Tópico 5

Ponteiros e alocação dinâmica

Ponteiros

Introdução

- Ponteiros são um dos recursos mais poderosos da linguagem C; e um dos mais difíceis de dominar
- permitem simular **chamadas por referência**
- permitem criar e manipular **estruturas dinâmicas de dados** (que podem crescer ou diminuir) como:
  - listas encadeadas, filas, pilhas e árvores

Declarações e Inicialização de Variáveis Ponteiros

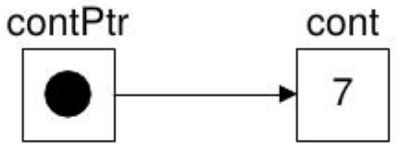
- São variáveis que contém endereços de memória como valor
- Uma variável faz uma referência direta a um valor específico
- Um ponteiro, por outro lado, contém um endereço de uma variável que contém um valor específico.

```
int *contPtr, cont;
```

Obs 1.: '*' indica que a variável é um ponteiro.

Obs 2.: o ponteiro deve ser do mesmo tipo que a variável apontada

cont faz uma referência direta a uma variável cujo valor é 7.



contPtr faz uma referência indireta a uma variável cujo valor é 7.

Boas práticas de programação

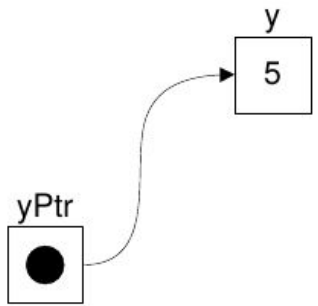
1) **Incluir as letras ptr** em nomes de variáveis de ponteiros para tornar claro que essas variáveis são ponteiros e precisam ser manipuladas apropriadamente.

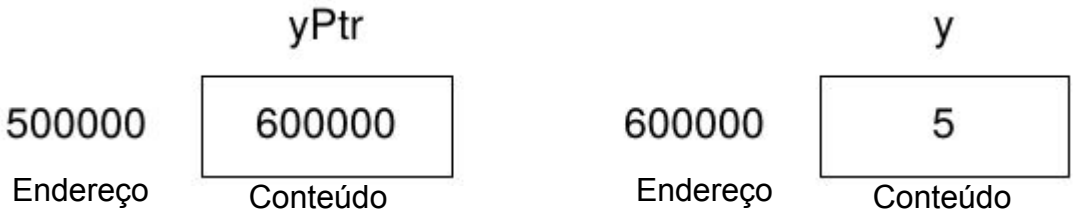
2) **Inicialize ponteiros** para evitar resultados inesperados:
   a) Podem ser inicializados com um **endereço**, **0** ou **NULL**
   b) O mais recomendado é NULL. Quando um ptr recebe NULL, ele não está apontando para lugar algum

Operadores de ponteiros

- **&**: é um operador unário que retorna o endereço do seu operando
- por ex.:

```
int y = 5;
int *yPtr;
// yPtr recebe o endereço de y
// yPtr "aponta" para y
yPtr = &y;
```





Operadores de ponteiros

- * : operador que retorna o valor do objeto ao qual o seu operando aponta.
- Por ex.:

```
int a, *aPtr = NULL;
a = 7;
aPtr = &a;

// endereço de a e valor de aPtr
printf("%p e %p", &a, aPtr);
```

Ex. de saída: FFF4 e FFF4

```
//valor de a e valor de *aPtr
printf("%d e %d\n", a, *aPtr);
```

Saída: 7 e 7

Obs.: %p mostra o endereço na memória como inteiro hexadecimal

```
//Sabendo que * e & "cancelam-se"
printf("&*aPtr=%p e *&aPtr=%p",&*aPtr,
*&aPtr);
```

Ex. de saída: FFF4 e FFF4

Exercício 1

- Qual será a saída do seguinte programa em C?

```c
int main(){
 int *pc, c=5;
 pc = &c;
 c = 1;
 printf("%d %d", c,*pc);
 return 0; }
```

