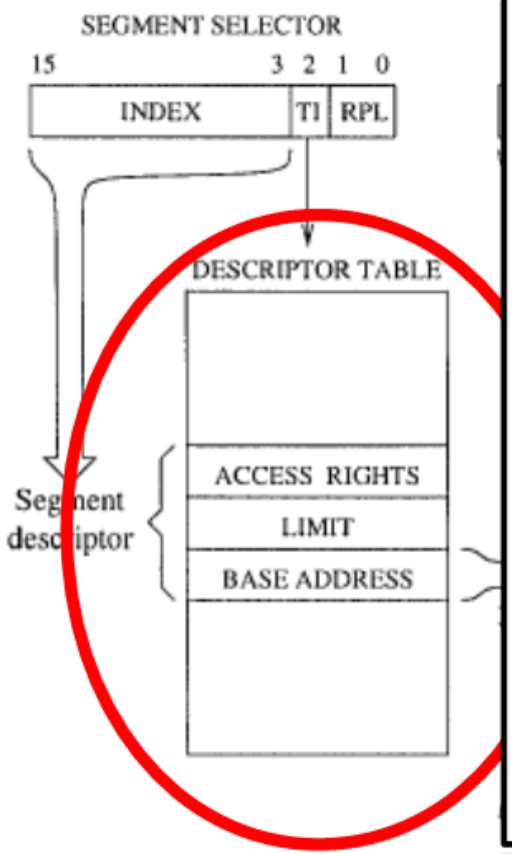


Seletor de Segmento

Contéudo armazenado em um registrador de segmentos (16 bits) (CS,SS, DS, etc).
- índice na *descriptor table*, das informações do segmento de memória desejado.
- *Table indicator*, indicando se é a tabela local ou global
- *Requester privilege level*, indicando o nível de prioridade no acesso a memória.



Segmentação



Descriptor Table

Global Descriptor Table: somente uma.
Dados disponíveis a todos os programas

Local Descriptor Table: cada programa tem sua tabela.
Um programa somente consegue acessar segmentos descritos na sua tabela local (ou na tabela global)

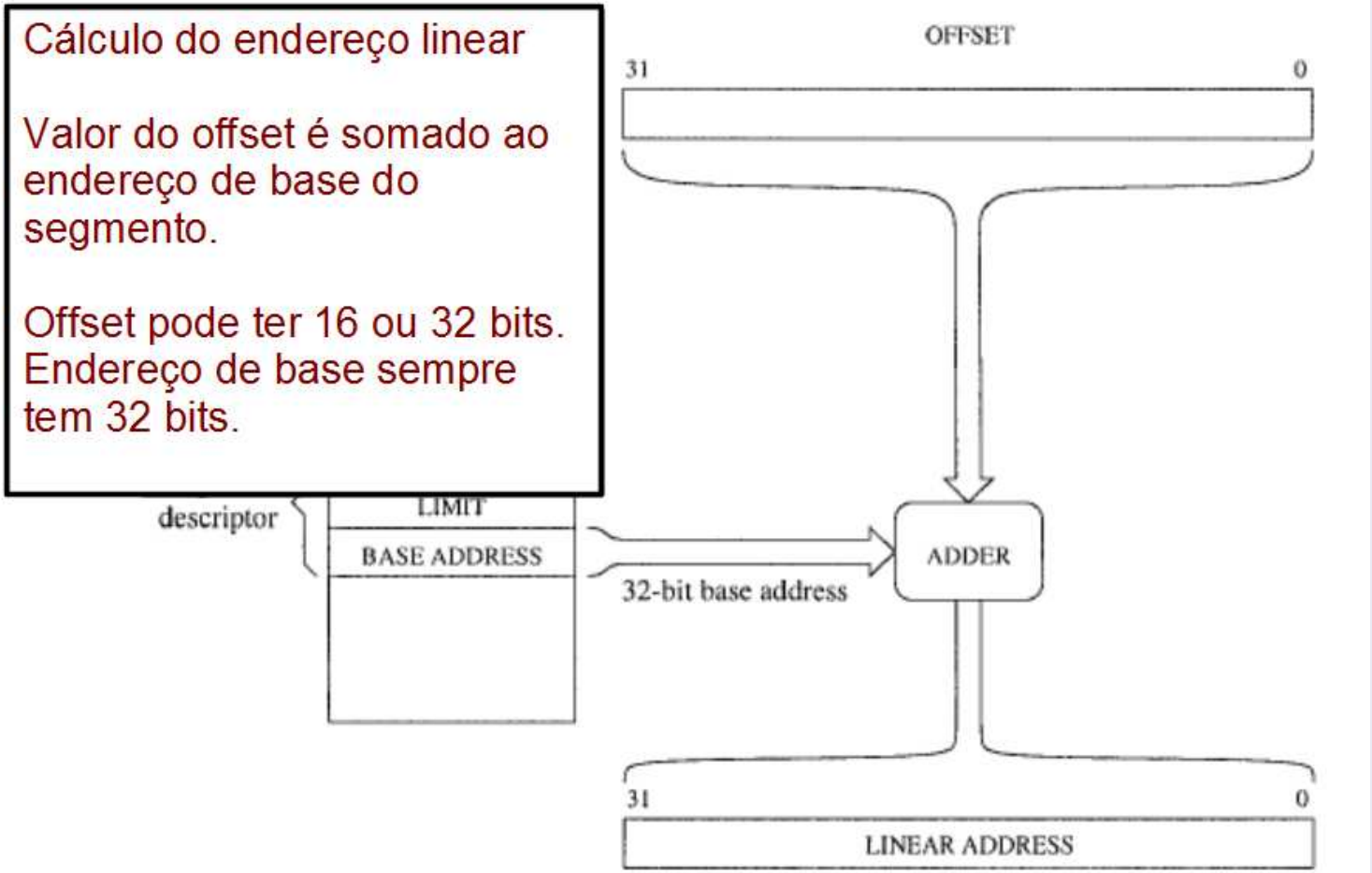
Cada item da tabela contém campos que descrevem um segmento:
Endereço inicial do segmento
Limite (tamanho) do segmento
Direitos de acesso ao segmento

