Estrutura do tema ISA do IA-32

1. Desenvolvimento de programas no IA-32 em Linux
2. Acesso a operandos e operações
3. Suporte a estruturas de controlo
4. Suporte à invocação/regresso de funções
5. Análise comparativa: IA-32 *vs*. x86-64 e RISC (MIPS e ARM)
6. Acesso e manipulação de dados estruturados

Acesso a operandos no IA-32: sua localização e modos de acesso

Localização de operandos no IA-32

- valores de constantes (ou valores imediatos)
  - incluídos na instrução, i.e., no Reg. Instrução (IR)
- variáveis escalares
  - sempre que possível, em registos (inteiros/apontadores) / *fp* ; se não...
  - na memória (inclui *stack*)
- variáveis estruturadas
  - sempre na memória, em células contíguas

Modos de acesso a operandos no IA-32

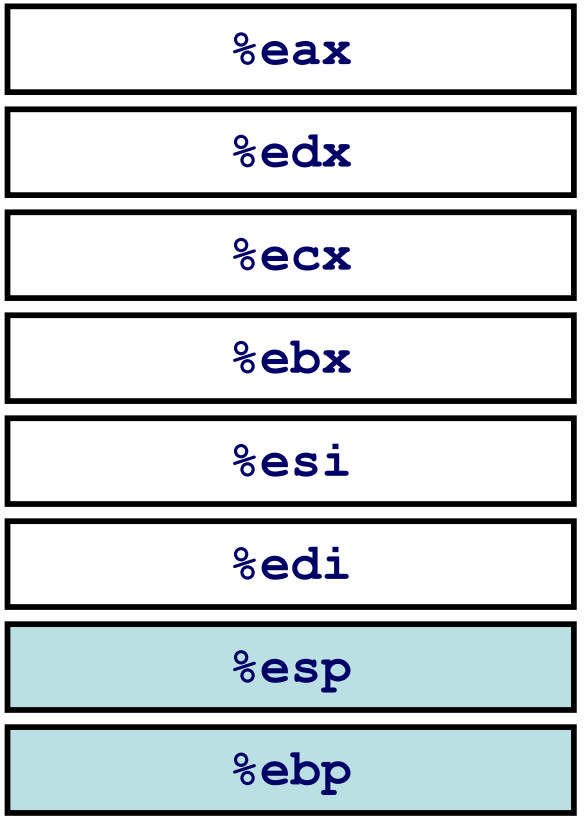
- em instruções de transferência de informação
  - instrução mais comum: `movx` , sendo `x` o tamanho (`b`, `w`, `l`)
  - algumas instruções atualizam apontadores (por ex.: `push`, `pop`)
- em operações aritméticas/lógicas

Análise de uma instrução de transferência de informação

- Transferência simples

  `movl` *`Source,Dest`*
  - move um valor de 4 *bytes* (“*long*”)
  - instrução mais comum em código IA-32

- Tipos de operandos
  - imediato: valor constante do tipo inteiro
    - como a constante em C, mas com prefixo ‘`$`’
    - ex.: `$0x400`, `$-533`
    - codificado com 4 *bytes* (em `movl`)
  - em registo: um de 8 registos inteiros
    - mas… `%esp` e `%ebp` estão reservados…
    - e outros poderão ser usados implicitamente…
  - em memória: 4 *bytes* consecutivos de memória (em `movl`)
    - vários modos de especificar a sua localização (o endereço)…



Análise da localização dos operandos na instrução `movl`

	Fonte	Destino		Equivalente em C
`movl`	*Imm*	*Reg*	`movl $0x4,%eax`	`temp = 0x4;`
		Mem	`movl $-147,(%eax)`	`*p = -147;`
	Reg	*Reg*	`movl %eax,%edx`	`temp2 = temp1;`
		Mem	`movl %eax,(%edx)`	`*p = temp;`
	Mem	*Reg*	`movl (%eax),%edx`	`temp = *p;`
		Mem	**não é possível no IA-32 efetuar transferências memória-memória com uma só instrução**	

Modos de endereçamento à memória no IA-32 (1)

- **Indireto (*normal*)** **(R)** `Mem[Reg[R]]`
  - conteúdo do registo **R** especifica o endereço de memória

```
movl  (%ecx),%eax
```

