

Sistemas Hardware-Software

Aula 10 – Alocação de memória

Engenharia

Fabio Lubacheski

Maciel C. Vidal

Igor Montagner

Fábio Ayres

Alocação de memória – lembram disso ?

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  #define MAXW 512
5  #define MAXH 512
6
7  int main(int argc, char *argv[]) {
8      int mat[MAXH][MAXW];
9
10     /*
11        trabalhar com arquivo PGM
12     */
13
14     return 0;
15 }
```

Alocação de memória

- Qual o consumo de memória do programa anterior?
- E se precisarmos de matrizes maiores ?
- Ou se precisarmos definir o tamanho da matriz só em tempo de execução ?
- Onde é alocada a matriz ?

Alocação estática

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  #define MAXW 512
5  #define MAXH 512
6
7  int main(int argc, char *argv[])
8  {
9      int mat[MAXH][MAXW];
10
11      /*
12       * trabalhar com arquivo PGM
13       */
14
15      return 0;
16 }
```

- Tamanho definido no momento da compilação
- Armazenado na pilha (se for variável local) ou no arquivo executável diretamente (se for global)

Alocação estática - ex1_slide.c

Existe problema no código abaixo ? – **ex1_slide.c**

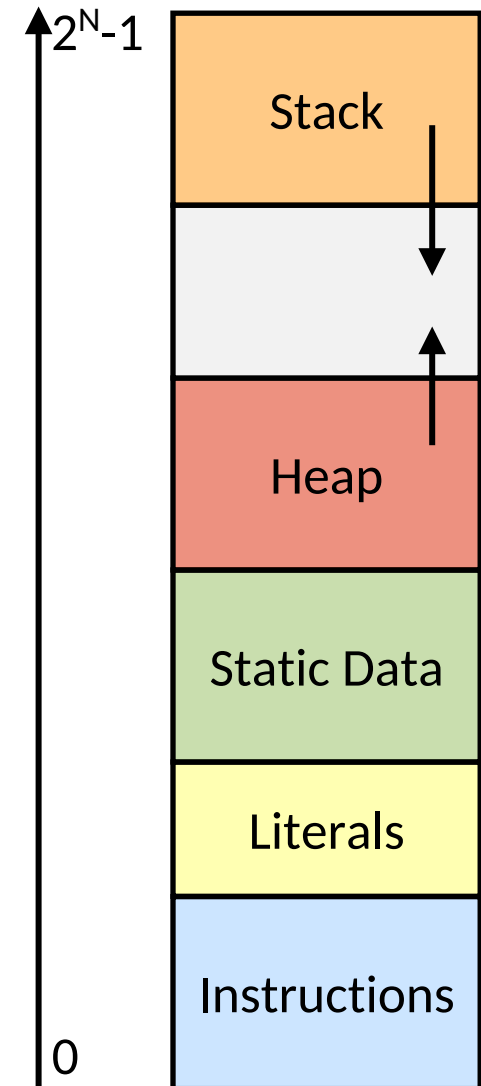
```
char* retorna_str() {  
    char str_vetor[32];  
    str_vetor[0]='a';  
    str_vetor[1]='b';  
    str_vetor[2]='c';  
    str_vetor[3]='d';  
    str_vetor[4]='\x0';  
    return str_vetor;  
}
```

```
int main(){  
    char *resp;  
    resp = retorna_str();  
    printf("%s",resp);  
    return 0;  
}
```

Como corrigir o problema ?

