



## Licenciatura Ciências de Computação Licenciatura Eng<sup>a</sup>. Física

2021/22

*A.J.Proença*

**Tema**

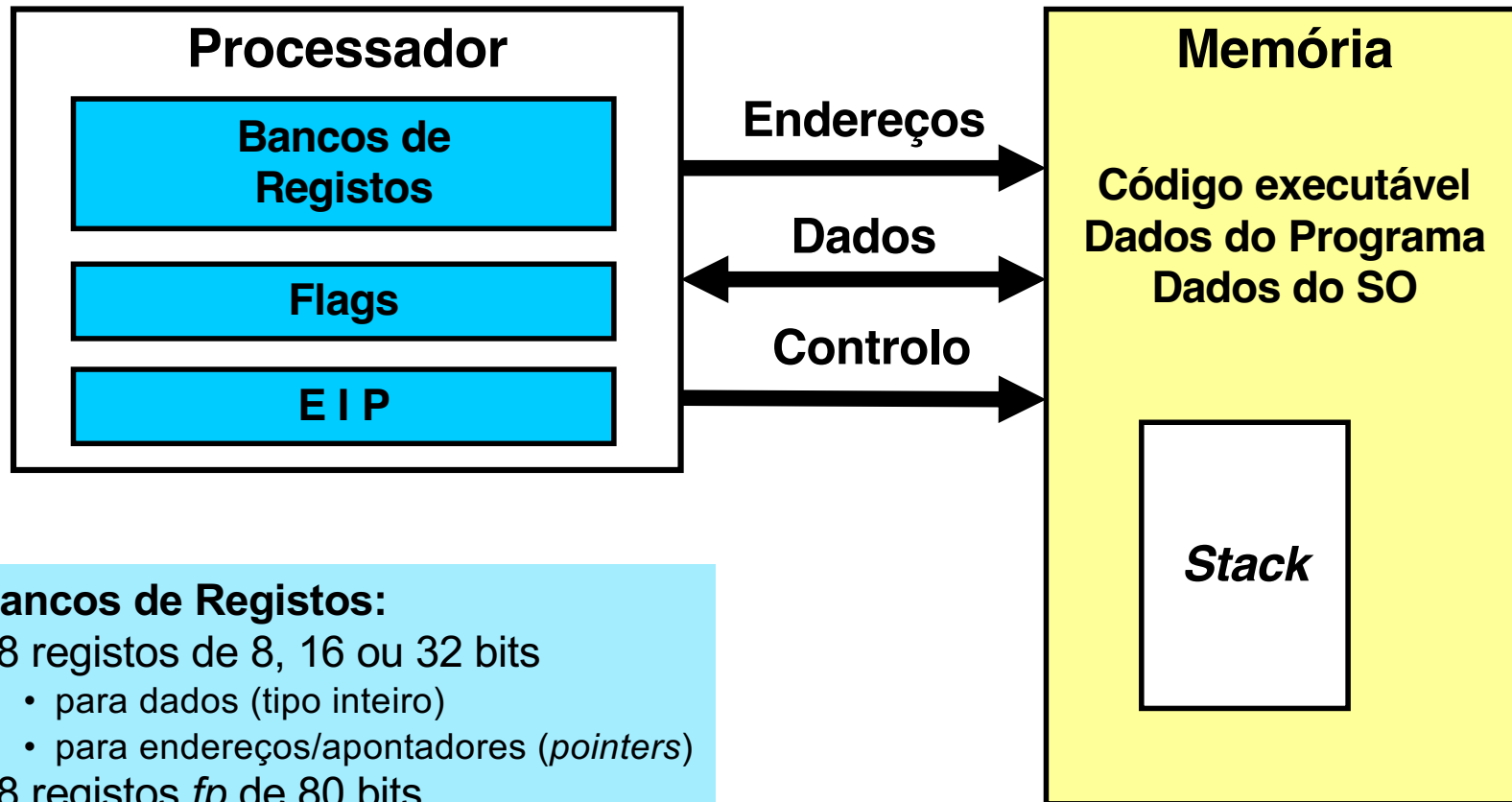
**ISA do IA-32**



## **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

# O modelo Processador-Memória no IA-32 (visão do programador)



## Bancos de Registos:

- 8 registos de 8, 16 ou 32 bits
  - para dados (tipo inteiro)
  - para endereços/apontadores (*pointers*)
- 8 registos *fp* de 80 bits

