Sistemas Operacionais

Gestão de memória - Uso da memória

Prof. Carlos Maziero

DInf UFPR, Curitiba PR

Agosto de 2020

Conteúdo

Espaço de endereçamento

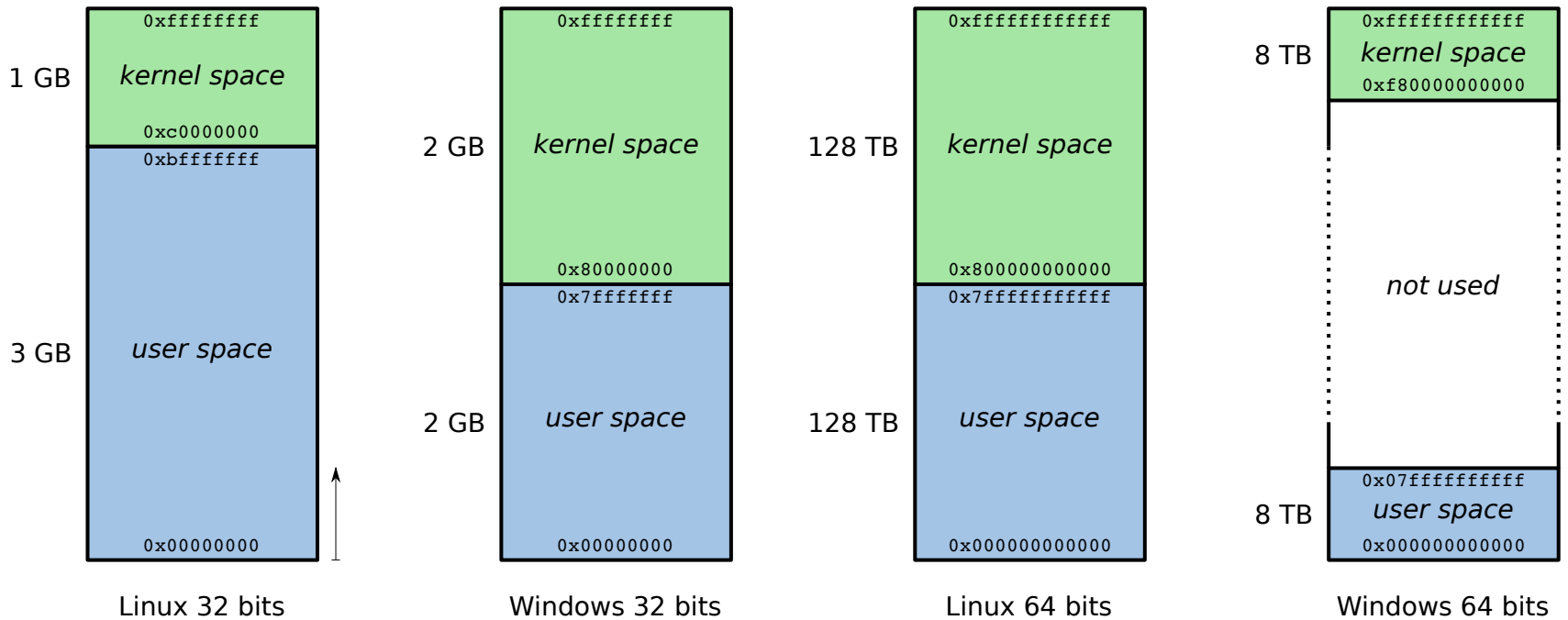
Na maioria dos sistemas operacionais atuais:

- O espaço de endereçamento usa endereços de 32 ou 64 bits
- O início do espaço de endereçamento é do processo
- O final do espaço de endereçamento é do núcleo

O núcleo está no espaço de endereçamento do processo:

- Páginas do núcleo são protegidas por flags da *page table*
- Endereços de páginas frequentes do núcleo ficam na TLB

Espaço de endereçamento



Layout sendo revisado devido ao bug *MeltDown* (2018)

