MC-102 — Aula 22
Ponteiros e Alocação Dinâmica

Instituto de Computação – Unicamp

8 de Maio de 2015

Roteiro

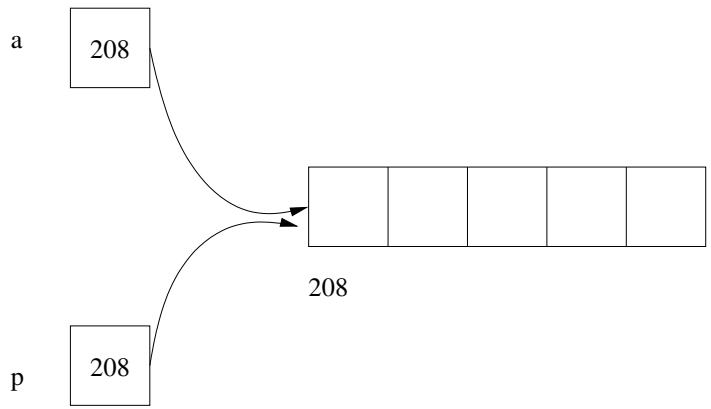
Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Lembre-se que uma variável vetor possui um endereço, que podemos atribuí-la para uma variável ponteiro:

```
int a[] = {1, 2, 3, 4, 5};
int *p;
p = a;
```

- E podemos então usar **p** como se fosse um vetor:

```
for(i = 0; i<5; i++)
  p[i] = i*i;
```



Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Podemos alocar dinamicamente uma quantidade de memória contígua e associá-la com um ponteiro.
- Desta forma podemos criar programas sem saber a priori o número de dados a ser armazenado.
  - Em aulas anteriores, ao trabalhar com matrizes por exemplo, assumíamos que estas tinham dimensões máximas.

```
#define MAX 100
.
.
.
int m[MAX][MAX];
```

  - Mas o que fazer se o usuário precisar trabalhar com matrizes maiores? Mudar o valor de MAX e recompilar o programa?

Ponteiros e Alocação Dinâmica

Na biblioteca **stdlib.h** existem duas funções para fazer alocação de memória.

- **calloc :** Nesta função são passados como parâmetro o número de blocos de memória a serem alocados e o tamanho em bytes de cada bloco.
  - Exemplo: alocar 100 inteiros:

```
int *p;
p = calloc(100, sizeof(int));
```

- **malloc :** Nesta função é passado um único argumento, o número de bytes a serem alocados.
  - Exemplo: alocar 100 inteiros:

```
int *p;
p = malloc(100*sizeof(int));
```

- **Diferenças:** O calloc *zera* todos os bits da memória alocada enquanto que o malloc não. Logo se não for necessário uma inicialização (com zero) da memória alocada, o malloc é preferível por ser um pouco mais rápido.

Ponteiros e Alocação Dinâmica

Juntamente com estas funções, está definida a função **free** na biblioteca **stdlib.h**.

- **free :** Esta função recebe como parâmetro um ponteiro, e libera a memória previamente alocada e apontada pelo ponteiro.
  - Exemplo:

```
int *p;
p = calloc(100, sizeof(int));
....
free(p);
```

- **Regra para uso correto de alocação dinâmica:** Toda memória alocada durante a execução de um programa deve ser desalocada (com o **free**) quando não for mais utilizada!

Exemplo: Produto interno de 2 vetores

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
  double *v1, *v2, prodInt;
  int i, n;

  printf("Digite a dimensão do vetor: ");
  scanf("%d", &n);
  v1 = malloc(n * sizeof(double));
  v2 = malloc(n * sizeof(double));

  printf("Entre com dados de v1:");
  for(i=0; i<n; i++)
    scanf("%lf", &v1[i]);
  printf("Entre com dados de v2:");
  for(i=0; i<n; i++)
    scanf("%lf", &v2[i]);

  prodInt = 0;
  for(i=0; i<n; i++)
    prodInt = prodInt + (v1[i]*v2[i]);
  printf("Produto Interno: %lf\n", prodInt);
  free(v1);
  free(v2);
}
```

Ponteiros e Alocação Dinâmica

- Você pode fazer ponteiros distintos apontarem para uma mesma região de memória.
  - Tome cuidado para não utilizar um ponteiro se a região de memória apontada foi desalocada!

