Linguagem C: Alocação Dinâmica

Definição

- Sempre que escrevemos um programa, é preciso reservar espaço para as informações que serão processadas.
- Para isso utilizamos as variáveis
  - Uma variável é uma posição de memória que armazena uma informação que pode ser modificada pelo programa.
  - Ela deve ser definida antes de ser usada.

Definição

- Infelizmente, nem sempre é possível saber, em tempo de execução, o quanto de memória um programa irá precisar.
- Exemplo
  - Faça um programa para cadastrar o preço de **N** produtos, em que **N** é um valor informado pelo usuário

```
int N, i;
double produtos[N];
```

Errado! Não sabemos o valor de **N**

```
int N,i;

scanf("%d",&N)

double produtos[N];
```

Funciona, mas não é o mais indicado

Arrays - criação (alocação de espaço)

Tamanho Fixo (tempo compilação)	**Tamanho Variado (tempo execução)**	**Tamanho Variado (alocação dinâmica - tempo execução)**
`int vetor[10]`	`int vetor[N]` (versão C99)	`int *vetor = (int*) malloc(N * sizeof(int))`
Tamanho não pode ser alterado depois de criado	Tamanho não pode ser alterado depois de criado	Tamanho pode ser alterado depois de criado
Se o tamanho for grande, a compilação pode apresentar *warnings*.	Se não houver memória suficiente para a alocação, o programa encerra com *segmentation fault*.	É possível verificar se a alocação foi realizada com sucesso e tomar providências no caso de falha na alocação.
A desalocação (liberação) da memória é automática	A desalocação (liberação) da memória é automática	A desalocação não é automática. Fica a critério do programador (função **free**) liberar a memória de forma explícita.

Definição

- A *alocação dinâmica* permite ao programador criar “variáveis” em tempo de execução, ou seja, alocar memória para novas variáveis quando o programa está sendo executado, e não apenas quando se está escrevendo o programa.
  - Quantidade de memória é alocada sob demanda
  - Menos desperdício de memória
    - Espaço é reservado até liberação explícita
    - Depois de liberado, estará disponível para outros usos
    - **Obs:** espaço alocado e não liberado explicitamente não é automaticamente liberado ao final da execução

A alocação dinâmica consiste em requisitar um espaço de memória ao computador, em tempo de execução, o qual devolve para o programa o endereço do início desse espaço alocado usando um ponteiro.

Alocação Dinâmica

- A linguagem C ANSI usa apenas 4 funções para o sistema de alocação dinâmica, disponíveis na **stdlib.h**:
  - malloc
  - calloc
  - realloc
  - free

Alocação Dinâmica - malloc

- **malloc**
  - A função malloc() serve para alocar memória e tem o seguinte protótipo:

```
void *malloc (unsigned int num);
```

- Funcionalidade
  - Dado o número de bytes que queremos alocar (**num**), ela aloca na memória e retorna um ponteiro **void*** para o primeiro byte alocado.

Alocação Dinâmica - malloc

- O ponteiro **void*** pode ser atribuído a qualquer tipo de ponteiro via *type cast*.
- Se não houver memória suficiente para alocar a memória requisitada a função malloc() retorna um ponteiro nulo.

```
void *malloc (unsigned int num);
```

Alocação Dinâmica - malloc

- Alocar 1000 bytes de memória livre.

```
char *p;
p = (char *) malloc(1000);
```

- Alocar espaço para 50 inteiros:

```
int *p;
p = (int *) malloc(50*sizeof(int));
```

Operador Sizeof()

- Retorna o número de ***bytes*** de um dado tipo de dado. Ex.: int, float, char, struct...

```c
struct ponto{
    int x,y;
};

int main(){

    printf("char: %d\n", sizeof(char));// 1
    printf("int: %d\n", sizeof(int));// 4
    printf("float: %d\n", sizeof(float));// 4
    printf("ponto: %d\n", sizeof(struct ponto));// 8

    return 0;
}
```

Operador Sizeof()

- No exemplo anterior,

```
p = (int *) malloc(50*sizeof(int));
```

- **sizeof(int)** retorna 4
  - número de bytes necessário para armazenar um valor do tipo **int** na memória

  - Portanto, são alocados 200 bytes (50 * 4)
  - 200 bytes = 50 posições do tipo **int** na memória

Alocação Dinâmica - malloc

- Se não houver memória suficiente para alocar a memória requisitada, a função **malloc()** retorna um ponteiro nulo