- **Deslocamento** **D(R)** `Mem[Reg[R]+D]`
  - conteúdo do registo **R** especifica início da região de memória
  - deslocamento c^{te} **D** especifica distância do início (em *bytes*)

```
movl  -8(%ebp),%edx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (1)

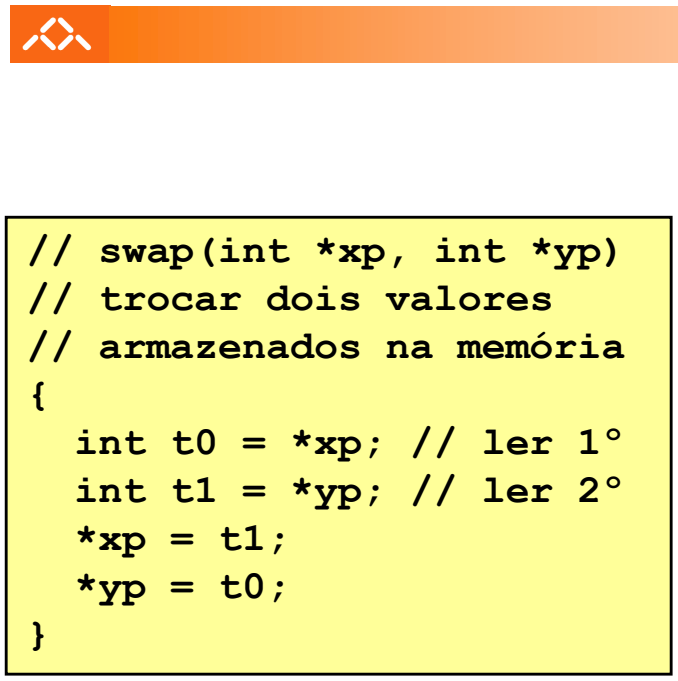
```
// swap(int *xp, int *yp)
// trocar dois valores
// armazenados na memória
{
  int t0 = *xp; // ler 1°
  int t1 = *yp; // ler 2°
  *xp = t1;
  *yp = t0;
}
```