```
double *v1, *v2;

v1 = malloc(100 * sizeof(double));
v2 = v1;
free(v1);

for(i=0; i<n; i++)
  v2[i] = i*i;
```

O código acima está errado e pode causar erros durante a execução já que v2 está acessando posições de memória que não pertencem mais ao programa!

Ponteiros e Alocação Dinâmica

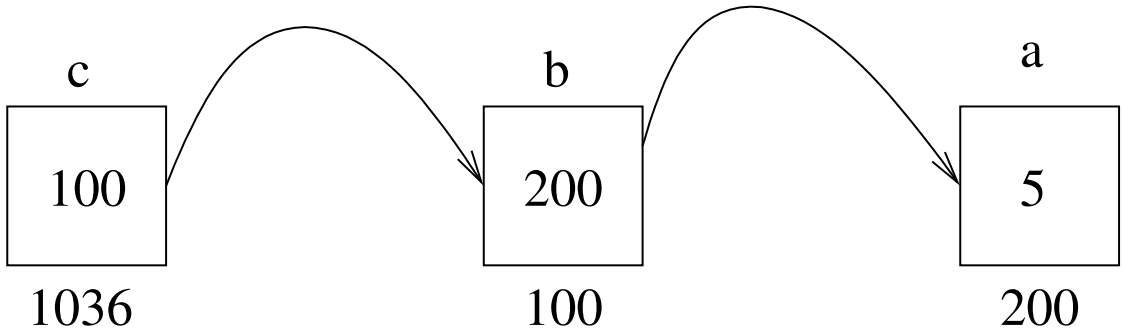
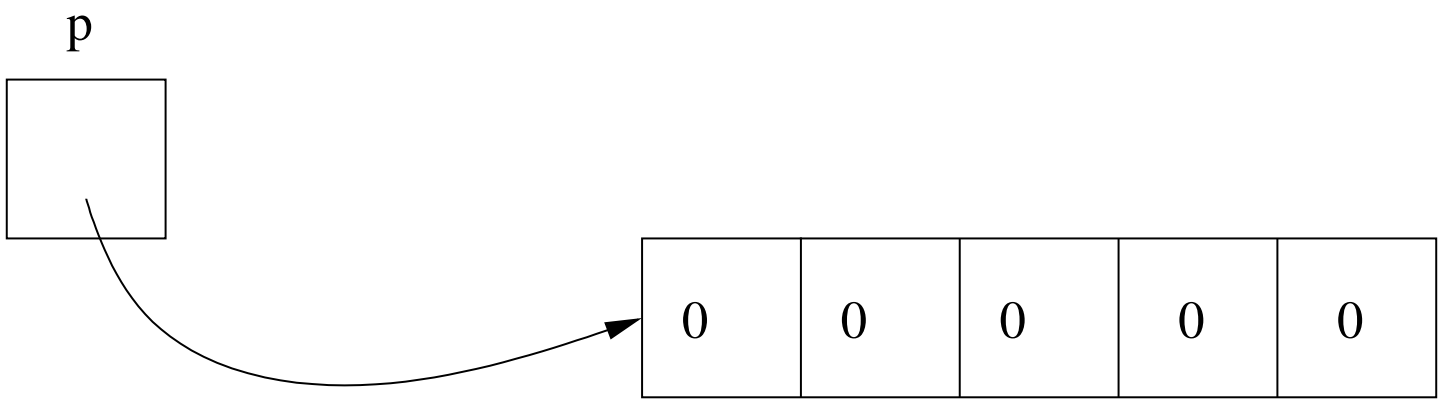
O programa abaixo imprime resultados diferentes dependendo se comentamos ou não o comando **free(v1)**. Por que?

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

int main(){
  double *v1, *v2, *v3;
  int i;

  v1 = malloc(100 * sizeof(double));
  v2 = v1;

  for(i=0; i<100; i++)
    v2[i] = i*i;
  free(v1);

  v3 = calloc(100,sizeof(double));

  for(i=0; i<100; i++)
    printf("%lf\n", v2[i]);

  free(v3);
}
```

