Insper

Sistemas Hardware-Software

Aula 02 – Dados na memória RAM e código executável

Engenharia
Fabio Lubacheski
Maciel C. Vidal
Igor Montagner
Fábio Ayres

Aula de hoje !

Representação de dados em RAM

- Endianness – ordem dos bytes em de um inteiro na memória.
- Arrays, strings e ponteiros
- Structs
- Representação de Código executável

Insper

Atividade prática

Experimentos (15 minutos)

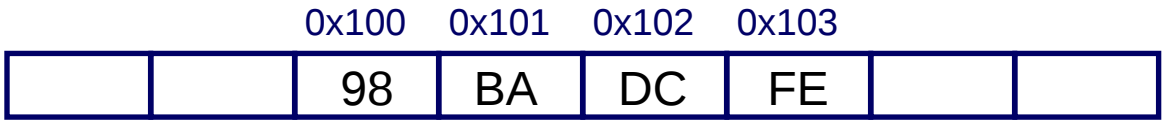
1. **Clone** o repositório da disciplina https://github.com/Insper/SistemasHardwareSoftware.git
2. Acesse os arquivos da pasta **../SistemasHardwareSoftware/content/aulas/02-ram/**
3. Siga as orientações do handout **EXPERIMENTOS** da aula **02-ram**.

Insper

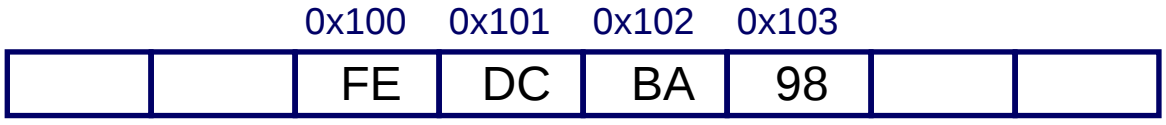
Little endian versus big endian

```
int i = 0xFEDCBA98;
```

Little Endian → Byte **menos** significativo primeiro
LSB (Least Significant Byte)



Big Endian → Byte **mais** significativo primeiro
MSB (Most Significant Byte)



Insper

Little endian versus big endian

- Unidade de trabalho é o byte!
- CPUs Intel/AMD (**x64**) são **little endian**
- CPUs SPARC são big endian
- ARM/PowerPC pode ser little/big endian
- Vale para todos os tipos de dados nativos (inteiros, ponteiros e fracionários)
- **Agora conseguimos entender o experimento1.c**

Arrays na RAM – experimento2.c

```
short arr[] = {1, 2, 3, 4, 5};
show_bytes((unsigned char *) &arr, sizeof(short) * 5);
```

Qual a saída do código acima?

Insper

Arrays na RAM – experimento2.c

```
short arr[] = {1, 2, 3, 4, 5};
show_bytes((unsigned char *) &arr, sizeof(short) * 5);
```

Qual a saída do código acima?

```
01 00 02 00 03 00 04 00 05 00
```

Insper

Strings na RAM – experimento3.c

```c
char *string = "Oi C :-)";
show_bytes((unsigned char *) string, strlen(string) + 1);
```

Saída do código acima

```
String:
Oi C :-)

Valor guardado no array:
'O' (4f) | 'i' (69) | ' ' (20) | 'C' (43)_| ' ' (20) | ':' (3a)
```

Insper

Ponteiros na RAM – experimento4.c

```c
int a = 10;
int *ap = &a;
printf("Endereço de a\t: %p\nPróximo int\t: %p\n", ap, ap+1);

long l = 10;
long *lp = &l;
printf("Endereço de l\t: %p\nPróximo long\t: %p\n", lp, lp+1);
```