```
// Código assembly gerado pelo gcc
movl (%ecx),%eax # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx) # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx) # *yp = ebx
```

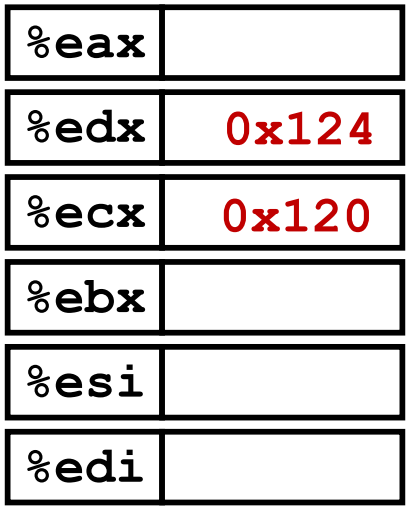
```
// registos atribuídos pelo gcc
```

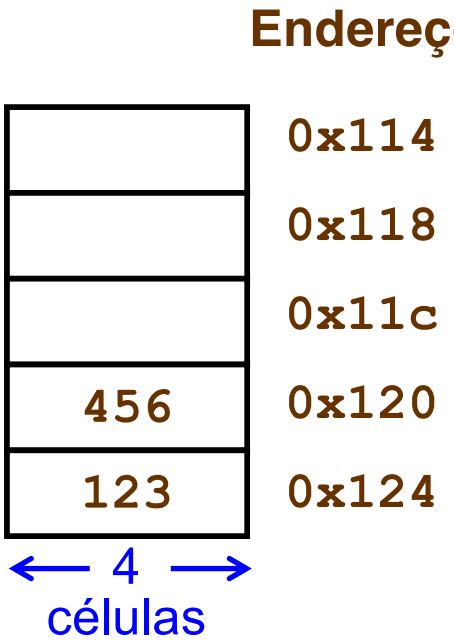
Registo	Variável
%ecx	yp (apontador para o 2° valor)
%edx	xp (apontador para o 1° valor)
%eax	t1
%ebx	t0

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (2)



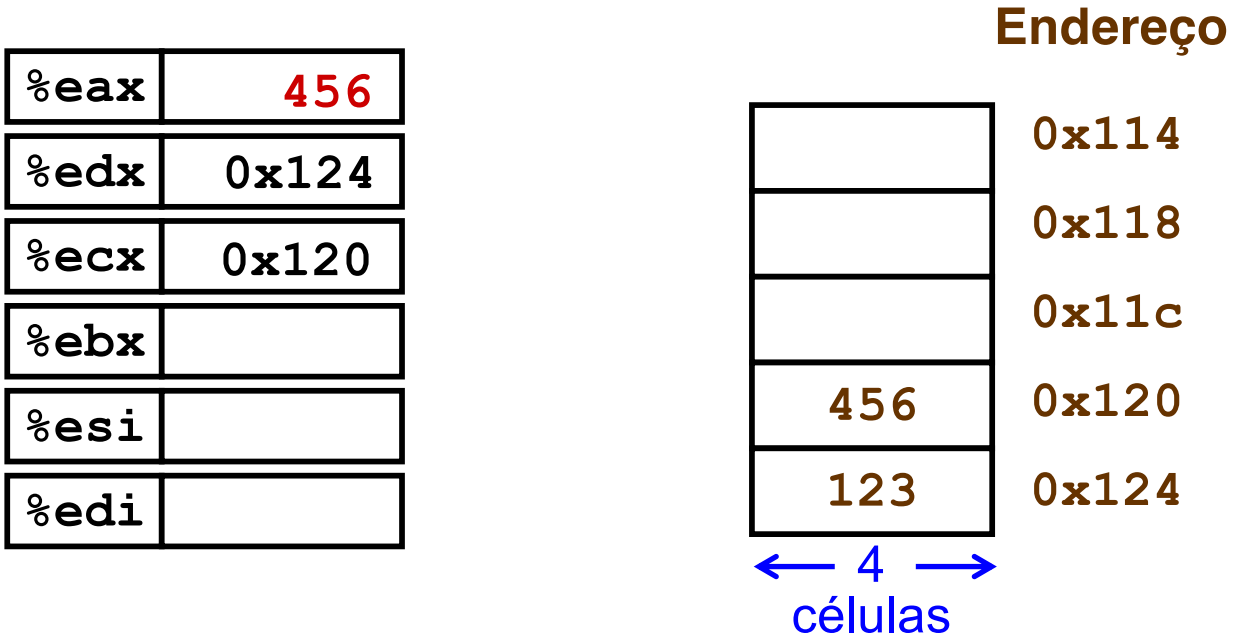
```
// swap(int *xp, int *yp)
// trocar dois valores
// armazenados na memória
{
  int t0 = *xp; // ler 1°
  int t1 = *yp; // ler 2°
  *xp = t1;
  *yp = t0;
}
```





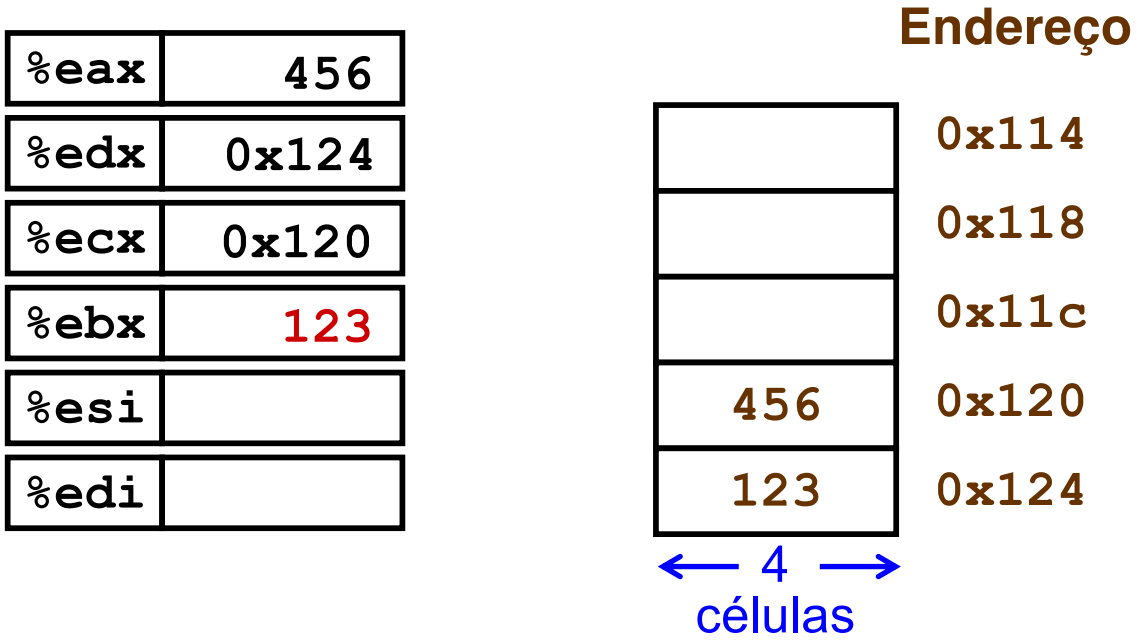