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

int main() {

    int i;
    int *v = (int *) malloc(5 * sizeof(int));

    if (v == NULL) {
        printf("Erro: Memoria Insuficiente\n");
        exit(1);
    }

    for (i = 0; i < 5; i++) {
        scanf("%d", &v[i]);
    }

    for (i = 0; i < 5; i++) {
        printf("%d ", v[i]);
    }
    printf("\n");

    free(v);

    return 0;
}
```

Alocação Dinâmica - calloc

- **calloc**
  - A função calloc() também serve para alocar memória, mas possui um protótipo um pouco diferente:

```
void *calloc (unsigned int num, unsigned int size);
```

- Funcionalidade
  - A função calloc() faz o mesmo que a função malloc(), com duas diferenças: (i) chamada com 2 parâmetros (nro de elementos e o tamanho do tipo de dado alocado); (ii) inicializa todas as posições de memória para 0.

Alocação Dinâmica - calloc

- Exemplo da função **calloc**

```c
int main(){
    //alocação com malloc
    int *p;
    p = (int *) malloc(50*sizeof(int));
    if(p == NULL){
        printf("Erro: Memoria Insuficiente!\n");
    }
    //alocação com calloc
    int *p1;
    p1 = (int *) calloc(50,sizeof(int));
    if(p1 == NULL){
        printf("Erro: Memoria Insuficiente!\n");
    }

    return 0;
}
```

Alocação Dinâmica - realloc

- **realloc**
  - A função realloc() serve para realocar memória e tem o seguinte protótipo:

```
void *realloc (void *ptr, unsigned int num);
```

- Funcionalidade
  - A função modifica o tamanho da memória previamente alocada e apontada por ***ptr** para aquele especificado por **num.**
  - O valor de **num** pode ser maior ou menor que o original.

Alocação Dinâmica - realloc

- **realloc**
  - Um ponteiro para o bloco é devolvido porque realloc() pode precisar mover o bloco para aumentar seu tamanho.
  - Se isso ocorrer, o conteúdo do bloco antigo é copiado para o novo bloco, e nenhuma informação é perdida.

```c
int main() {

    int i;
    int *v = (int *) malloc(5 * sizeof(int));
    if (v == NULL) {
        printf("Erro: Memoria Insuficiente\n");
        exit(1);
    }
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        v[i] = i + 1;
    }
    for (i = 0; i < 5; i++) {
        printf("%d\n", v[i]);
    }
    // Diminui o tamanho do vetor
    v = (int *) realloc(v, 3 * sizeof(int));
    for (i = 0; i < 3; i++) {
        printf("%d\n", v[i]);
    }
    // Aumenta o tamanho do vetor
    v = (int *) realloc(v, 10 * sizeof(int));
    for (i = 0; i < 10; i++) {
        printf("%d\n", v[i]);
    }
    free(v);
    return 0;
}
```

Alocação Dinâmica - realloc

- Observações sobre realloc()
  - Se ***ptr** for nulo, aloca **num** bytes e devolve um ponteiro (igual malloc);
  - se **num** é zero, a memória apontada por ***ptr** é liberada (igual free).
  - Se não houver memória suficiente para a alocação, um ponteiro nulo é devolvido e o bloco original é deixado inalterado.

Alocação Dinâmica - free

- **free**
  - Diferentemente das variáveis definidas durante a escrita do programa, as variáveis alocadas dinamicamente **não** são liberadas automaticamente pelo programa.
  - Quando alocamos memória dinamicamente é necessário que a liberemos quando ela não for mais necessária.
  - Para isto existe a função **free()** cujo protótipo é:

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

Alocação Dinâmica - free

- Assim, para liberar a memória, basta passar como parâmetro para a função free() o ponteiro que aponta para o início da memória a ser desalocada.
- Como o programa sabe quantos bytes devem ser liberados?
  - Quando se aloca a memória, o programa guarda o número de bytes alocados numa "tabela de alocação" interna.

Alocação Dinâmica

- Exemplo da função **free()**

```c
int main(){
    int *p,i;
    p = (int *) malloc(50*sizeof(int));
    if(p == NULL){
        printf("Erro: Memoria Insuficiente!\n");

        exit(1);
    }
    for (i = 0; i < 50; i++){
        p[i] = i+1;
    }
    for (i = 0; i < 50; i++){
        printf("%d\n",p[i]);
    }
    //libera a memória alocada
    free(p);

    return 0;
}
```

Alocação de arrays

- Para armazenar um array o compilador C calcula o tamanho, em bytes, necessário e reserva posições sequenciais na memória
  - Note que isso é muito parecido com alocação dinâmica
- Como já vimos, existe uma ligação muito forte entre ponteiros e arrays.
  - O nome do array é apenas um ponteiro que aponta para o primeiro elemento do array

Alocação de arrays

- Quando alocamos memória estamos, na verdade, alocando um array.