Saída do código acima

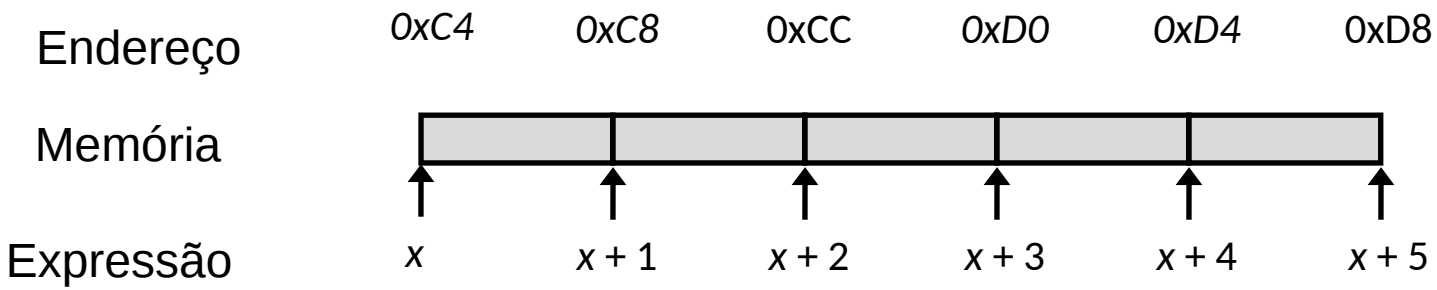
```
Endereço de a    : 0x7ffc14ab5a1c
Próximo int      : 0x7ffc14ab5a20
Endereço de l    : 0x7ffc14ab5a20
Próximo long     : 0x7ffc14ab5a28
```

Insper

Ponteiros na RAM – experimento4.c

Ponteiro representa um endereço. Podemos fazer aritmética !

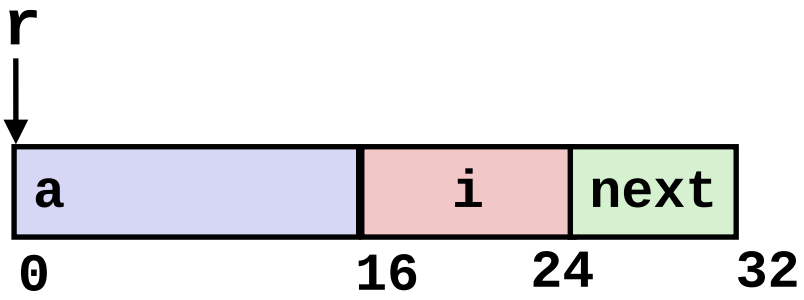
```
int *x; //0xC4
```



***(x+i) ↔ x[i]**

Structs na RAM

```
struct rec {
    int a[4];
    long i;
    struct rec *next;
};
```

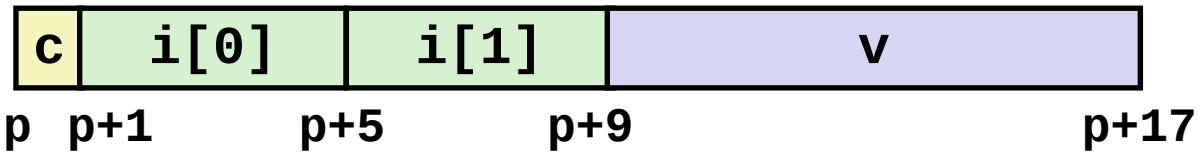


- Bloco contíguo de memória
- Campos armazenados na ordem dada na declaração
  - Compilador não muda ordem dos campos
- **Tamanho** e **offset** exato dos campos fica a **cargo do compilador**
- Código de máquina não conhece structs
  - Quem organiza o código é o compilador

