A arquitectura IA32

A arquitectura de um processador é caracterizada pelo conjunto de atributos que são visíveis ao programador.

- Tamanho da palavra
- Número de registos visíveis
- Número de operandos
- Endereçamento de operandos
- O conjunto de instruções

IA32 – O tamanho da palavra

Este é um parâmetro fundamental do sistema que determina, em *bits*:

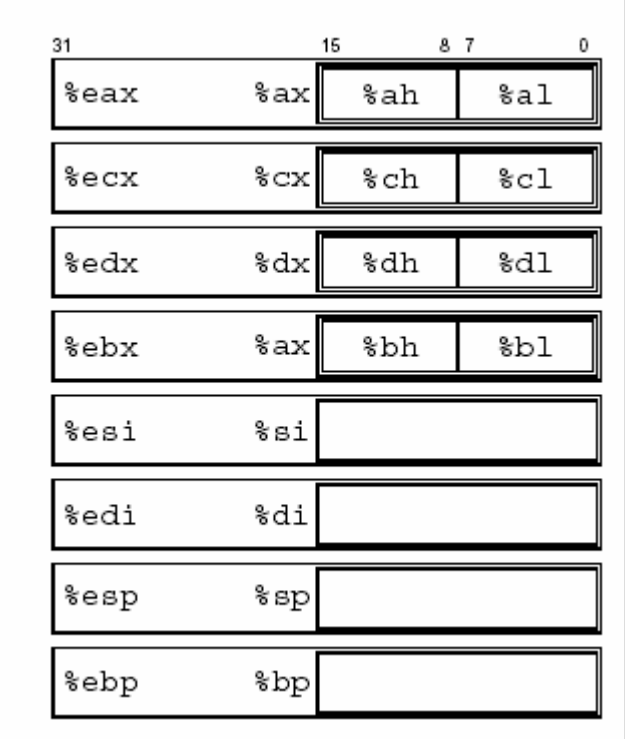
- o tamanho, por defeito, dos números inteiros
- o tamanho dos endereços
- o tamanho dos registos de uso genérico

O IA32 tem uma palavra de 32 *bits*, mas, por razões históricas, são as quantidades de 16 *bits* que são referenciadas como palavras (w), sendo as quantidades de 32 *bits* referenciadas como palavras longas (l).

32 *bits* permitem endereçar 2^{32} *bytes* = 4 Gbytes

IA32 – Registos visíveis

8 registos genéricos de 32 *bits* acessíveis em quantidades de 8 e 16 *bits*



%ax, %bx, %cx, %dx – 16 bits menos significativos dos respectivos registos

%ah, %bh, %ch, %dh – 2º byte menos significativo dos respectivos registos

%al, %bl, %cl, %dl – byte menos significativo dos respectivos registos

Apesar de genéricos, alguns destes registos são implicitamente usados por algumas instruções: %eax, %esp.

Número de operandos

a = b + c; uma operação aritmética binária tem 3 operandos.

O conjunto de instruções de uma máquina pode suportar um número diferente de operandos:

0 operandos – os operandos estão no topo da stack e o resultado é posto no topo da mesma; **`EX: add => push (pop+pop)`**

1 operando – um dos operando e o destino da operação é um registo designado por acumulador; **`EX: add b => acc = acc + b`**

2 operandos – um dos operandos funciona também como destino da operação; **`EX: add b,c => c = c + b`**

3 operandos – todos os operandos são especificados na instrução; **`EX: add b,c,d => b = c + d`**

IA32 – 2 operandos

```
addl %eax, %ebx          ; %ebx = %ebx+%eax
movl %eax, %ebx          ; %ebx = %eax
subl %eax, %ebx          ; %ebx = %ebx-%eax
imull %esi, %esp         ; %esp = %esp * %esi (32 bits)
```

mas também existem instruções de 1 operando:

```
incl %ecx                ; %ecx = %ecx+1
imull %ecx               ; %edx:%eax = %eax * %ecx (64 bits)
```

IA32 – Modos de endereçamento

Como indicar numa instrução quais os operandos?

Registos

O valor do operando é o valor armazenado no registo.

```
addl %eax, %esi
```

```
%esi = %esi + %eax
```

Constante
(modo imediato)

O valor do operando é uma constante especificada na instrução.

```
addl $5, %esi
```

```
%esi = %esi + 5
```

IA32 – Modos de endereçamento

Um, e apenas um, dos operandos pode estar armazenado em memória.