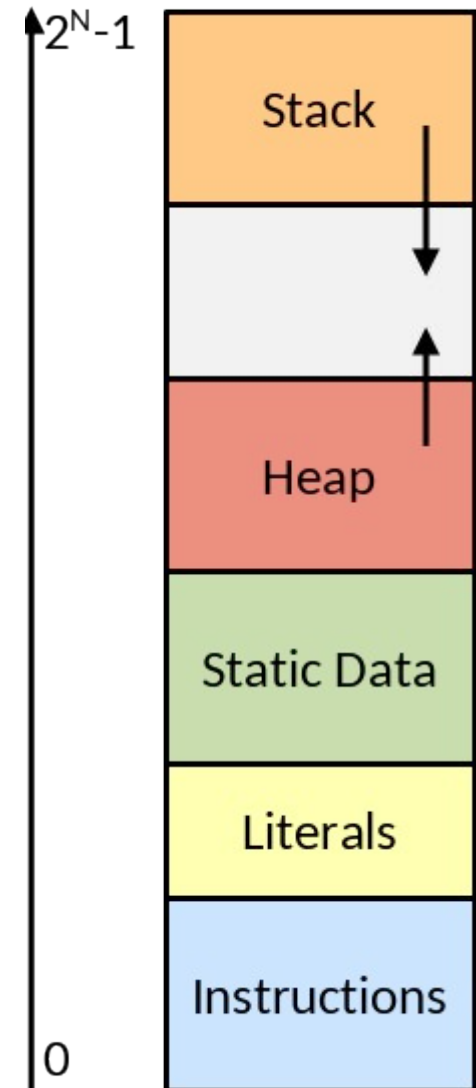
Executável na memória

- **Stack** (tempo de compilação)
 - Variáveis locais
- Alocação estática (tempo de compilação)
 - **Static Data**: variáveis globais
 - **Literals**: constantes string
- **Instructions**
 - Instruções de máquina
- **Heap** (tempo de execução)
 - Alocação dinâmica



Alocação dinâmica de memória

- Programas usam **alocadores de memória dinâmica** para criar e gerenciar novos espaços de memória em **tempo de execução**.
 - C: malloc, free
 - C++: new, delete
- A área do espaço de memória gerenciada por estes alocadores é chamada de **heap**



Alocação dinâmica de memória

- Alocadores organizam o heap como uma coleção de blocos de memória que estão **alocados** ou **disponíveis**
- Tipos de alocadores
 - **Explícitos**: usuário é responsável por **alocar** e **dealocar** (ou liberar) a memória. Exemplo: `malloc`, `new`
 - **Implícitos**: usuário não precisa se preocupar com a liberação da memória. Exemplo: **garbage collector** em Java

malloc

```
#include <stdlib.h>  
void *malloc(size_t size)
```

Se bem sucedido: retorna **ponteiro** para bloco de memória com pelo menos **size** bytes reservados, e com alinhamento de 16 bytes (em x86-64). Se **size** for zero, retorna **NULL**.

Se falhou: retorna **NULL** e preenche **errno**

free

```
#include <stdlib.h>
```

```
void free(void *p)
```

Devolve o bloco apontado por **p** para o *pool* de memória disponível

Agora dá pra corrigir o problema do **ex1_slide.c**

Alocação dinâmica

- Vantagens
 - Controle feito em tempo de execução
 - Economia de memória
 - Expandir / diminuir / liberar conforme necessário
- Desvantagens
 - Riscos da gerência
 - Liberar espaços não mais necessários
 - Não acessar espaços já liberados
 - Acessar apenas a quantidade requisitada
 - Etc.

Exemplo - ex2_slide.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main() {
    int i, n, *p;
    scanf("%d",&n);

    /* aloca n*sizeof(int) bytes no heap */
    p = (int *) malloc(n * sizeof(int));
    if (p == NULL) {
        perror("malloc");
        exit(0);
    }
    /* inicializa o vetor */
    for (i = 0; i <= n; i++) {
        p[i] = i;
    }
    // imprime o vetor
    for (i = 0; i <= n; i++) {
        printf("%d ",p[i]);
    }

    /* libera a memória alocada */
    free(p);
}
```

Existe problema no código **ex2_slide.c** ?

Como identificar o problema ?

Encontrando erros de memória com Valgrind

- Compile o programa ex2_slide.c com diretiva de debug
`gcc -g ex2_slides.c -o ex2`
- Rode o programa com o valgrind
`valgrind --leak-check=yes ./ex2`
- Analise as mensagens de erro:

```
==17312== Command: ./ex2
==17312==
10
==17312== Invalid write of size 4
==17312==    at 0x109294: main (ex2_slide.c:17)
==17312== Address 0x4a9a4a8 is 0 bytes after a block of size 40 alloc'd
==17312==    at 0x4848899: malloc (in /usr/libexec/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-linux.so)
==17312==    by 0x10924F: main (ex2_slide.c:10)
```

Para onde vai cada parte no código ?

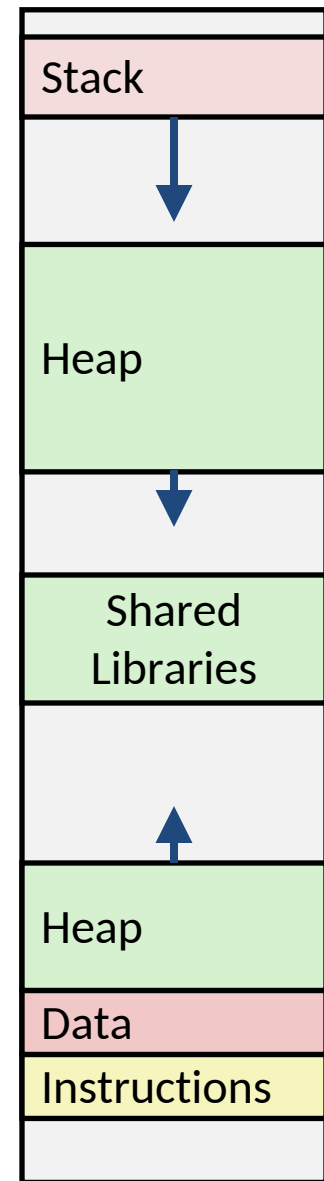
ex3_slide.c