```
movl …,%ecx          # ecx = yp
movl …,%edx          # edx = xp
movl (%ecx),%eax     # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx     # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx)     # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx)     # *yp = ebx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (3)



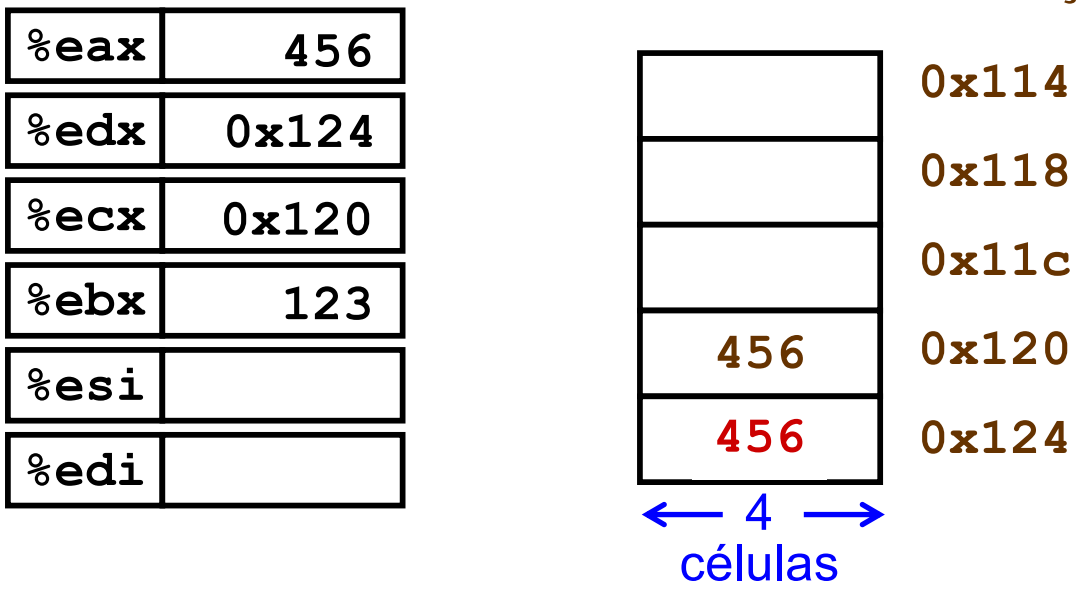

```
movl …,%ecx          # ecx = yp
movl …,%edx          # edx = xp
movl (%ecx),%eax     # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx     # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx)     # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx)     # *yp = ebx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (7)



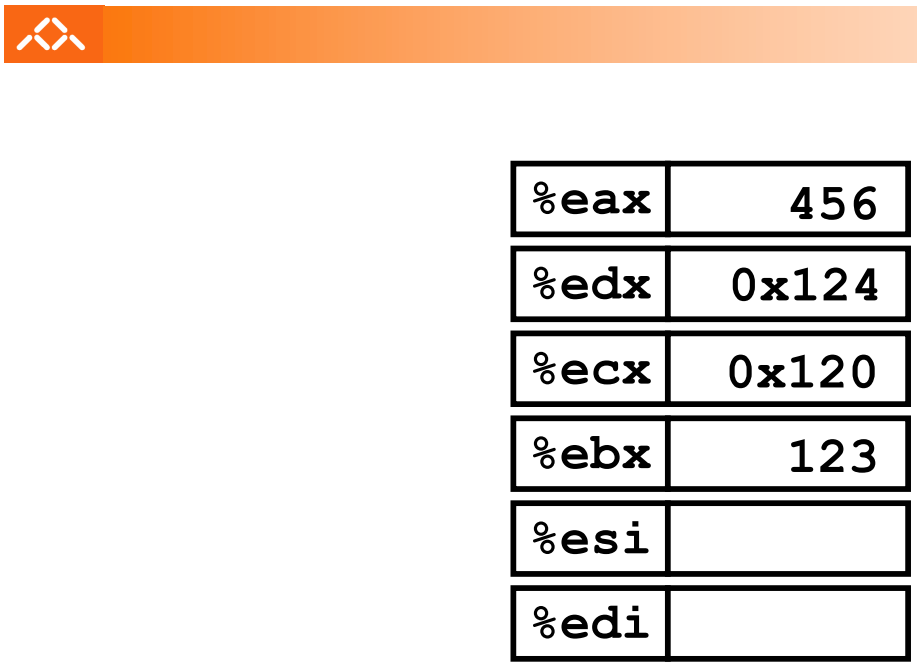

