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/retorno de funções
5. Acesso e manipulação de dados estruturados
6. Análise comparativa: IA-32 (CISC) e MIPS (RISC)

Localização de operandos no IA-32

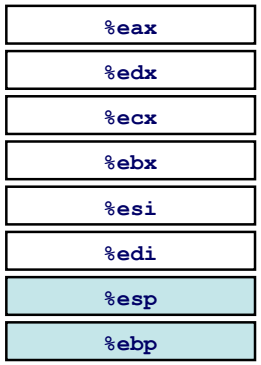
- valores de constantes (ou valores imediatos)
  - incluídos na instrução, i.e., no Reg. Instrução
- variáveis escalares
  - sempre que possível, em registos (inteiros/apont) / *fp* ; se não...
  - na memória
- variáveis estruturadas
  - sempre na memória, em células contíguas

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 actualizam apontadores (por ex.: `push`, `pop`)
- em operações aritméticas/lógicas

- Transferência simples

  `movl` *`Source,Dest`*
  - move uma *word* de 4 *bytes* ("*long*")
  - instrução mais comum em código de IA-32
- Tipos de operandos
  - imediato: valor constante do tipo inteiro
    - como a constante C, mas com prefixo '`$`'
    - ex.: `$0x400`, `$-533`
    - codificado com 1, 2, ou 4 *bytes*
  - em registo: um de 8 registos inteiros
    - mas… `%esp` and `%ebp` reservados…
    - outros poderão ser usados implicitamente…
  - em memória: 4 *bytes* consecutivos de memória
    - vários modos de especificar o endereço…



	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 IA32 efectuar transferências memória-memória numa só instrução**	

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

- **Indirecto (*normal*) (R) Mem[Reg[R]]**
  - registo R especifica o endereço de memória

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

- **Deslocamento D(R) Mem[Reg[R]+D]**
  - registo R especifica início da região de memória
  - deslocamento constante D especifica distância do início

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


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

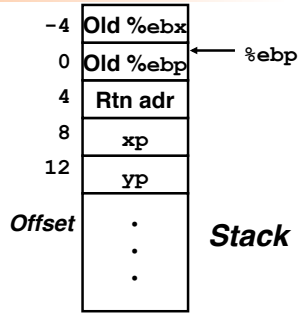
```
void swap(int *xp, int *yp)
{
  int t0 = *xp;
  int t1 = *yp;
  *xp = t1;
  *yp = t0;
}
```

```
swap:
    pushl %ebp
    movl  %esp,%ebp
    pushl %ebx

    movl 12(%ebp),%ecx
    movl 8(%ebp),%edx
    movl (%ecx),%eax
    movl (%edx),%ebx
    movl %eax,(%edx)
    movl %ebx,(%ecx)

    movl -4(%ebp),%ebx
    movl %ebp,%esp
    popl %ebp
    ret
```

Arranque — **Corpo** — **Término**

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

```
void swap(int *xp, int *yp)
{
  int t0 = *xp;
  int t1 = *yp;
  *xp = t1;
  *yp = t0;
}
```

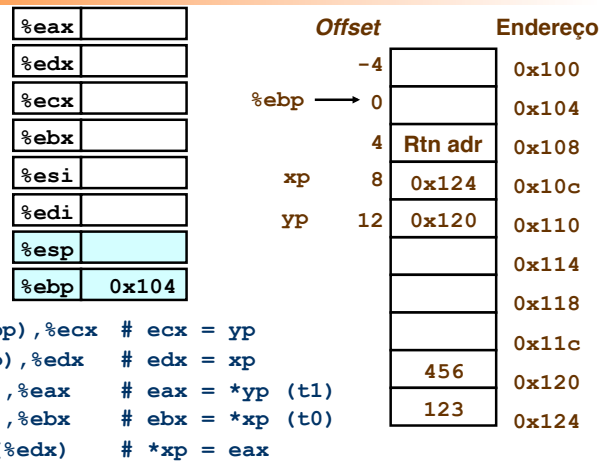


Registo	Variável
%ecx	yp
%edx	xp
%eax	t1
%ebx	t0

Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx    # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

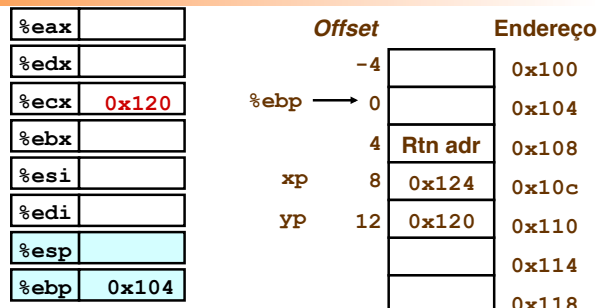

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (3)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx    # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