Insper

Structs na RAM - alinhamento

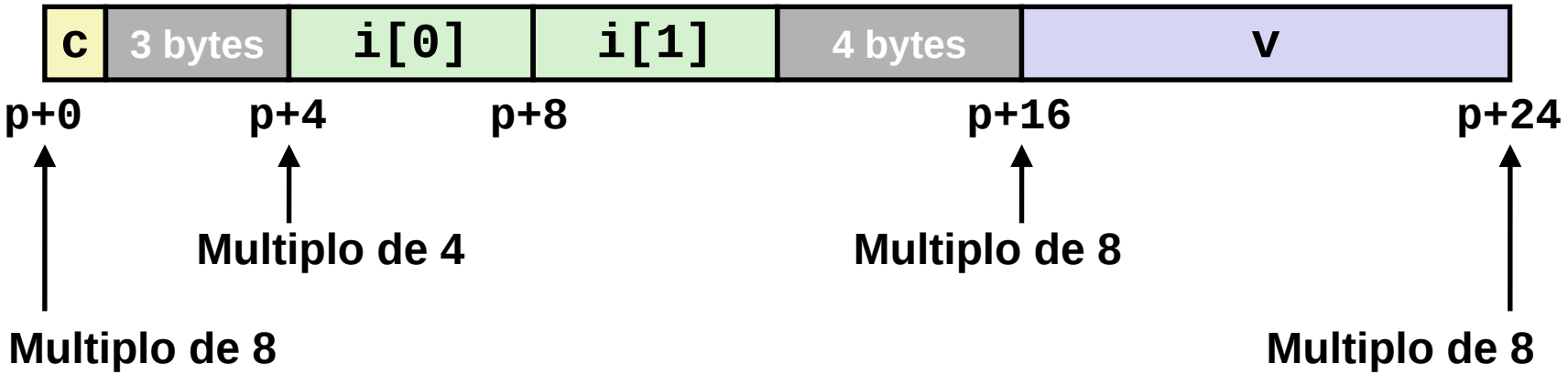
Dados desalinhados




```
struct S1 {
  char c;
  int i[2];
  double v;
} *p;
```

Dados alinhados:

- **Se o item requer K bytes...**
- **... Então o endereço deve ser múltiplo de K.**



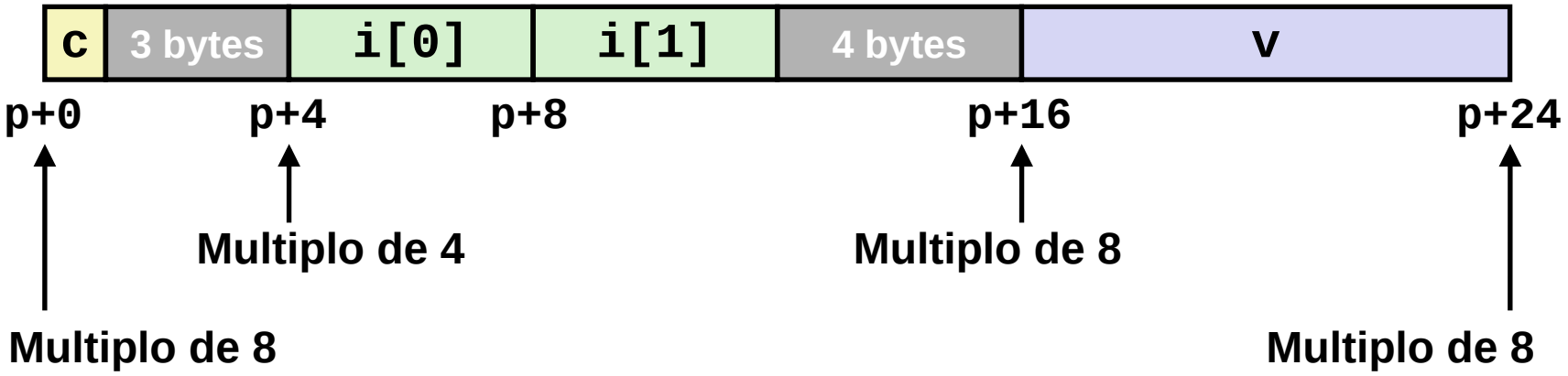
Insper

Structs na RAM - alinhamento

- Motivo: Memória é acessada em blocos alinhados de 8 bytes
  - Simplicidade de design de hardware
  - x86-64 funciona mesmo sem alinhamento, mas implica em perda de performance

- Alinhamento da struct = maior alinhamento de seus membros.

```
struct S1 {
  char c;
  int i[2];
  double v;
} *p;
```



Insper

Structs na RAM - alinhamento

```
struct player {
    char name[20];
    long level;
    char icon_id;
    long score;
};
```