Como especificar o endereço de memória?

O endereço é o resultado da avaliação da expressão:

```
Endereço = Base + Índice*Escala + Deslocamento
```

onde:

- `Base` e `Índice` são registos
- `Escala` é uma constante com o valor 1, 2, 4 ou 8
- `Deslocamento` é uma constante com 32 *bits* no máximo

NOTA: Qualquer um destes campos pode estar omisso!

IA32 – Modos de endereçamento

```
addl %eax, 1000(%ebp, %esi, 4)
```

Significado: somar a %eax a palavra (4 bytes) cujo endereço começa em %ebp + %esi*4 + 1000. Resultado guardado em memória.

```
andl (,%eax, 8), %edx
```

Significado: AND da palavra (4 bytes) cujo endereço começa em %eax*8 com o conteúdo de %edx. Onde fica o resultado?

```
subw %ax, 0x70AA
```

Significado: somar à palavra (2 bytes) cujo endereço começa em 0x70AA o valor de %ax. Resultado guardado em memória.

IA32 – Modos de endereçamento

Type	Form	Operand value	Name
Immediate	$\$Imm$	Imm	Immediate
Register	$\mathbf{E}_a$	R[$\mathbf{E}_a$]	Register
Memory	Imm	M[Imm]	Absolute
Memory	($\mathbf{E}_a$)	M[R[$\mathbf{E}_a$]]	Indirect
Memory	Imm ($\mathbf{E}_b$)	M[Imm + R[$\mathbf{E}_b$]]	Base + displacement
Memory	($\mathbf{E}_b$, $\mathbf{E}_i$)	M[R[$\mathbf{E}_b$] + R[$\mathbf{E}_i$]]	Indexed
Memory	Imm ($\mathbf{E}_b$, $\mathbf{E}_i$)	M[Imm + R[$\mathbf{E}_b$] + R[$\mathbf{E}_i$]]	Indexed
Memory	(, $\mathbf{E}_i$, s)	M[R[$\mathbf{E}_i$] · s]	Scaled indexed
Memory	Imm (, $\mathbf{E}_i$, s)	M[Imm + R[$\mathbf{E}_i$] · s]	Scaled Indexed
Memory	($\mathbf{E}_b$, $\mathbf{E}_i$, s)	M[R[$\mathbf{E}_b$] + R[$\mathbf{E}_i$] · s]	Scaled indexed
Memory	Imm ($\mathbf{E}_b$, $\mathbf{E}_i$, s)	M[Imm + R[$\mathbf{E}_b$] + R[$\mathbf{E}_i$] · s]	Scaled indexed

IA32 – Modos de endereçamento

Memória	
Endereço	**Valor**
0x100	0xFF
0x104	0xAB
0x108	0X13
0x10C	0x11

Registo	**Valor**
%eax	0x100
%ecx	1
%edx	3

Operando	**Valor**
%eax	0x100
(%eax)	0xFF
0x104	0xAB
$0x104	0x104
4(%eax)	0xAB
(%eax,%ecx,8)	0x13
0x100(%ecx, %edx)	0xAB
0x104(,%ecx,8)	0x11

IA32 – O conjunto de instruções:
operações lógico-aritméticas

2 operandos

```
add? src, dest
sub? src, dest
and? src, dest
imull? src, dest
sar? shamt5, dest
```

onde
- ? – b, w, l
- shamt5 $\in$ [0..31]

1 operando

```
inc? dest
dec? dest
imull src
   %edx:%eax = %eax * src
idivl src
   %edx = %eax mod src
   %eax = %eax  /  src
```

onde
- ? – b, w, l

IA32 – O conjunto de instruções:

operações de transferência de informação

```
mov? src, dest
lea? Imm(R1, R2, s), dest
```