```
movl …,%ecx          # ecx = yp
movl …,%edx          # edx = xp
movl (%ecx),%eax     # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx     # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx)     # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx)     # *yp = ebx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (5)

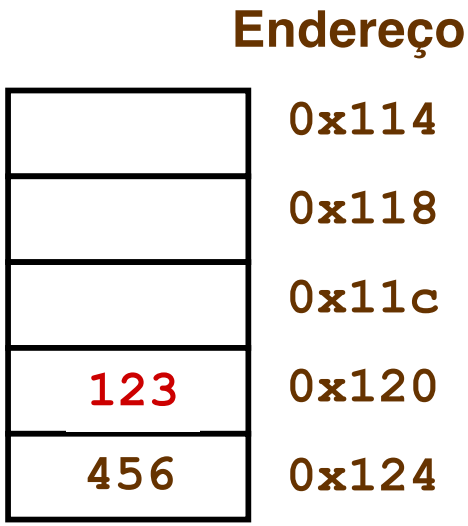



```
movl …,%ecx          # ecx = yp
movl …,%edx          # edx = xp
movl (%ecx),%eax     # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx     # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx)     # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx)     # *yp = ebx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (7)



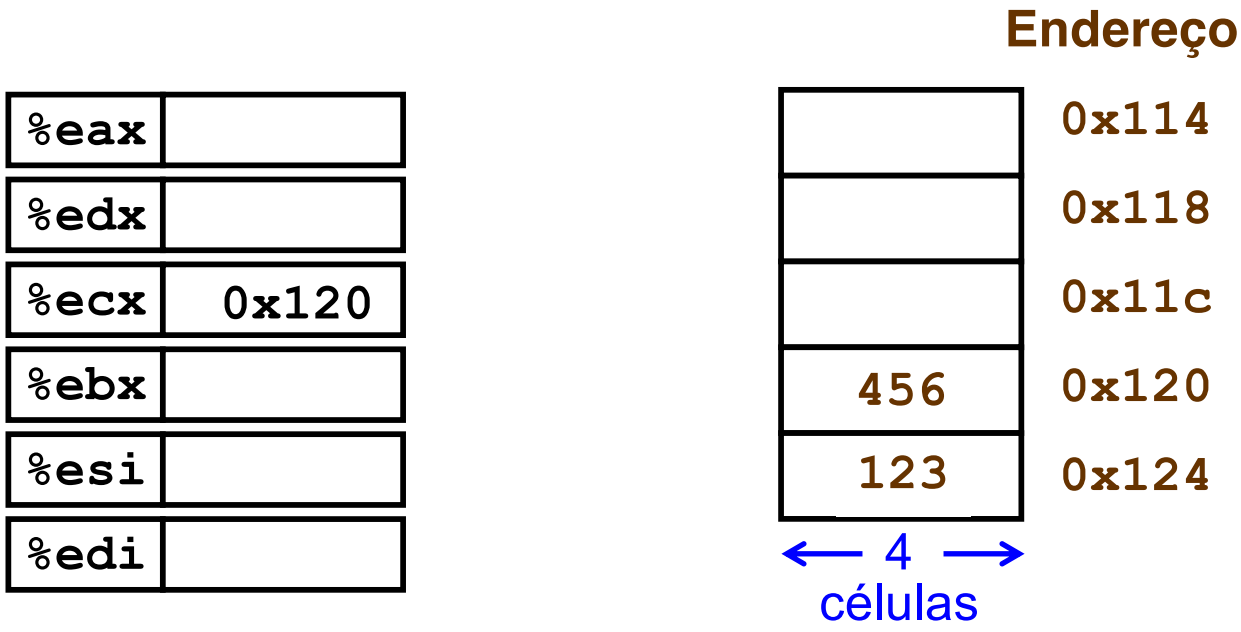
%eax	456
%edx	0x124
%ecx	0x120
%ebx	123
%esi	
%edi	



Corpo