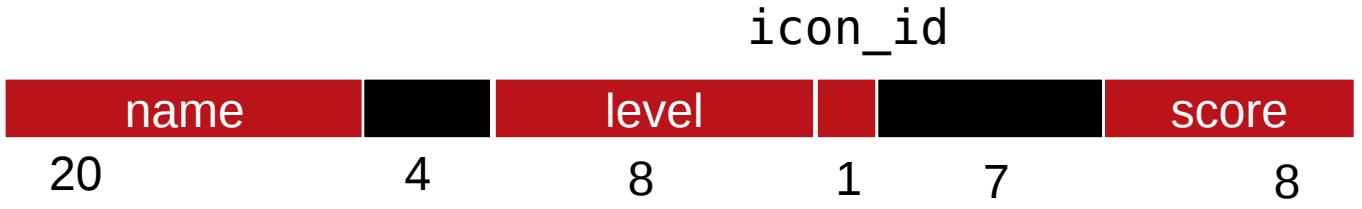
Desenhe o layout de memória de `player` levando em conta alinhamento.

Insper

Structs na RAM - alinhamento

```
struct player {
    char name[20];
    long level;
    char icon_id;
    long score;
};
```

Desenhe o layout de memória de `player` levando em conta alinhamento.



48 bytes
11 bytes
“desperdiçados”

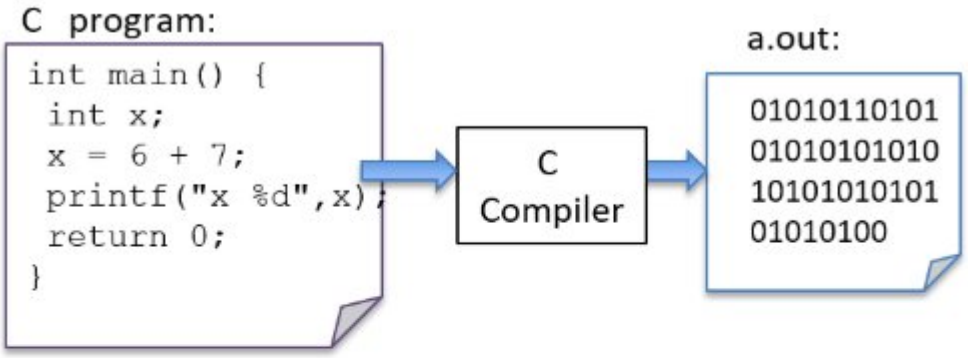
Insper

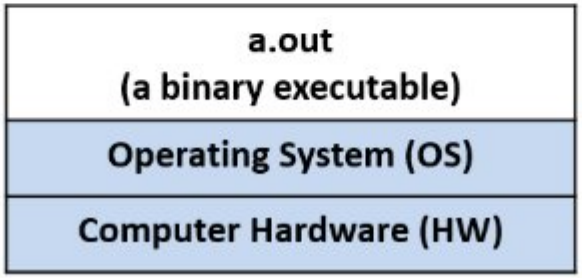
Resumo: dados na memória

- Inteiros (**little endian**)
- Arrays e matrizes (aritmética de endereços)
- Strings (array com char **'\0'** no fim)
- Struct (alinhamento; ponteiro para começo mais deslocamentos)

Representação de código

Como o código é transformado em executável?





fonte:https://diveintosystems.org/book/C1-C_intro/getting_started.html

Insper

Representação de código

Como o código é transformado em executável?

Código C/C++ → **Assembly** → **Código de máquina**

Para ver o Binário e Assembly use:

Para ver o Binário e Assembly use:

```
$ objdump -d <executavel>
```

$ objdump -d <executavel>

Vale para qualquer tipo de processador/CPU?