Resposta:

a) 5 1
b) 1 5
c) 5 5
d) 1 1

Exercício 1

- Qual será a saída do seguinte programa em C?

```c
int main(){
 int *pc, c=5;
 pc = &c;
 c = 1;
 printf("%d %d", c,*pc);
 return 0; }
```

Resposta:

a) 5 1
b) 1 5
c) 5 5
d) 1 1

Relação entre vetor e endereço

- Considere a seguinte leitura de string:

```
char str[20];
scanf("%s", str);
```

Obs.: como os endereços de cada posição são consecutivos, basta saber a posição 0

- o '**&**' é utilizado no scanf para fornecer o endereço da variável
- observe que o vetor é passado para o scanf() sem o '**&**'
- o nome de um vetor é o endereço do início do vetor;
  - portanto, o '&' não é necessário
  - **str** equivale a **&str[0]**
  - nome de um vetor é um **"ponteiro"** que aponta para o seu início

Chamando Funções por Referência

- Há 2 maneiras de passar argumentos à uma função: **por valor** e **por referência**
- **Passagem por valor:**
  - Como são todas as chamadas de função em C
  - No momento em que a função é chamada, uma variável local é criada, na qual é copiado o valor da variável passada como parâmetro
  - Alterações na variável local, não refletem na variável "original"

```
void funcao(int a, int b){
   a += b;
   printf("Na funcao, a = %d b = %d\n", a,
b); }

int main(void){
   int x = 5, y = 7;
   funcao(x, y);
   printf("Na main, x = %d y = %d\n", x,
y);
   return 0; }
```

Saída:
Na funcao, a=12 b = 7
Na main, x=5 y = 7

Desvantagens da passagem por valor:

- **Uso ineficiente da memória**, pois a cada argumento tem-se uma variável consumindo memória
  - A situação piora, quando argumentos são vetores
- Para vetores, o **processo de cópia é custoso**
  - Imagine um vetor de 100 posições;
  - a cada chamada da função, 100 operações de cópias serão realizadas.

Chamando Funções por Referência

- O C fornece um meio de simular chamadas por referência, utilizando **ponteiros**
- Em vez do valor, é passado um ponteiro com o endereço da variável
  - permitindo a manipulação direta da variável, e não de uma cópia sua
- Ex.:

```
void troca(int* i, int* j) {
   int temp = *i;
   *i = *j;
   *j = temp;
}
```

```
int main(void) {
   int *ptrA, *ptrB, a = 10, b = 20;
   ptrA = &a;
   ptrB = &b;
   troca(ptrA, ptrB);
   printf("a e' %d e b e' %d\n", a, b);
   return 0; }
```

Expressões e Aritmética de Ponteiros

- Operações aritméticas podem ser realizadas com ponteiros. Um ptr pode ser:
  - incrementado (++) ou decrementado (--);
  - adicionado a um inteiro (+ ou +=);
  - subtraído a um inteiro (- ou -=); ou
  - um ptr pode ser subtraído de outro

Exercício 2

- Usando passagem por referência, crie uma função para receber uma string como parâmetro e converter todos os seus caracteres para maiúsculas.
  - protótipo da função `void paraMaiusculas(char *s);`

Pergunta:

- Considere `int v[100]` no qual o seu início tem endereço *3000*

```
int *ptr, v[100]; //considere que &v[0] = 3000
ptr = v; //ou ptr = &v[0];
printf("%d ", ptr); // mostra 3000
ptr += 2;
printf("%d", ptr);
```

- Qual a saída do 2º printf? (admita 4 bytes p/ armazenar um inteiro na memória)

Resposta:

- Considere `int v[100]` no qual o seu início tem endereço *3000*

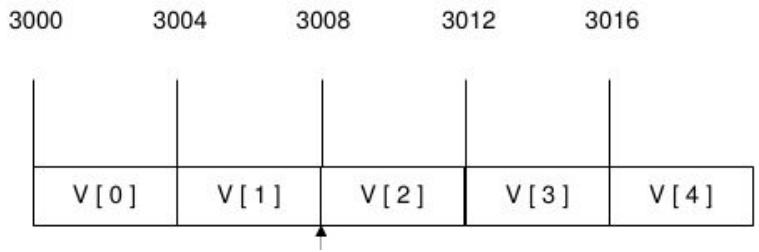
```
int *ptr, v[100]; //considere que &v[0] = 3000
ptr = v; //ou ptr = &v[0];
printf("%d ", ptr); // mostra 3000
ptr += 2;
printf("%d", ptr);
```

- Qual a saída do 2º printf? (admita 4 bytes p/ armazenar um inteiro na memória)

R = 3008.

- Operador aritmético do ponteiro funciona de acordo com o tipo do dado

- ptr +=2, o faz apontar para v[2], 8 bytes a mais na memória



3008 = 3000 + 2 * 4

Exercício 3

- Qual será a saída do seguinte programa em C?

```c
int main(){
  int a = 30, b = 5;
  int *p = &a, *q = &b;
  printf("%d", p - q);
  return 0;
}
```

a) 1
b) Erro de execução
c) Erro de compilação
d) 25

Exercício 3

- Qual será a saída do seguinte programa em C?

```c
int main(){
  int a = 30, b = 5;
  int *p = &a, *q = &b;
  printf("%d", p - q);
  return 0;
}
```

a) 1
b) Erro de execução
c) Erro de compilação
d) 25

Exercício 3

- Qual será a saída do seguinte programa em C?

```c
int main(){
  int a = 30, b = 5;
  int *p = &a, *q = &b;
  printf("%d", p - q);
  return 0;
}
```

a) 1
b) Erro de execução
c) Erro de compilação
d) 25

- **Explicação:**
  - A declaração consecutiva de variáveis do mesmo tipo, são em endereços também consecutivos;
  - A diferença de endereços é expressada em termos de `sizeof(tipo)`
    - nesse caso, `sizeof(int)`
  - Logo, 1.

Exercício 4

- Qual será a saída do seguinte programa em C? (sem testar no computador)

```c
int main()
{
  char *ptr = "Ponteiro-para-String", i;
  printf("%s", ++ptr);
  return 0;
}
```

A. Ponteiro-para-String
B. o
C. onteiro-para-String
D. N.D.A.
E. Erro de compilação

Exercício 4

- Qual será a saída do seguinte programa em C? (sem testar no computador)

```c
int main()
{
  char *ptr = "Ponteiro-para-String", i;
  printf("%s", ++ptr);
  return 0;
}
```

A. Ponteiro-para-String
B. o
C. onteiro-para-String
D. N.D.A.
E. Erro de compilação

Exercício 5

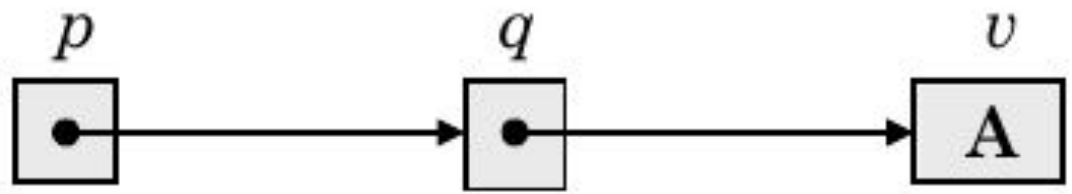
- Crie uma função para comparar 2 strings usando ponteiros. Se as duas strings são iguais, a função retorna 0. Se diferentes, retorna != 0.
  - protótipo: `int compare(char *str1, char *str2);`