onde
? – b, w, l

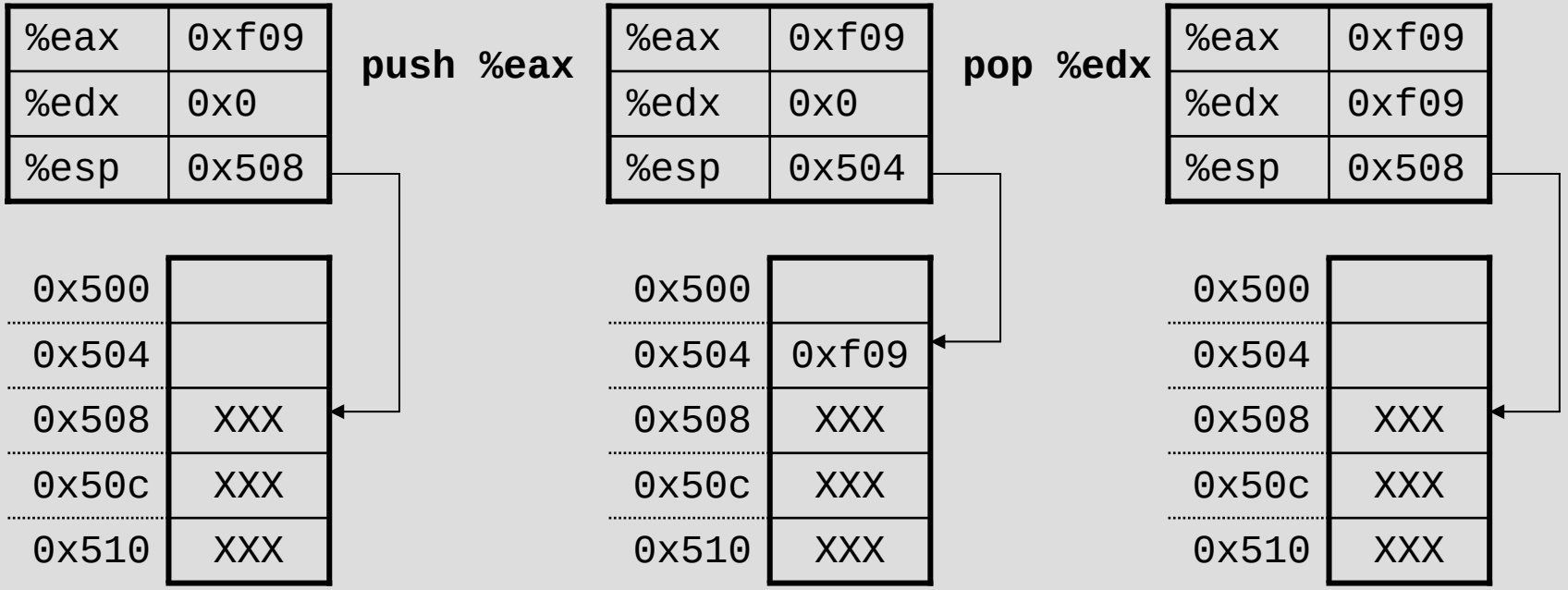
Stack

```
pushl src
popl dest
```

IA32 – A stack

Estrutura de dados mantida em memória, do tipo LIFO.
O *stack pointer* (`%esp`) aponta para o topo da stack.

Esta cresce de endereços mais altos para endereços mais baixos.
`pushl` subtrai 4 ao `%esp` e carrega uma palavra na memória.
`popl` lê uma palavra da stack e soma 4 ao `%esp`.



IA32 – O conjunto de instruções:

Flags e operações de teste

4 flags: variam conforme o resultado da última operação

```
ZF = 1 se zero
SF = 1 se < zero
CF = 1 se transporte
OF = 1 se overflow
```

```
cmp? src1, src2
# src2 – src1
# resultado não é guardado

test? src1, src2
# src2 AND src1
# resultado não é guardado
```

IA32 – O conjuntos de instruções:

Operações de controlo de fluxo

Saltos Incondicionais

```
jmp label
jmp *src
```

Saltos Condicionais (testam as flags)

```
je label                    jne label
js label                    jns label
jg label                    jge label
jl label                    jle label
```

IA32 – O Conjuntos de instruções:

Invocação de procedimentos

```
call label
call *Op
# coloca endereço de retorno na stack


ret
# lê endereço de retorno da stack

leave
# realiza algumas operações relacionadas com o acesso a
# variáveis locais e parâmetros
```

Sumário

Tema	Hennessy [COD]	Bryant [CS:APP]
IA32		Sec 3.4 a 3.6.3