Alocação Dinâmica de Matrizes

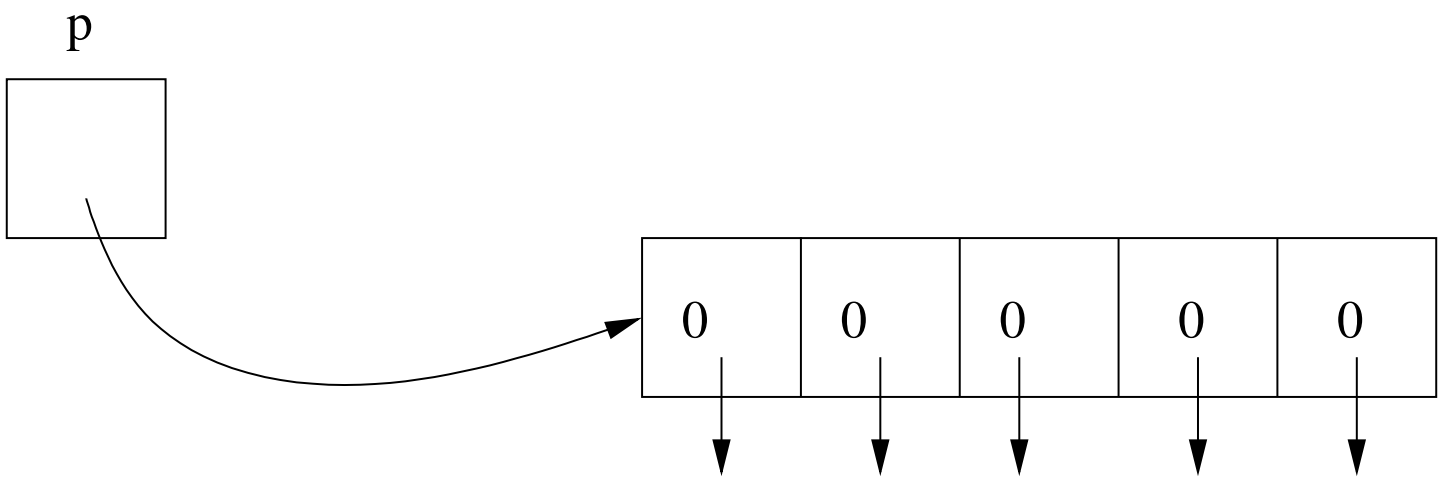
- Em aplicações científicas e de engenharias, é muito comum a realização de diversas operações sobre matrizes.
- Como vimos, em situações reais o ideal é alocar memória suficiente para conter os dados a serem tratados. Não usar nem mais e nem menos!
- Como alocar vetores-multidimensionais dinamicamente?

Ponteiros para ponteiros

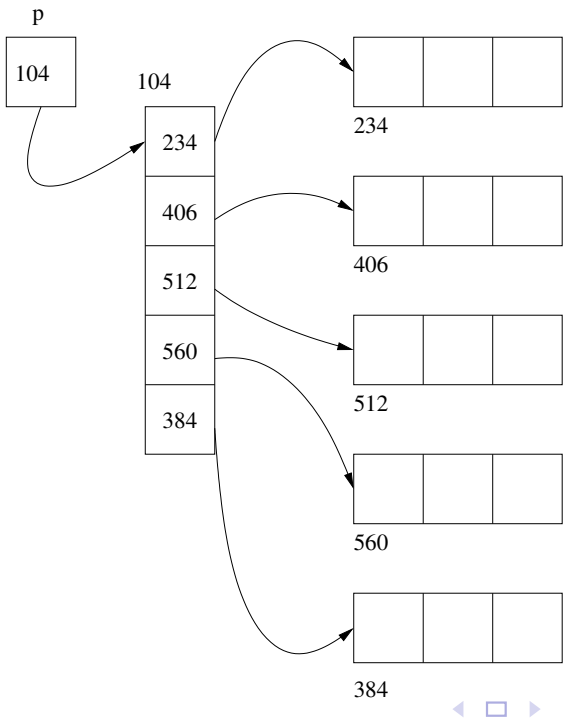
- Uma variável ponteiro está alocada na memória do computador como qualquer outra variável.
- Portanto podemos criar um ponteiro que contém o endereço de memória de um outro ponteiro.
- Para criar um ponteiro para ponteiro: **tipo **nomePonteiro;**
  - ```
    int main(){
      int a=5, *b, **c;
      b = &a;
      c = &b;
      printf("%d\n", a);
      printf("%d\n", *b);
      printf("%d\n", *(*c));
    }
    ```
    ```

Ponteiros para ponteiros

O programa imprime 5 três vezes, monstrando as três formas de acesso à variável **a**: **a, *b, **c**.



Ponteiros para ponteiros

- Pela nossa discussão anterior sobre ponteiros, sabemos que um ponteiro pode ser usado para referenciar um vetor alocado dinamicamente.
  - ```
    int *p;
    p = calloc(5, sizeof(int));
    ```


    ```

Ponteiros para ponteiros

- A mesma coisa acontece com um ponteiro para ponteiro, só que neste caso o vetor alocado é de ponteiros.
  - ```
    int **p;
    p = calloc(5, sizeof(int *));
    ```



  - Note que cada posição do vetor acima é do tipo **int ***, ou seja, um ponteiro para inteiro!
    ```

Ponteiros para ponteiros

- Como cada posição do vetor é um ponteiro para inteiro, podemos associar cada posição dinamicamente com um vetor de inteiros!
  - ```
    int **p;
    int i;
    p = calloc(5, sizeof(int *));

    for(i=0; i<5; i++){
      p[i] = calloc(3, sizeof(int));
    }
    ```


    ```

Alocação Dinâmica de Matrizes

Esta é a forma de se criar matrizes dinamicamente:

- Crie um ponteiro para ponteiro.
- Associe um vetor de ponteiros dinamicamente com este ponteiro de ponteiro. O tamanho deste vetor é o número de linhas da matriz.
- Cada posição do vetor será associado com um outro vetor do tipo a ser armazenado. Cada um destes vetores é uma linha da matriz (portanto possui tamanho igual ao número de colunas).