Exercício 6

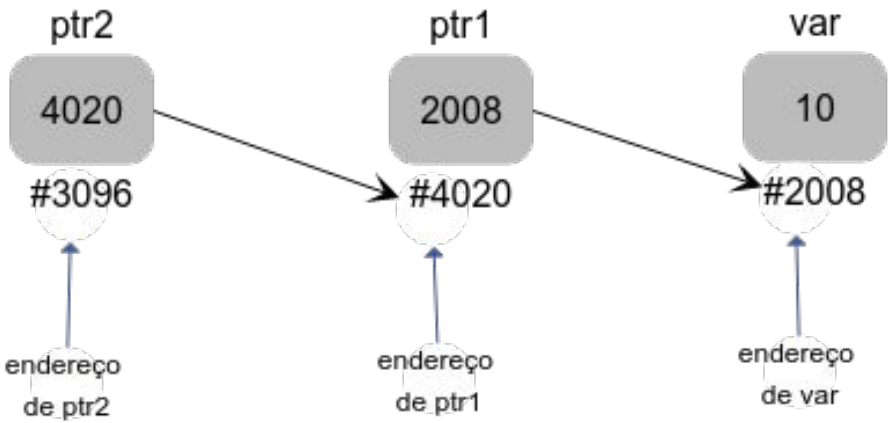
- Crie uma função em C para preencher um vetor de 10 posições, passado por referência, com valores aleatórios.
  - protótipo: `void load(int*)`

Ponteiro para ponteiro

- Na linguagem C, um ponteiro pode apontar para outro ponteiro. Permitindo:
  - passagem de matrizes **por referência**
  - **alocação dinâmica** de matrizes
  - operações de manipulação em **estruturas de dados**
    - inserção e remoção em árvores, listas encadeadas, etc.



Ponteiro para ponteiro



- O 1º ponteiro (ptr1) armazena o endereço da variável. E o 2º ponteiro (ptr2), armazena o endereço do 1º ponteiro

- Sintaxe:
  - `int **ptr;  // declaração de um prt de ptr`

Exemplo:

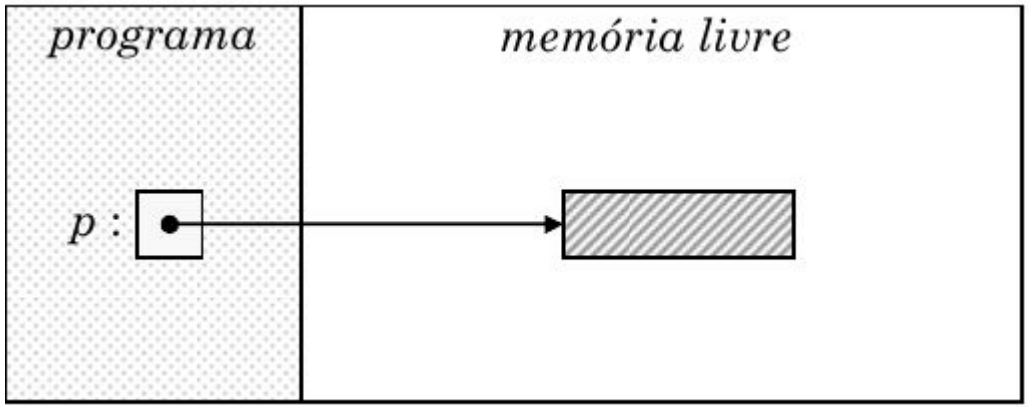
Saída:
10 10 10

```
int var = 10;
// ponteiro para var
int *ptr1;
// ponteiro-de-ponteiro para ptr1
int **ptr2;
//armazenando endereço de var em ptr1
ptr1 = &var;
//armazenando endereço de ptr1 em ptr2
ptr2 = &ptr1;
//Mostrando valor de var, var usando
//ponteiro e ponteiro-de-ponteiro
printf("%d %d %d\n", var,*ptr1, **ptr2 );
```

Alocação dinâmica

Alocação dinâmica

- É uma das aplicações mais interessantes de ponteiros
- Permite a um programa requisitar **memória adicional** para o armazenamento de dados durante sua execução.