```
char big_array[1L<<24]; /* 16 MB */
char huge_array[1L<<31]; /* 2 GB */

int global = 0;

int useless() { return 0; }

int main()
{
    void *p1, *p2, *p3, *p4;
    int local = 0;
    p1 = malloc(1L << 28); /* 256 MB */
    p2 = malloc(1L << 8); /* 256 B */
    p3 = malloc(1L << 32); /* 4 GB */
    p4 = malloc(1L << 8); /* 256 B */
    /* Some print statements ... */
}
```



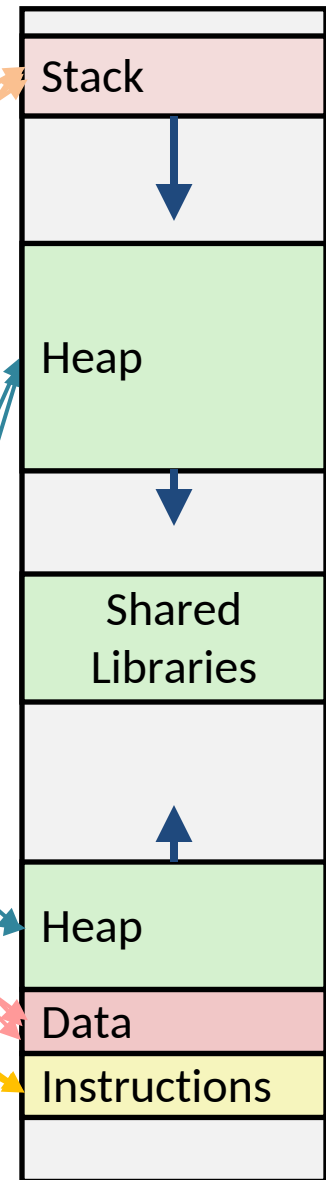
Para onde vai cada parte no código ?

```
char big_array[1L<<24]; /* 16 MB */
char huge_array[1L<<31]; /* 2 GB */

int global = 0;

int useless() { return 0; }

int main()
{
    void *p1, *p2, *p3, *p4;
    int local = 0;
    p1 = malloc(1L << 28); /* 256 MB */
    p2 = malloc(1L << 8); /* 256 B */
    p3 = malloc(1L << 32); /* 4 GB */
    p4 = malloc(1L << 8); /* 256 B */
    /* Some print statements ... */
}
```





Atividade prática

Exercícios básicos (30 minutos)

1. Analisar manualmente programas buscando por erros de memória

Atividade prática

Ferramentas de verificação de memória (30 minutos)

1. Usar ferramentas de checagem de integridade de memória

Ler memória não-inicializada

Bug clássico: assumir que dados no **heap** são **pré-inicializados com zero**

```
/* return y = Ax */
int *matvec(int **A, int *x) {
    int *y = malloc(N*sizeof(int));
    int i, j;

    for (i=0; i<N; i++)
        for (j=0; j<N; j++)
            y[i] += A[i][j]*x[j];
    return y;
}
```

Sobrescrever memória

Bug clássico: **off-by-one!**

No exemplo abaixo estamos tentando alocar uma **matriz de N linhas e M colunas**, o problema é que está sendo alocada uma linha a mais.

```
int **p;  
  
p = malloc(N*sizeof(int *));  
  
for (i=0; i<=N; i++) {  
    p[i] = malloc(M*sizeof(int));  
}
```

Memory leaks

```
foo() {  
    int *x = malloc(N*sizeof(int));  
    ...  
    return;  
}
```

C++ tem uma boa solução para esse problema: smart pointers!

Outras funções

calloc: Versão de malloc que inicializa bloco alocado com zeros.

realloc: “Re-aloca” um bloco – muda o tamanho do bloco garantindo a integridade dos dados. Note que o bloco realocado pode mudar de lugar na memória!

sbrk: usado internamente pelos alocadores para aumentar ou diminuir o heap



Atividade prática

Implementações de funções (Entrega)

1. Revisão de strings
2. Implementando programas que alocam memória

Insper

www.insper.edu.br