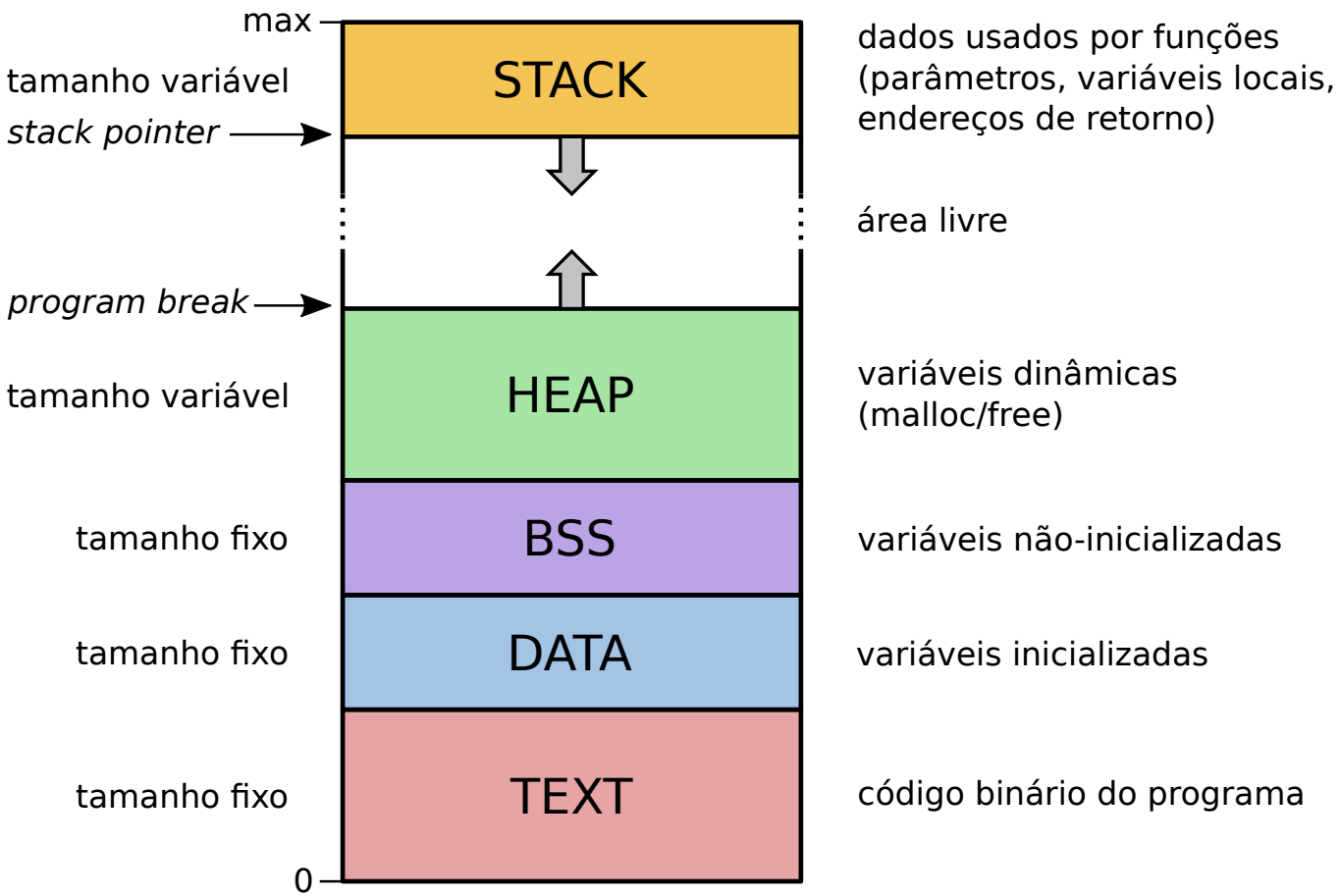
No Linux: *Kernel Page-Table Isolation* (KPTI)

A memória de um processo

A memória de cada processo é organizada em várias áreas:

- TEXT: **código** binário (executável).
- DATA: variáveis globais/estáticas inicializadas.
- BSS: *Block Started by Symbol*, variáveis globais não inicializadas.
- HEAP: **dados alocados dinamicamente** (`malloc`); tem tamanho variável (ponteiro *program break*).
- STACK: **pilha** de execução; tem tamanho variável e cresce "para baixo".
- Outras áreas: bibliotecas dinâmicas, pilhas das *threads*, etc.

Áreas de memória



Áreas de memória

Áreas de memória de um processo simples (*Hello, World!*)

```
1  # pmap 27505        # 27505: PID do processo
2
3  Address           Kbytes  Mode   Mapping
4
5  0000000000400000     808  r-x--  /usr/bin/hello  (TEXT)
6  00000000006c9000      12  rw---  /usr/bin/hello  (DATA)
7  00000000006cc000       8  rw---  [ anon ]        (BSS)
8  000000000092e000     140  rw---  [ anon ]        (HEAP)
9  00007ffe6a5df000     132  rw---  [ stack ]       (STACK)
```

ASLR – *Address Space Layout Randomization*

Alocação de variáveis

Declaração de uma variável:

- Reserva (aloca) um espaço na memória
- Associa uma referência (nome) a esse espaço

```
1  long        counter ;        // aloca 8 bytes
2  char        c[100] ;         // aloca 100 bytes
```

Várias formas de alocação:

- Alocação **estática**
- Alocação **automática**
- Alocação **dinâmica**

Alocação estática

Espaço da variável é reservado pelo compilador

Para variáveis usadas durante toda a execução:

- Variáveis globais
- Variáveis locais estáticas (`static int`)

