MC-202
Curso de C — Parte 5

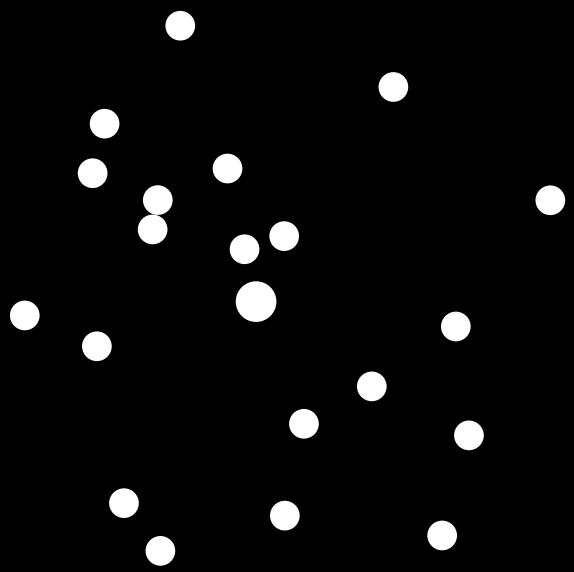
Rafael C. S. Schouery
rafael@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

2º semestre/2023

Problema

Como calcular o centroide de um conjunto de pontos?



```
1  #include <stdio.h>
2  #define MAX 100
3
4  struct ponto {
5    double x, y;
6  };
7
8  int main() {
9    struct ponto v[MAX], centro;
10   int i, n;
11   scanf("%d", &n);
12   for (i = 0; i < n; i++)
13     scanf("%lf %lf", &v[i].x, &v[i].y);
14   centro.x = centro.y = 0;
15   for (i = 0; i < n; i++) {
16     centro.x += v[i].x/n;
17     centro.y += v[i].y/n;
18   }
19   printf("%lf %lf\n", centro.x, centro.y);
20   return 0;
21 }
```

E se tivermos mais do que `MAX` pontos?

Ponteiros

Toda informação usada pelo programa está em algum lugar

- Toda variável tem um endereço de memória
  - cada posição de um vetor também
  - cada membro de um registro também

Um ponteiro é uma variável que armazena um endereço

- para um tipo específico de informação
  - `int`, `char`, `double`, structs declaradas, etc.

Exemplos:

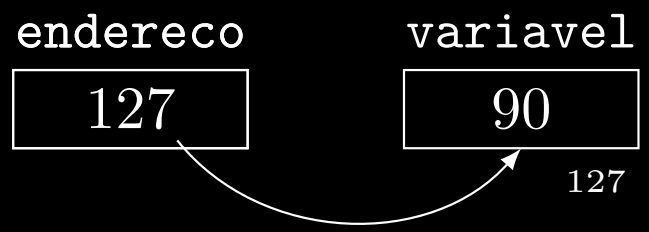
- `int *p;` declara um ponteiro para `int`
  - seu nome é `p`
  - seu tipo é `int *`
  - armazena um endereço de um `int`
- `double *q;` declara um ponteiro para `double`
- `char *c;` declara um ponteiro para `char`
- `struct data *d;` declara um ponteiro para `struct data`

Operações com ponteiros

Operações básicas:

- `&` retorna o endereço de memória de uma variável (ex: `&x`)
  - ou posição de um vetor (ex: `&v[i]`)
  - ou campo de uma `struct` (ex: `&data.mes`)
  - podemos salvar o endereço em um ponteiro (ex: `p = &x;`)
- `*` acessa o conteúdo no endereço indicado pelo ponteiro
  - `*p` onde `p` é um ponteiro
  - podemos ler (ex: `x = *p;`) ou escrever (ex: `*p = 10;`)

```
1 int *endereco;
2 int variavel = 90;
3 endereco = &variavel;
4 printf("Variavel: %d\n", variavel);
5 printf("Variavel: %d\n", *endereco);
6 printf("Endereço: %p\n", endereco);
7 printf("Endereço: %p\n", &variavel);
```



O que é um vetor em C?