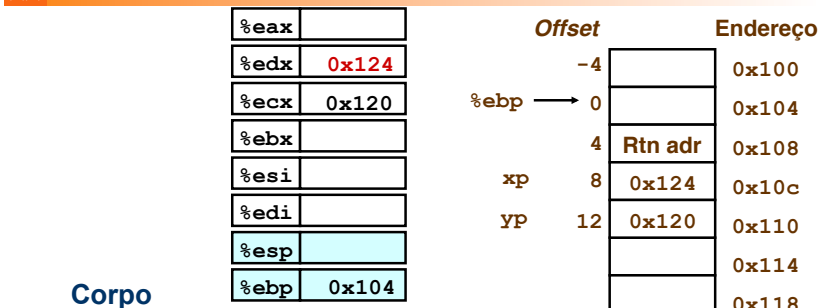
Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (4)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

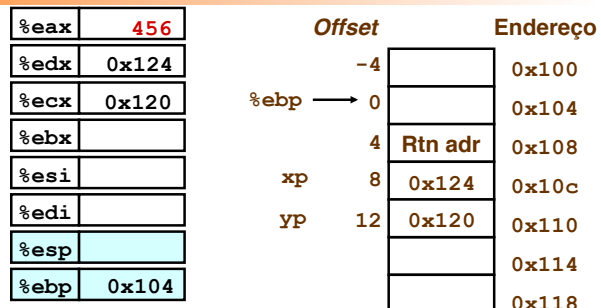

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (5)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

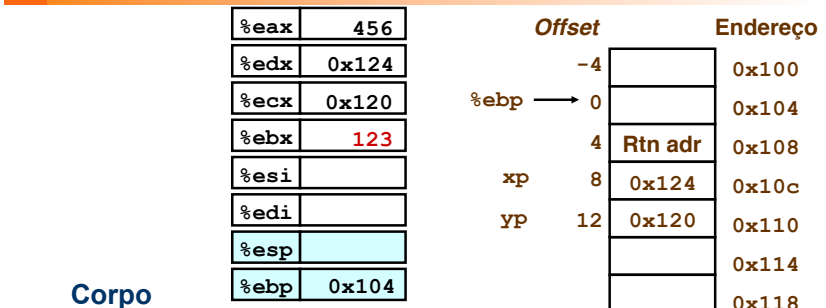

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (6)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

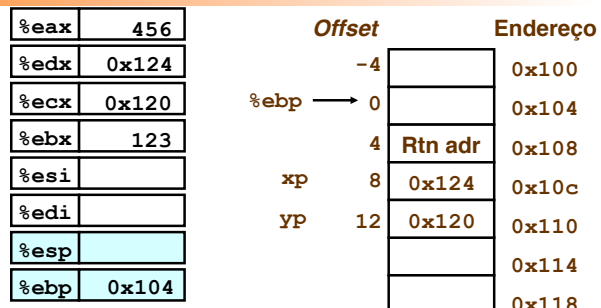

Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (7)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```

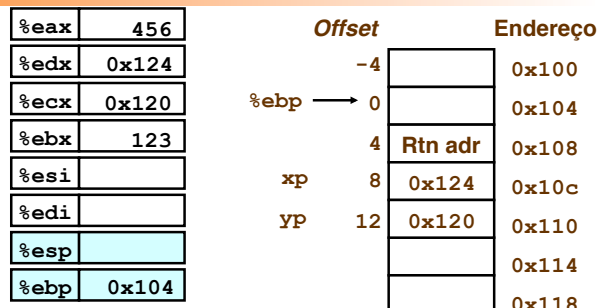
Exemplo de utilização de modos simples de endereçamento à memória no IA-32 (8)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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 (9)



Corpo

```
movl 12(%ebp),%ecx   # ecx = yp
movl 8(%ebp),%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
```


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: Deslocamento constante de 1, 2, ou 4 *bytes*
Rb: Registo Base: quaisquer dos 8 Reg Int
Ri: Registo Indexação: qualquer, excepto `%esp`
S: Scale: 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 endereço efectivo do operando (1)

`leal` *Src,Dest*

- ***Src*** contém a expressão para cálculo do endereço
- ***Dest*** vai receber o resultado do cálculo da expressão

- **Tipos de utilização desta instrução:**
  - cálculo de um endereço sem acesso à memória
    - Ex.: tradução de `p = &x[i];`
  - cálculo de expressões aritméticas do tipo
    `x + k*y` **para** `k` = 1, 2, 4, or 8

- **Exemplo ...**

Exemplo de instrução do IA-32 apenas para cálculo do endereço efectivo do 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`

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 ^ 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