OBS: No final você deve desalocar toda a memória alocada!!

Alocação Dinâmica de Matrizes

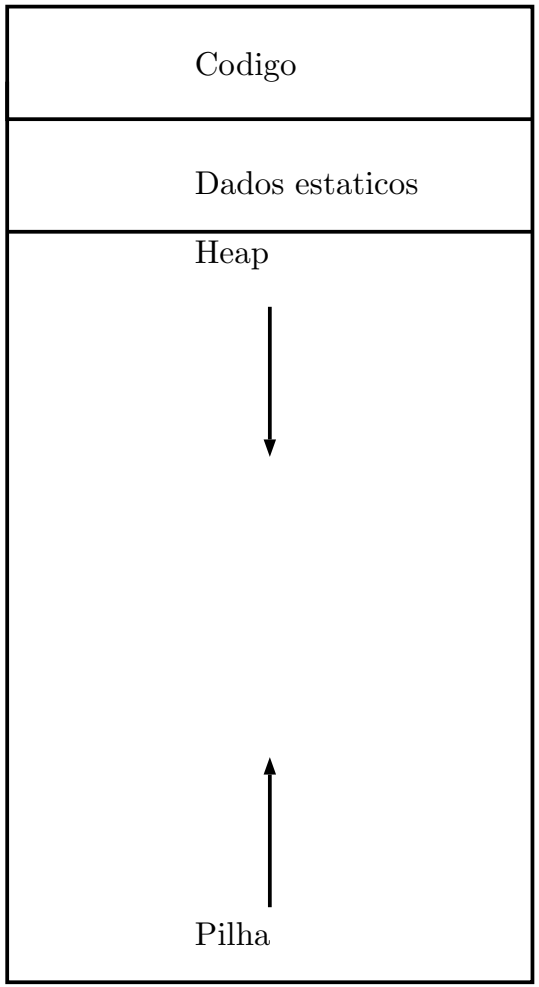
```
int main(){
  int **p, i, j;

  p = calloc(5, sizeof(int *));
  for(i=0; i<5; i++){
    p[i] = calloc(3, sizeof(int));
  }
  printf("Digite os valores da matriz\n");
  for(i = 0; i<5; i++)
    for(j=0; j<3; j++)
      scanf("%d", &p[i][j]);

  printf("Matriz lida\n");
  for(i = 0; i<5; i++){
    for(j=0; j<3; j++){
      printf("%d, ", p[i][j]);
    }
    printf("\n");
  }
  //desalocando memória usada
  for(i=0; i<5; i++){
    free(p[i]);
  }
  free(p);
}
```

Organização da Memória

A memória do computador na execução de um programa é organizada em segmentos:

- **Código executável:** Contém o binário do programa.
- **Dados estáticos:** Contém variáveis globais e estáticas que existem durante toda a execução do programa.
- **Pilha:** Contém as variáveis locais que são criadas na execução de uma função e depois são removidas da pilha.
- **Heap:** Contém as variáveis criados por alocação dinâmica.

Organização da Memória



Organização da Memória

É possível obter algo parecido com a alocação dinâmica de forma simples declarando um vetor cujo tamanho corresponde ao valor de uma variável:

```
#include <stdio.h>

int main(){
    long n, i;

    scanf("%ld", &n);
    double v[n];

    for(i=0; i<n; i++){
      v[i] = i;
    }
    for(i=0; i<n; i++){
      printf("%.2lf\n", v[i]);
    }
}
```

Execute o programa digitando 1000000 e depois 2000000.

Organização da Memória

- O programa anterior será encerrado (*segmentation fault*) se for usado um valor grande o suficiente para n.
- Isto se deve ao fato de que o SO limita o que pode ser alocado na pilha na execução de uma função.
- Este limite não existe para o Heap (com exceção do limite de memória do computador).

Organização da Memória

Utilizando alocação dinâmica não temos este problema:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(){
    long n=2000000, i;
    double *v = malloc(n*sizeof(double));

    for(i=0; i<n; i++){
      v[i] = i;
    }
    for(i=0; i<n; i++){
      printf("%.2lf\n", v[i]);
    }
}
```

Exercício

Crie um programa que multiplica duas matrizes quadradas do tipo **double** lidas do teclado. Seu programa de ler a dimensão n da matriz, em seguida alocar dinamicamente duas matrizes $n \times n$. Depois ler os dados das duas matrizes e imprimir a matriz resultante da multiplicação destas.