Segmentação

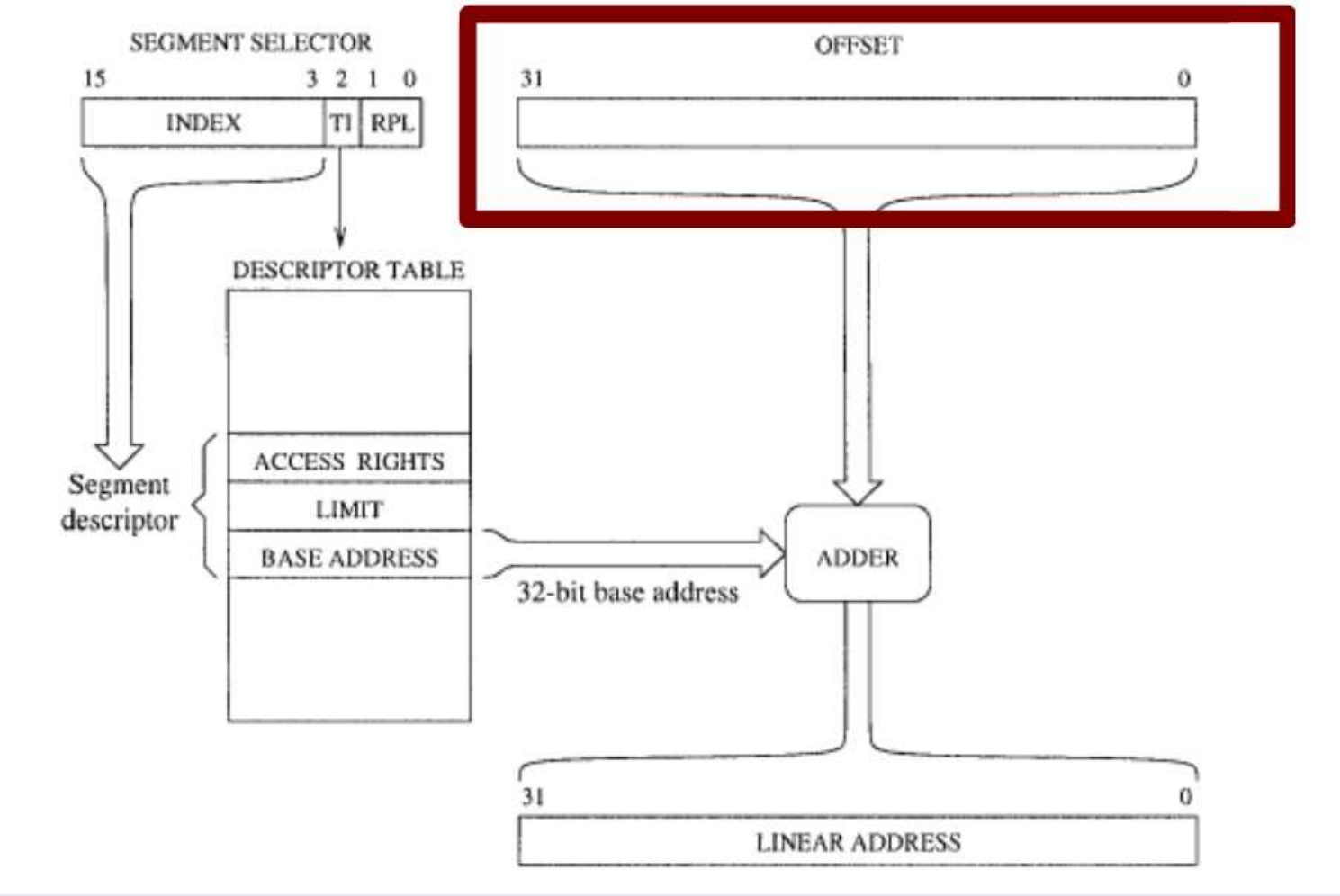
Cálculo do endereço linear

Valor do offset é somado ao endereço de base do segmento.

Offset pode ter 16 ou 32 bits. Endereço de base sempre tem 32 bits.

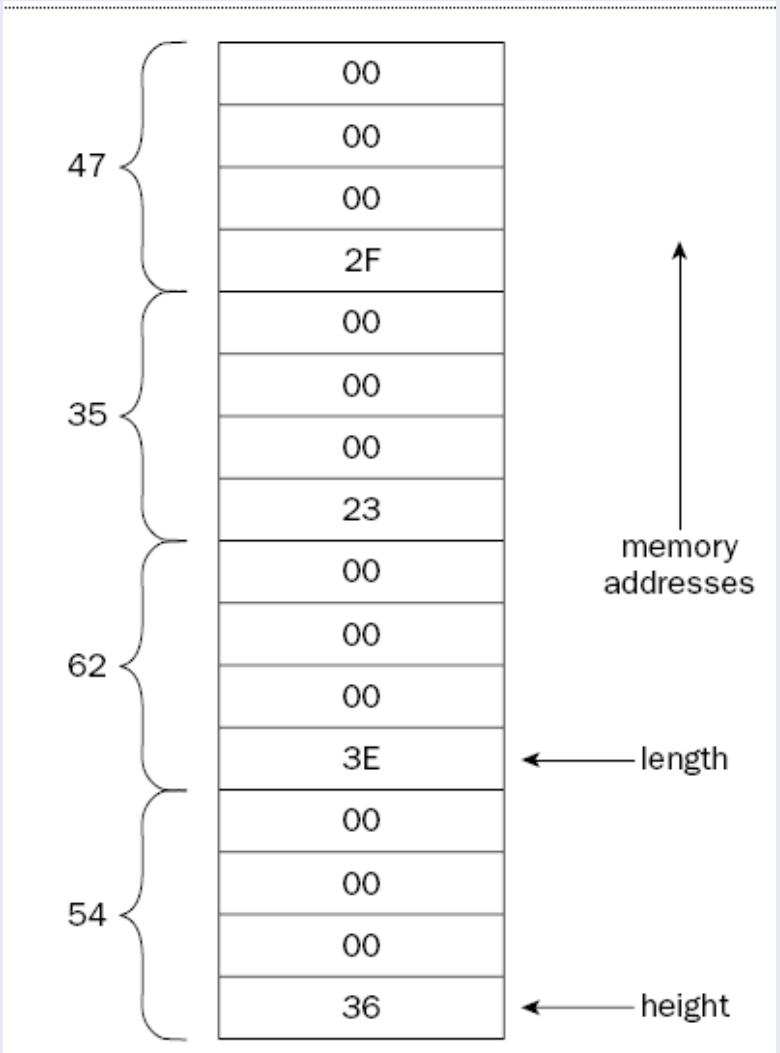


Offset: Determinado pelo Programa/aplicativo



Segementos

- Utiliza *little endian*. O que significa que o byte menos significativo no enderço menor.
- Exemplo: height dd 54, length 62,35,47



Tamanhos Padrão

Nome	Tamanho em Bits	Tamanho em Bytes
Bit	1	-
Byte	8	1
Word	16	2
Double Word	32	4
Quad Word	64	8
Ten Byte	80	10
Paragráfo	480	16
Página	2048	256
Segmento	524280	65535

Próxima Aula

Modos de Endereçamento