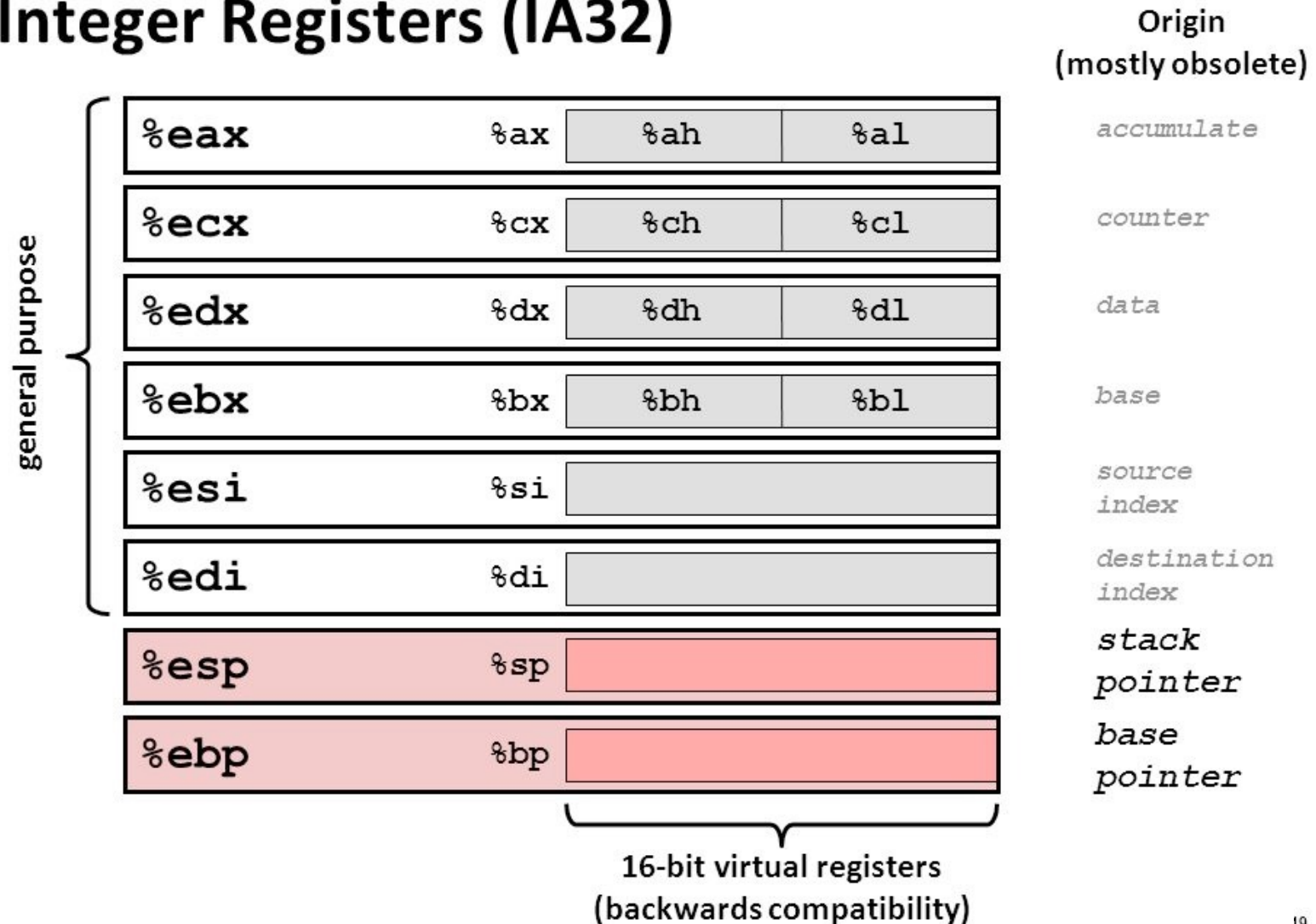
## Flags:

- estado da última op aritm/lóg

# O banco de registos para inteiros / apontadores



## Integer Registers (IA32)



# Representação de operandos no IA-32



- Tamanhos de objetos em C (em *bytes*)

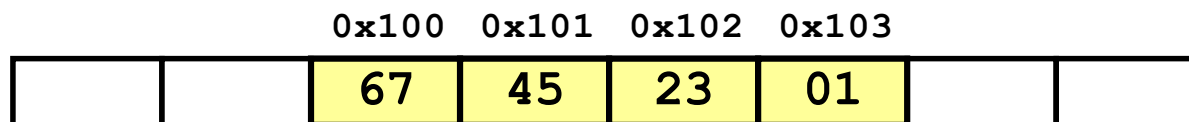
Declaração em C	Designação Intel	Tamanho IA-32
char	byte	1
short	word	2
int	double word	4
long int	double word	4
float	single precision	4
double	double precision	8
long double	extended precision	10/12
char * (ou qq outro apontador)	double word	4

- Ordenação dos *bytes* na memória

- O IA-32 é um processador *little endian*

- Exemplo:

valor de **var** (0x01234567) na memória, cujo endereço &var é 0x100



# Tipos de instruções básicas no IA-32



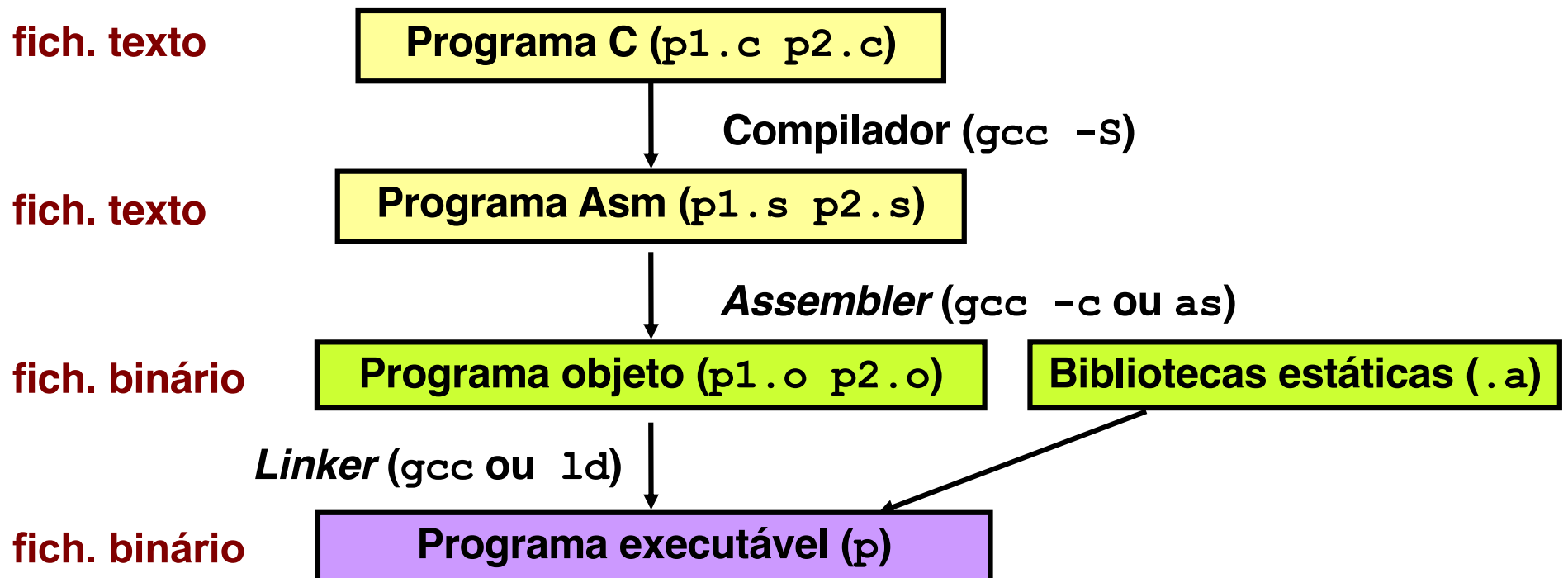
## Operações primitivas:

- Efetuar operações aritméticas/lógicas  
com dados em registo ou em memória
  - dados do tipo *integer* de 1, 2 ou 4 *bytes*; em complemento p/ 2
  - dados em formato *fp* de 4, 8 ou 10 *bytes*; precisão simples ou dupla
  - operações só com dados escalares; op's com vetores possível
  - *arrays* ou *structures*; *bytes* continuamente alocados em memória
- Transferir dados entre células de memória e um registo
  - carregar (*load*) em registo dados copiados da memória
  - armazenar (*store*) na memória valores guardados em registo
- Transferir o controlo da execução das instruções
  - saltos incondicionais para outras partes do programa/módulo
  - saltos ramificados (*branches*) condicionais
  - saltos incondicionais para/de funções/procedimentos

## Conversão de um programa em C em código executável (exemplo)



- Código C nos ficheiros : `p1.c` `p2.c`
- Comando para a "compilação": `gcc -O2 p1.c p2.c -o p`
  - usa otimizações (`-O2`)
  - coloca binário resultante no ficheiro `p` (`-o p`)



# A compilação de C para assembly (exemplo)



## Código C

```
int sum(int x, int y)
{
    int t = x+y;
    return t;
}
```

## Assembly gerado

```
_sum:
    pushl    %ebp
    movl     %esp, %ebp
    movl     12(%ebp), %eax
    addl     8(%ebp), %eax
    movl     %ebp, %esp
    popl     %ebp
    ret
```

gcc -O2 -S p2.c

p2.s



# De assembly para objeto e executável (exemplo)



## Assembly

```
_sum:
    pushl    %ebp
    movl     %esp, %ebp
    movl     12(%ebp), %eax
    addl     8(%ebp), %eax
    movl     %ebp, %esp
    popl     %ebp
    ret
```

p2.s

p2.o

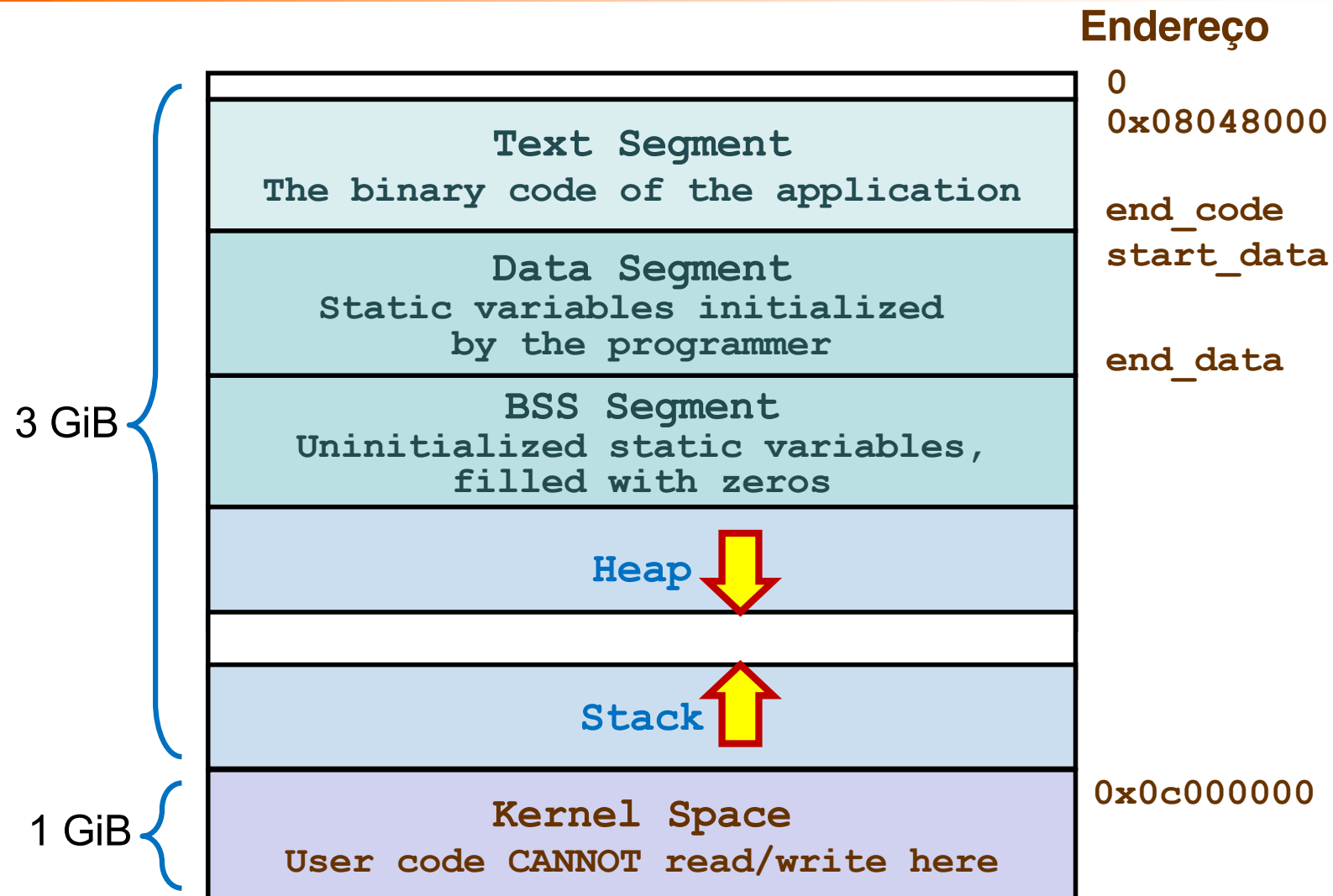
## Código binário

```
0x401040 <sum>:
    0x55
    0x89 • Começa no
    0xe5   endereço
    0x8b   0x401040
    0x45
    0x0c • Total 13
    0x03   bytes
    0x45
    0x08
    0x89 • Cada
    0xec   instrução
    0x5d   1, 2, ou 3
    0xc3   bytes
```