Insper

Estrutura dos arquivos executáveis

Executable and Linkable Format (ELF)

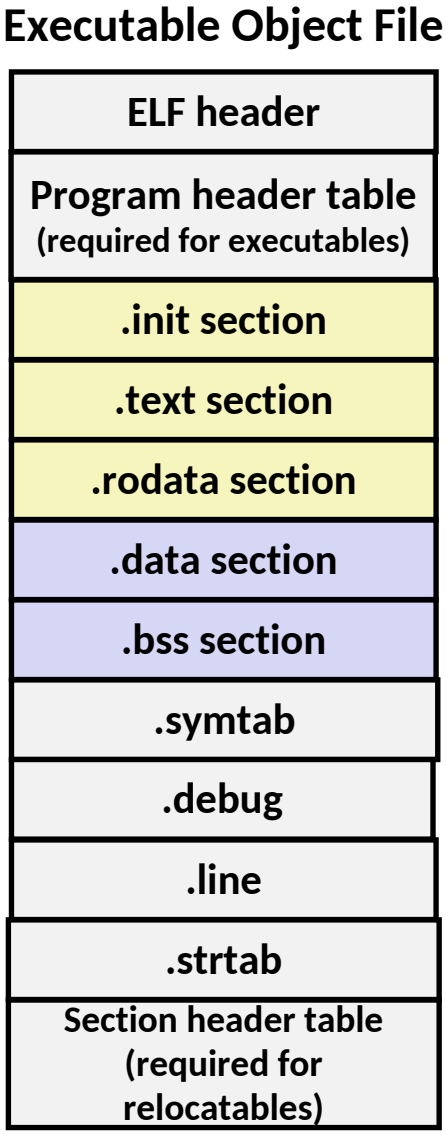
- Formato de arquivo executável em máquinas x86-64 Linux

Seções importantes

- **`.text`**: código executável
- **`.rodata`**: constantes
- **`.data`**: variáveis globais pré-inicializadas
- **`.bss`**: variáveis globais não-inicializadas

Outros formatos:

- *Portable Executable* (PE): Windows
- *Mach-O*: Mac OS-X



Insper

Estrutura dos **arquivos executáveis**

Executable and Linkable Format (ELF)

- Formato de arquivo executável em máquinas x86-64 Linux

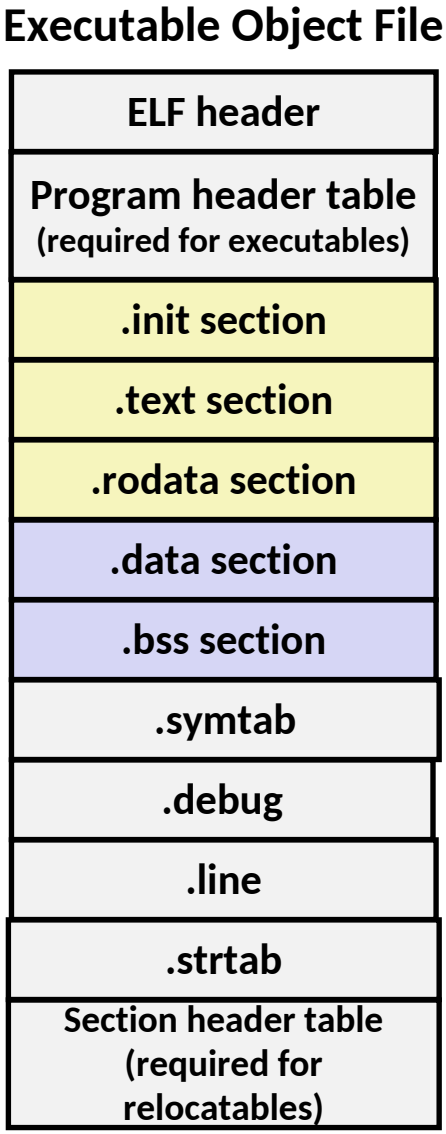
Seções importantes

- **`.text`**: código executável
- **`.rodata`**: constantes
- **`.data`**: variáveis globais pré-inicializadas
- **`.bss`**: variáveis globais não-inicializadas

Outros formatos:

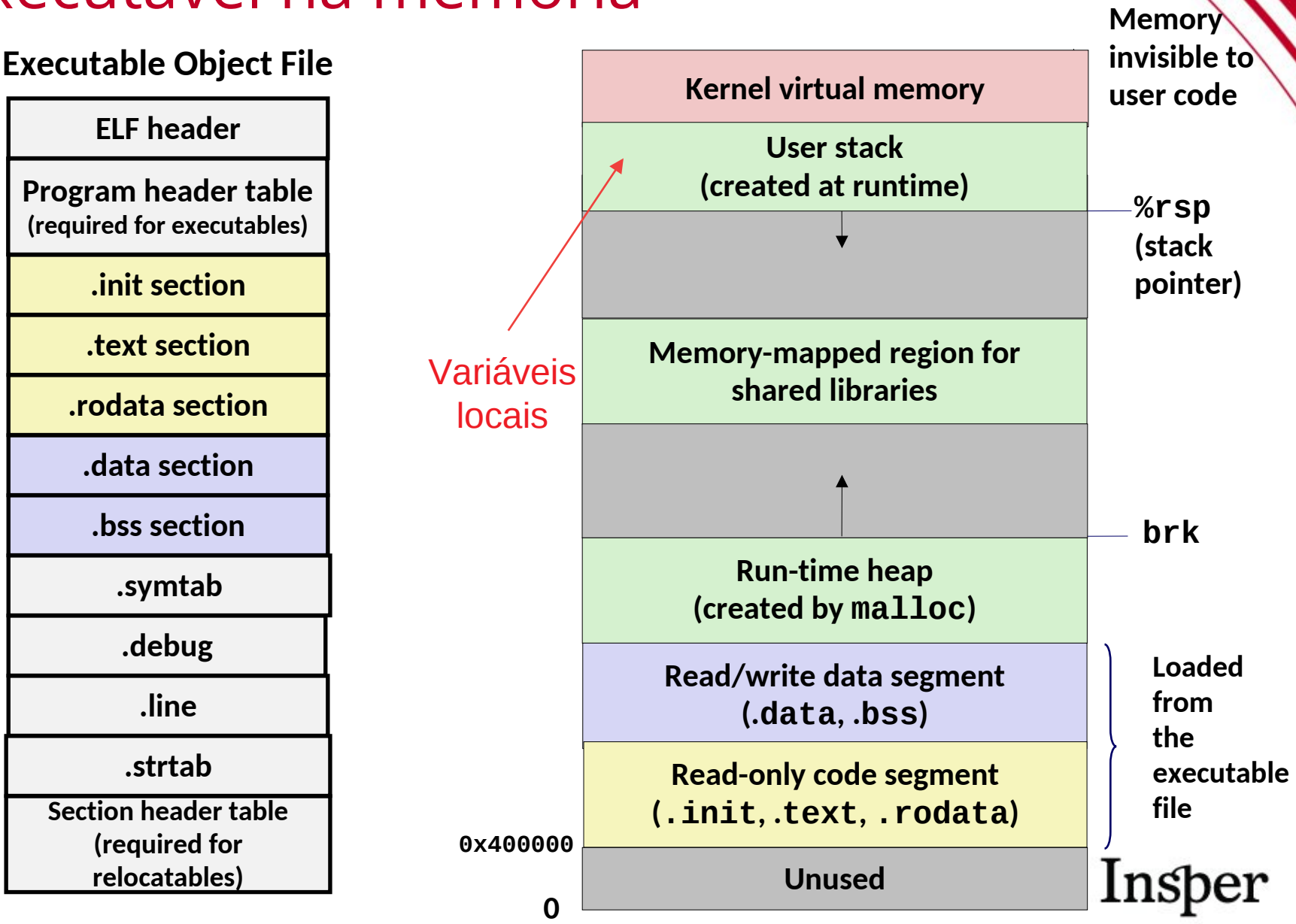
- *Portable Executable* (PE): Windows
- *Mach-O*: Mac OS-X

Cadê as variáveis locais?



Insper

Executável na memória



Representação de código

Um arquivo executável que contém dados globais e nosso código em instruções **x64**

- Executável tem várias seções
- **.text** guarda nosso código
- **.data** guarda globais inicializadas
- **.rodata** guarda constantes
- **.bss** reserva espaço para globais não inicializadas
- Variáveis locais só existem na execução do programa

Atividade prática

Examinando a execução de programas usando GDB

1. abrir código executável em C
2. examinar seu conteúdo (funções declaradas e valores de variáveis globais)

Insper

Insper

www.insper.edu.br