Em C, se fizermos `int v[100];`

- temos uma variável chamada `v`
- que é, de fato, do tipo `int * const`
  - `const` significa que não podemos fazer `v = &x;`
  - i.e., não podemos mudar o endereço armazenado em `v`
- e que aponta para o primeiro `int` do vetor
  - ou seja, `v == &v[0]`
- de uma região da memória de 100 `int`
  - normalmente 400 bytes
- dizemos que `v` foi alocado estaticamente
  - o compilador fez o trabalho

Podemos alocar vetores dinamicamente

- nós alocamos e nós liberamos a região de memória
- do tamanho que desejarmos

`sizeof`, `malloc` e `free`

`sizeof` devolve o tamanho em bytes de um tipo dado

- `sizeof(int)` (normalmente) devolve `4`
- `sizeof(struct data)` - tamanho da `struct data`
  - é a soma dos tamanhos dos seus membros
  - e possivelmente mais alguns bytes para alinhamento

`malloc` aloca dinamicamente a quantidade de bytes informada

- devolve o endereço inicial da região de memória
  - a região é sempre contígua
- `malloc(sizeof(struct data))` aloca a quantidade de bytes necessária para representar uma `struct data`
- `malloc(10 * sizeof(int))` aloca a quantidade de bytes necessária para representar 10 `ints`

`free` libera uma região de memória alocada dinamicamente

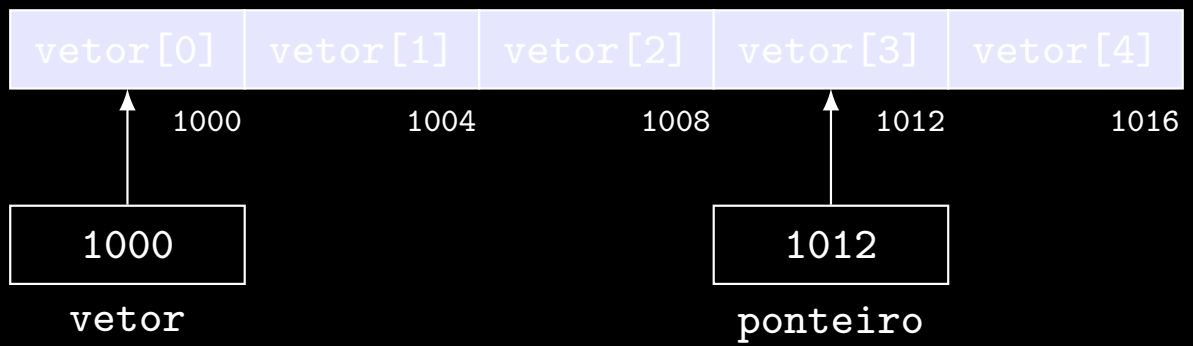
- precisa ser um endereço que foi devolvido por `malloc`
- evita que vazemos memória (*memory leak*)

Aritmética de ponteiros

Podemos realizar operações aritméticas em ponteiros:

- somar ou subtrair um número inteiro
- também incremento (++) e decremento (--)
- o compilador considera o tamanho do tipo apontado
- ex: somar 1 em um ponteiro para `int` faz com que o endereço pule `sizeof(int)` bytes

```
1 int vetor[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
2 int *ponteiro;
3 ponteiro = vetor + 2;
4 ponteiro++;
5 printf("%d %d %d", *vetor, *(ponteiro - 1), *ponteiro);
```