```
movl …,%ecx          # ecx = yp
movl …,%edx          # edx = xp
movl (%ecx),%eax     # eax = *yp (t1)
movl (%edx),%ebx     # ebx = *xp (t0)
movl %eax,(%edx)     # *xp = eax
movl %ebx,(%ecx)     # *yp = ebx
```

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (6)




```
// programa equivalente usando o modo com deslocamento
    movl …,%ecx           # um registo para os dois valores
    movl (%ecx),%eax      # eax = *yp (t1)
    movl 4(%ecx),%ebx     # ebx = *(yp+1) (t0)
    movl %eax,4(%ecx)     # *(yp+1) = eax
    movl %ebx,(%ecx)      # *yp = ebx
```

Modos de endereçamento à memória no IA-32 (2)

- Indirecto (R) `Mem[ Reg[R] ]...`
- Deslocamento D(R) `Mem[ Reg[R] + D ] ...`
- **Indexado** **D(Rb,Ri,S)** `Mem[Reg[Rb]+S*Reg[Ri]+D]`

D: **D**eslocamento constante de 1, 2, ou 4 *bytes*

Rb: **R**egisto **b**ase: quaisquer dos 8 Reg Int

Ri: **R**egisto **i**ndexação: qualquer, exceto `%esp`

S: ***S**cale*: 1, 2, 4, ou 8

Casos particulares:

(Rb,Ri) `Mem[ Reg[Rb] + Reg[Ri] ]`

D(Rb,Ri) `Mem[ Reg[Rb] + Reg[Ri] + D ]`

(Rb,Ri,S) `Mem[ Reg[Rb] + S*Reg[Ri] ]`

Exemplo de instrução do IA-32 apenas para cálculo do apontador para um operando (1)

`leal` *Src,Dest*

- ***Src*** contém a expressão para cálculo do endereço
- ***Dest*** vai receber o resultado do cálculo da expressão
- nota: `lea` => *load effective address*

- **Tipos de utilização desta instrução:**
  - cálculo de um endereço de memória (sem aceder à memória)
    - Ex.: tradução de `p = &x[i];`
  - cálculo de expressões aritméticas do tipo

    `a = cte + x + k*y` **`onde cte =>`** inteiro com sinal

    `x` e **`y`** **=>** variáveis em registos

    `k` = 1, 2, 4, ou 8

    D(Rb,Ri,S)

- **Exemplos ...**

Exemplo de instrução do IA-32 apenas para cálculo do apontador para um operando (2)

`leal` ***Source***`,%eax`

`%edx`	`0xf000`
`%ecx`	`0x100`

Source	Expressão	-> %eax
`0x8(%edx)`	`0xf000 + 0x8`	`0xf008`
`(%edx,%ecx)`	`0xf000 + 0x100`	`0xf100`
`(%edx,%ecx,4)`	`0xf000 + 4*0x100`	`0xf400`
`0x80(,%edx,2)`	`2*0xf000 + 0x80`	`0x1e080`

D(Rb,Ri,S)

Instruções de transferência de informação no IA-32

movx	**S,D**	D←S	Move (**b**yte, **w**ord, **l**ong-word)
movsbl	**S,D**	D←SignExtend(S)	Move Sign-Extended Byte
movzbl	**S,D**	D←ZeroExtend(S)	Move Zero-Extended Byte
push	**S**	%esp ← %esp - 4; Mem[%esp] ← S	Push
pop	**D**	D←Mem[%esp]; %esp ←%esp+ 4	Pop
lea	**S,D**	D← &S	Load Effective Address

D – destino [Reg | Mem] **S** – fonte [Imm | Reg | Mem]
D e **S** não podem ser ambos operandos em memória no IA-32

Operações aritméticas e lógicas no IA-32

inc	D	D← D +1	Increment
dec	D	D← D –1	Decrement
neg	D	D← -D	Negate
not	D	D← ˜D	Complement
add	S, D	D← D + S	Add
sub	S, D	D← D – S	Subtract
imul	S, D	D← D * S	32 bit Multiply
and	S, D	D← D & S	And
or	S, D	D← D | S	Or
xor	S, D	D← D ˆ S	Exclusive-Or
shl	k, D	D← D << k	Left Shift
sar	k, D	D← D >> k	Arithmetic Right Shift
shr	k, D	D← D >> k	Logical Right Shift