## Papel do linker

- Resolve as referências entre ficheiros
- Junta as *static run-time libraries*
  - E.g., código para `malloc`, `printf`
- Algumas bibliotecas são *dynamically linked*
  - E.g., junção ocorre no início da execução

# Mapeamento duma aplicação em memória (em Linux para IA-32)



## Desmontagem de código binário executável (exemplo)



objdump -d p

### Código binário desmontado

00401040 <\_sum>:

0:	55	push	%ebp
1:	89 e5	mov	%esp,%ebp
3:	8b 45 0c	mov	0xc(%ebp),%eax
6:	03 45 08	add	0x8(%ebp),%eax
9:	89 ec	mov	%ebp,%esp
b:	5d	pop	%ebp
c:	c3	ret	
d:	8d 76 00	lea	0x0(%esi),%esi

## Método alternativo de análise do código binário executável (exemplo)



Entrar primeiro no depurador `gdb` : `gdb p` `e...`

- examinar apenas alguns *bytes* : `x/13xb sum`

```
0x401040<sum>: 0x55 0x89 0xe5 0x8b 0x45 0x0c 0x03 0x45
0x401048<sum+8>: 0x08 0x89 0xec 0x5d 0xc3
```

... OU

- proceder à desmontagem do código : `disassemble sum`

```
0x401040 <sum>:      push    %ebp
0x401041 <sum+1>:      mov     %esp, %ebp
0x401043 <sum+3>:      mov     0xc(%ebp), %eax
0x401046 <sum+6>:      add     0x8(%ebp), %eax
0x401049 <sum+9>:      mov     %ebp, %esp
0x40104b <sum+11>:     pop     %ebp
0x40104c <sum+12>:     ret
0x40104d <sum+13>:     lea     0x0(%esi), %esi
```

## Que código pode ser desmontado?



Qualquer ficheiro que possa ser interpretado como código executável  
– o *disassembler* examina os *bytes* e reconstrói o código em *assembly*

```
% objdump -d WINWORD.EXE

WINWORD.EXE:      file format pei-i386

No symbols in "WINWORD.EXE".
Disassembly of section .text:

30001000 <.text>:
30001000:  55                push    %ebp
30001001:  8b ec            mov     %esp, %ebp
30001003:  6a ff            push    $0xffffffff
30001005:  68 90 10 00 30    push    $0x30001090
3000100a:  68 91 dc 4c 30    push    $0x304cdc91
```