Ponteiros e vetores

Se tivermos um ponteiro `p`, podemos escrever `p[i]`

- como se fosse um vetor
- é o mesmo que escrever `*(p + i)`

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main() {
5    double media, *notas; /* será usado como um vetor */
6    int i, n;
7    scanf("%d", &n);
8    notas = malloc(n * sizeof(double));
9    if (notas == NULL) {
10     printf("Nao ha memoria suficente!\n");
11     exit(1);
12   }
13   for (i = 0; i < n; i++)
14     scanf("%lf", &notas[i]);
15   media = 0;
16   for (i = 0; i < n; i++)
17     media += notas[i] / n;
18   printf("Média: %lf\n", media);
19   free(notas);
20   return 0;
21 }
```

Organização da memória

A memória de um programa é dividida em duas partes:

- Pilha: onde são armazenadas as variáveis
  - Em geral, espaço limitado (ex: 8MB)
- Heap: onde são armazenados os outros dados
  - Do tamanho da memória RAM disponível

Alocação estática (variáveis):

- O compilador reserva um espaço na pilha
- A variável é acessada por um nome bem definido
- O espaço é liberado quando a função termina

Alocação dinâmica:

- `malloc` reserva um número de bytes no heap
- Devemos guardar o endereço da variável com um ponteiro
- O espaço deve ser liberado usando `free`

Receita para alocação dinâmica de vetores

- Incluir a biblioteca `stdlib.h`
- Declare o ponteiro com o tipo apropriado
  - ex: `int *v;`
- Aloque a região de memória com `malloc`
  - O tamanho de um tipo pode ser obtido com `sizeof`
  - ex: `v = malloc(n * sizeof(int));`
- Verifique se acabou a memória comparando com `NULL`
  - use a função `exit` para sair do programa
  - ex:

```
1 if (v == NULL) {
2   printf("Nao ha memoria suficente!\n");
3   exit(1);
4 }
```

- Libere a memória após a utilização com `free`
  - ex: `free(v);`

Voltando ao centroide

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

struct ponto {
  double x, y;
};

int main() {
  struct ponto *v, centro;
  int i, n;
  scanf("%d", &n);
  v = malloc(n * sizeof(struct ponto));
  if (v == NULL) {
    printf("Nao ha memoria suficente!\n");
    exit(1);
  }
  for (i = 0; i < n; i++)
    scanf("%lf %lf", &v[i].x, &v[i].y);
  centro.x = centro.y = 0;
  for (i = 0; i < n; i++) {
    centro.x += v[i].x/n;
    centro.y += v[i].y/n;
  }
  printf("%lf %lf\n", centro.x, centro.y);
  free(v);
  return 0;
}
```

Ponteiros, vetores e funções

Funções

- não podem devolver vetores
  - não podemos escrever `int [] funcao(...)`
- mas podem devolver ponteiros
  - podemos escrever `int * funcao(...)`

Nunca devolva o endereço de uma variável local

- Ela deixará de existir quando a função terminar
- Ou seja, nunca devolva um vetor alocado estaticamente

Exercício - Alocando vetor

Escreva uma função que dado um `int` n, aloca um vetor de `double` com n posições zerado.

```
1 double * aloca_e_zera(int n) {
2   int i;
3   double *v = malloc(n * sizeof(double));
4   for (i = 0; i < n; i++)
5     v[i] = 0.0;
6   return v;
7 }
```

Exercício - Imprimindo vetores

Queremos fazer uma função que imprime um vetor

- para vetores alocados estaticamente ou dinamicamente

Como vetores são ponteiros, basta receber um ponteiro!

```
1 void imprime(double *v, int n) {
2   int i;
3   for (i = 0; i < n; i++)
4     printf("%lf", v[i]);
5   printf("\n");
6 }
```

Alocado dinamicamente

```
1 v = malloc(n * sizeof(double));
2 ...
3 imprime(v, n);
```

Alocado estaticamente

```
1 double w[100];
2 ...
3 imprime(w, 100);
```

Ponteiros e Structs

Frequentemente alocamos uma `struct` dinamicamente

- Elas serão o elemento básico de muitas das EDs
- Teremos o ponteiro para uma `struct`
- e precisaremos acessar um dos seus campos...

Imagine que temos um ponteiro `d` do tipo `struct data *`

- acessamos o campo `mes` fazendo `(*d).mes`
  - veja o endereço armazenado em `d`
  - vá para essa posição de memória (onde está o registro)
  - acesse o campo `mes` deste registro
- porém isso é tão comum que temos um atalho: `d->mes`
  - significa exatamente o mesmo que `(*d).mes`
  - é um açúcar sintático do C

Exercício

- Declare uma `struct` que armazena informações de notas de uma turma. Essa estrutura deve armazenar o número de alunos, as notas das provas e a maior nota.
- Depois faça um programa que leia todos os dados e imprima a maior nota.