```
int *p;
int i, N = 100;

p = (int *) malloc(N*sizeof(int));

for (i = 0; i < N; i++)
    scanf("%d",&p[i]);
```

Alocação de arrays

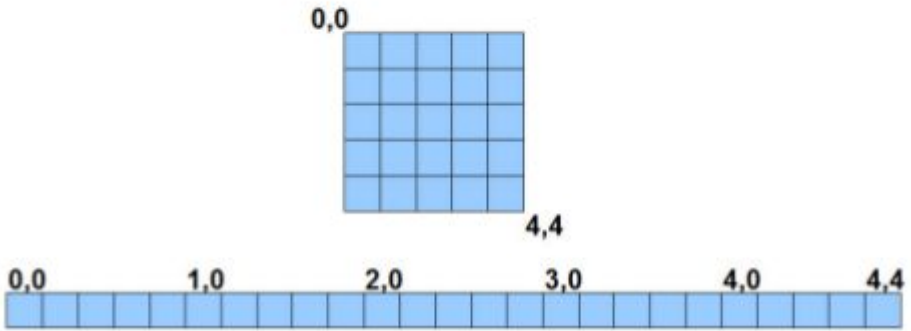
- O array alocado possui apenas uma dimensão
- Assim, para liberá-lo da memória, basta chamar a função free() ao final do programa:

```
int *p;
int i, N = 100;

p = (int *) malloc(N*sizeof(int));

for (i = 0; i < N; i++)
    scanf("%d",&p[i]);


free(p);
```

Alocação de matrizes

- Para alocarmos arrays com mais de uma dimensão, temos duas soluções:
- **Solução 1: array unidimensional**

```
int mat[5][5];
```



Solução 1: Array unidimensional

Podemos alocar um array de uma única dimensão e tratá-lo como se fosse uma matriz (2 dimensões)

```c
int main() {
    int *M;
    int i, j, Nlinhas = 2, Ncolunas = 2;
    M = (int *) malloc(Nlinhas * Ncolunas * sizeof(int));
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            M[i * Ncolunas + j] = i + j;
        }
    }
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            printf("%d ", M[i * Ncolunas + j]);
        }
        printf("\n");
    }
    free(M);
    return 0;
}
```

Desvantagem:

- uso de apenas um colchete para acessar todos os elementos (array de uma dimensão)
- Deve-se calcular o deslocamento no array para simular a segunda dimensão

M[i * Ncolunas + j]

Alocação de matrizes

- Solução 2: “ponteiro para ponteiro”.

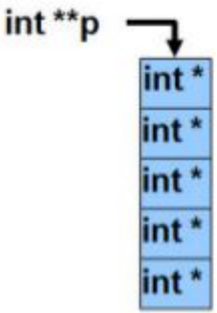
    - Em um ponteiro para ponteiro, cada nível do ponteiro permite criar uma nova dimensão no array.

Alocação de matrizes

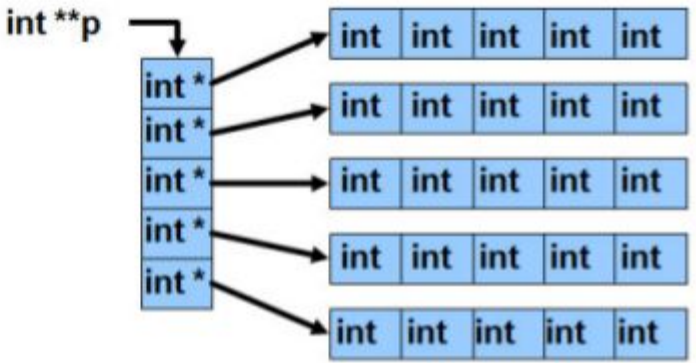
- Em um ponteiro para ponteiro, cada nível do ponteiro permite criar uma nova dimensão no array.

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

1º malloc
Cria as linhas da matriz



2º malloc
Cria as colunas da matriz

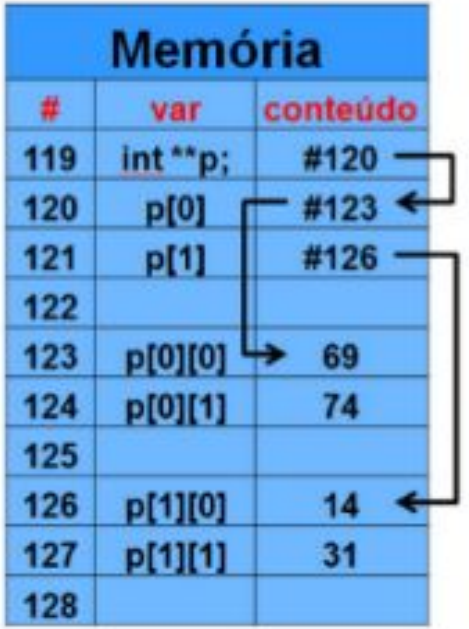


- `*p` acessa o conteúdo do ponteiro intermediário
- `**p` acessa o conteúdo final da variável apontada

Alocação de matrizes