Função *malloc*

- Para requisitar mais espaço de memória, utilizamos a função ***malloc()***
- malloc(...):
  - recebe como argumento o tamanho, em bytes, da área a ser alocada
  - Se houver memória disponível, o endereço dessa área é retornado
    - Senão, é retornado NULL
  - Como malloc não sabe o tipo dos dados a serem armazenados, é retornado um ponteiro void*

Ponteiros do tipo `void*` são compatíveis de atribuição com ponteiros de quaisquer outros tipos e, por isso, são denominados ponteiros genéricos.

- Como tipos de dados diferentes requerem espaços diferentes, e ainda podem variar de acordo com a máquina
  - fazemos uso do operador **sizeof**

Exemplo: vetores dinâmicos

```c
#include <stdio.h>
#include <malloc.h>
int main(void) {
    int *v, n, i;
    printf("\nTamanho do vetor? ");
    scanf("%d",&n);
    v = malloc( n*sizeof(int) );
    if( v==NULL ) return -1;
```

```c
for(i=0; i<n; i++) {
   printf("\n%d°. Valor? ",i);
   scanf("%d",&v[i]); }
for(i=0; i<n; i++)
   printf("%d ",v[i]);
}
free(v); //libera memória alocada para v
return 0;
}
```

- *Como o retorno de malloc é `void*`, o C faz o cast automático para para `int*`*
- *Então na compilação ocorre:*
  `v = (int*)malloc( n*sizeof(int) );`

Obs.: recomenda-se sempre desalocar a memória. Cuidado para não desalocar antes do uso!

Variável para tamanho de vetor

- A partir do C99, é permitido declarar o tamanho de um vetor, por meio de uma variável
- ex.:

```
int tam;
printf("tamanho do vetor\n");
scanf("%d", &tam);
int v[tam];
```

- **Isso não é boa prática de alocação dinâmica!**
  - um vez declarado, **v** não pode alterar de tamanho
    - com ponteiros isso é possível usando *realloc()*
  - Não fornece nenhum mecanismo para detecção de falhas:

```
//se 'tam' ultrapassar o espaço de memória disponível, um erro inesperado por ocorrer
char v[tam];

char *v = malloc(tam*sizeof(char));
 if (v == NULL) {
   //alocação falhou, abortar ou tomar uma ação corretiva  }
```

Exemplo: matrizes dinâmicas

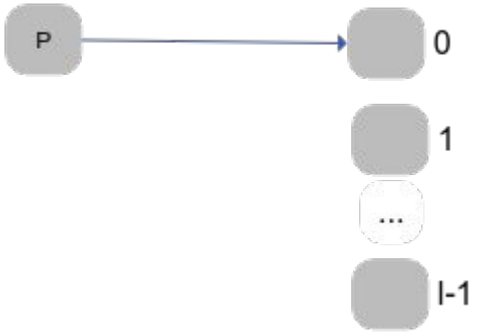
```
int **p=NULL;
int l=5,c=5;

//1°) malloc aloca espaço para l ponteiros do tipo int. Um "vetor int* com l posições"
//2°) p aponta para a 1ª posição desse vetor
p = (int**)malloc(sizeof(int*)*l);

//1°) Para cada ponteiro p[i], malloc aloca espaço para c inteiros. Um "vetor int com
c posições".
//2°) p aponta para a 1ª posição desse vetor
for(int i=0;i<l;i++){
   p[i] = (int*)malloc(sizeof(int)*c);
 }
```

```
for (i = 0; i <  l; i++)
     for (j = 0; j < c; j++)
        arr[i][j] = rand();
```