Alocação pode ser feita em áreas distintas:

- Em `DATA` para variáveis inicializadas
- Em `BSS` para variáveis não-inicializadas

Alocação estática

```c
#include <stdio.h>

int soma = 0 ; // alocação estática

int main ()
{
  int i ;

  for (i=0; i<1000; i++)
    soma += i ;
  printf ("Soma de inteiros até 1000: %d\n", soma) ;

  return (0) ;
}
```

Alocação automática

Para variáveis usadas em funções/procedimentos/métodos:

- Variáveis locais
- Parâmetros de entrada
- Valor de retorno

Alocação é feita na pilha (área `STACK`):

- Áreas alocadas ao invocar a função
- Áreas liberadas ao concluir a função
- Conveniente para chamadas recursivas

Alocação automática

```
1  #include <stdio.h>
2
3  long fatorial (int n) // alocação automática
4  {
5    long parcial ;   // alocação automática
6
7    printf ("inicio: n = %d\n", n) ;
8
9    if (n < 2)
10     parcial = 1 ;
11   else
12     parcial = n * fatorial (n - 1) ;
13
14   printf ("final : n = %d, parcial = %ld\n", n, parcial) ;
15   return (parcial) ;
16 }
17
18 int main ()
19 {
20   printf ("Fatorial (4) = %ld\n", fatorial (4)) ;
21 }
```

Alocação automática

```
1  inicio: n = 4                          // chamada inicial
2  inicio: n = 3                          // chamadas recursivas
3  inicio: n = 2                          // ...
4  inicio: n = 1
5
6  final : n = 1, parcial = 1             // retorno da recursão
7  final : n = 2, parcial = 2             // ...
8  final : n = 3, parcial = 6
9  final : n = 4, parcial = 24
10
11 Fatorial (4) = 24                      // retorno final
```

Alocação dinâmica

Requisição explícita pelo processo:

- `malloc(...)` para obter um bloco de N bytes
- `free(...)` para liberar um bloco alocado
- Operador `new()` em linguagens a objetos
- *Garbage collectors* para liberação automática

Usa a área `HEAP`:

- Delimitada pelo ponteiro *Program break* (BRK)
- Tamanho da área pode ser ajustado pelo SO

Alocação dinâmica

```
1  char * prt ;                    // ponteiro para caracteres
2
3  ptr = malloc (4096) ;           // solicita um bloco de 4.096 bytes;
4                                  // ptr aponta para o início do bloco
5
6  if (ptr == NULL)                // se ptr for nulo, ocorreu um erro
7    abort () ;                    // e a área não foi alocada
8
9  ...                             // usa ptr para acessar o bloco alocado
10
11 free (ptr) ;                    // libera o bloco alocado na linha 3
```

```
1  Rectangle rect1 = new Rectangle (10, 30) ;
2  Rectangle rect2 = new Rectangle (3, 2) ;
3  Triangle tr1  = new Triangle (3, 4, 5) ;
```

Atribuição de endereços

Como definir os endereços das variáveis?

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main ()
4  {
5     int i, soma = 0 ;
6
7     for (i=0; i< 5; i++)
8     {
9        soma += i ;
10       printf ("i vale %d e soma vale %d\n", i, soma) ;
11    }
12 }
```

Símbolos `soma`, `i`, `main` e `printf` representam endereços

Programa compilado

Ao compilar, os símbolos são convertidos em endereços:

```
$ gcc -Wall -c -O0 soma.c ; objdump -d soma.o

0000000000000000 <main>:
  0:   55                          push  %rbp
  1:   48 89 e5                    mov   %rsp,%rbp
  4:   48 83 ec 10                 sub   $0x10,%rsp
  8:   c7 45 fc 00 00 00 00        movl  $0x0,-0x4(%rbp)
  f:   eb 2f                       jmp   40 <main+0x40>
 11:   8b 15 00 00 00 00           mov   0x0(%rip),%edx
 17:   8b 45 fc                    mov   -0x4(%rbp),%eax
 1a:   01 d0                       add   %edx,%eax
 1c:   89 05 00 00 00 00           mov   %eax,0x0(%rip)
 22:   8b 15 00 00 00 00           mov   0x0(%rip),%edx
 28:   8b 45 fc                    mov   -0x4(%rbp),%eax
 2b:   89 c6                       mov   %eax,%esi
 ...
```

Atribuição de endereços

A tradução [*símbolo* → *endereço*] pode ocorrer:

Na edição: o programador define os endereços.

Na compilação: o compilador define os endereços.

Na ligação: o compilador define símbolos sem endereços; o ligador define os endereços ao construir o executável.

Na carga: o *carregador* carrega o código do processo na memória e define os endereços.

Na execução: endereços acessados pelo processador são convertidos nos endereços efetivos em RAM.

Atribuição de endereços