```c
int main() {
    int **p;
    int i, j, Nlinhas = 2, Ncolunas = 2;
    p = (int **) malloc(Nlinhas * sizeof(int*));
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        p[i] = (int *) malloc(Ncolunas * sizeof(int));
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            scanf("%d", &p[i][j]);
        }
    }
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            printf("%d ", p[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        free(p[i]);
    }
    free(p);
    return 0;
}
```

- `*p` acessa o conteúdo do ponteiro intermediário
- `**p` acessa o conteúdo final da variável apontada



Alocação de matrizes

- Diferente dos arrays de uma dimensão, para liberar um array com mais de uma dimensão da memória, é preciso liberar a memória alocada em cada uma de suas dimensões, na ordem inversa da que foi alocada

Alocação de arrays

```c
int main() {
    int **p;
    int i, j, Nlinhas = 2, Ncolunas = 2;
    p = (int **) malloc(Nlinhas * sizeof(int*));
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        p[i] = (int *) malloc(Ncolunas * sizeof(int));
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            scanf("%d", &p[i][j]);
        }
    }
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        for (j = 0; j < Ncolunas; j++) {
            printf("%d ", p[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    for (i = 0; i < Nlinhas; i++) {
        free(p[i]);
    }
    free(p);
    return 0;
}
```

Alocação de struct

- Assim como os tipos básicos, também é possível fazer a alocação dinâmica de estruturas.
- As regras são exatamente as mesmas para a alocação de uma **struct**.
- Podemos fazer a alocação de
  - uma única **struct**
  - um array de **structs**

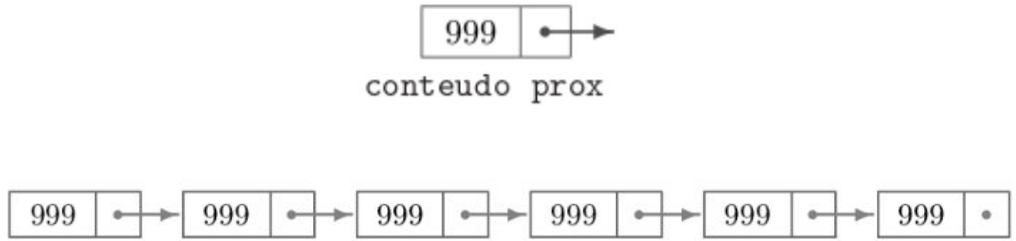
Alocação de struct

- Para alocar uma única **struct**
  - Um ponteiro para **struct** receberá o **malloc()**
  - Utilizamos o **operador seta** para acessar o conteúdo
  - Usamos **free()** para liberar a memória alocada

```c
struct cadastro{
    char nome[50];
    int idade;
};

int main(){
    struct cadastro *cad = (struct cadastro*) malloc(sizeof(struct cadastro));
    strcpy(cad->nome,"Maria");
    cad->idade = 30;

    free(cad);

    return 0;
}
```

Exemplo de aplicação: lista encadeada

```
typedef struct celula celula;
struct celula {
   int     conteudo;
   celula *prox;
};
```



Criação de lista encadeada vazia

```
celula *le;
le = malloc (sizeof (celula));
le->prox = NULL;
```

Alocação dinâmica de structs também será usada em outras estruturas como árvores e grafos…

Alocação de array de struct

- Para alocar um array de **struct**
  - Um ponteiro para **struct** receberá o **malloc()**
  - Utilizamos os **colchetes** **[ ]** para acessar o conteúdo
  - Usamos **free()** para liberar a memória alocada

Alocação de struct

```c
struct cadastro{
    char nome[50];
    int idade;
};

int main(){
    struct cadastro *vcad = (struct cadastro*) malloc(10*sizeof(struct cadastro));

    strcpy(vcad[0].nome,"Maria");
    vcad[0].idade = 30;

    strcpy(vcad[1].nome,"Cecilia");
    vcad[1].idade = 10;

    strcpy(vcad[2].nome,"Ana");
    vcad[2].idade = 10;

    free(vcad);

    return 0;
}
```

Exercícios

Lista no AVA