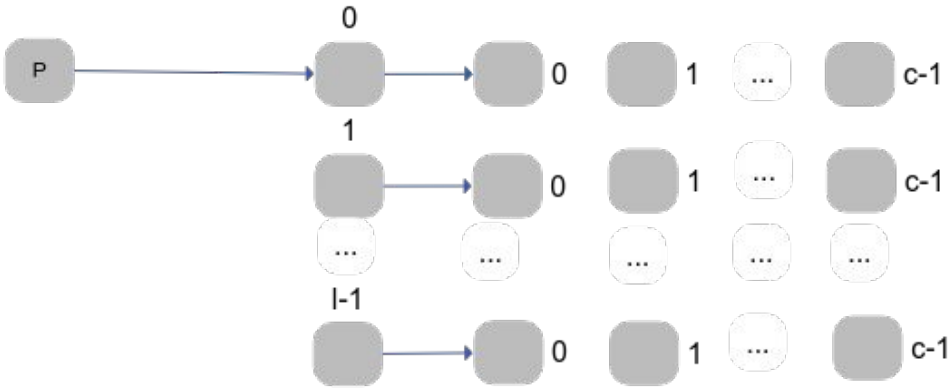
Exemplo: matrizes dinâmicas (Ilustração)

```
int **p=NULL;
```


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




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

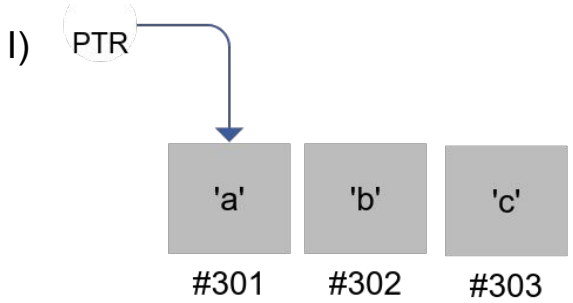


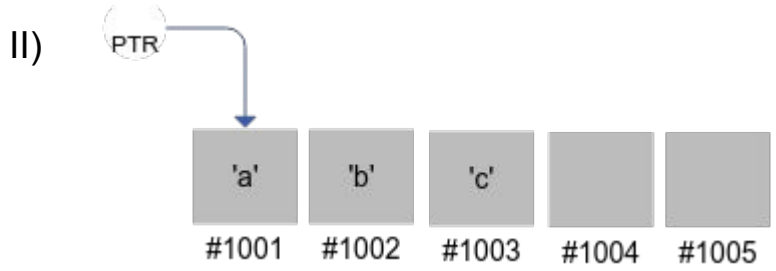
Exercício

1. Crie uma agenda em C para armazenar nomes de **n** pessoas. Cada nome pode possuir até **m** caracteres.
2. Crie uma função `int addNome(char** agenda, char* nome);` que adiciona um nome ao 1º espaço em branco da agenda
   a. dica: utilize um contador passado por referência, para guardar o nº de registros

Realocação de memória

- O C permite dinamicamente alterar a alocação de memória previamente alocada
- Para isso, faz-se uso da função `void* realloc (void* ptr, unsigned size);`
  - altera o tamanho do bloco de memória apontado por **ptr,**
  - movendo o bloco para um novo local (junto com seu conteúdo)
    - o endereço desse local é retornado pela função
  - se a realocação falhar, **NULL** é retornado





Requisitando aumento de um vetor de inteiros

```
int *v,t_inicial=2,t_extra=3;

//alocando t_inicial int
v = malloc(t_inicial*sizeof(int));

//preenchendo com valores aleatorios
for(i=0;i<t_inicial;i++)
   v[i]=rand()%100;

//mostrando o vetor inicial
 for(i=0;i<t_inicial;i++)
   printf("%d ", v[i]);
```

```
//realocando p. (t_novo) int
t_novo = t_extra+t_inicial;
v = realloc(v, (t_novo)*sizeof(int));

//preenchendo o novo espaço do vetor
 for(i=t_inicial;i<(t_novo);i++)
     v[i]=rand()%100;

//mostrando o vetor final
 for(int i=0;i<(t_novo);i++)
   printf("%d ", v[i]);
```

Exercício

- A partir do exercício anterior, suponha que a agenda necessite suportar *k* nomes a mais que a sua capacidade atual. Utilizando a função *realloc()*, aumente o tamanho da agenda e adicione mais *k* nomes nela.