

MC-202
Curso de C — Parte 4

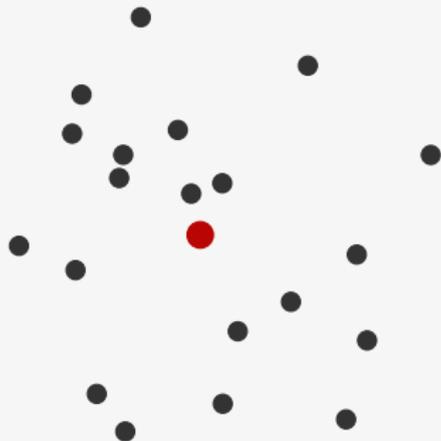
Lehilton Pedrosa
lehilton@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

Segundo semestre de 2024

Exercício

Dado um conjunto de pontos do plano, como calcular o centroide?



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

E se tivéssemos mais dimensões?

- Precisaríamos de um vetor para cada dimensão...

Registro

Registro é:

- uma coleção de dados relacionados de **vários** tipos
- organizadas em uma única estrutura
- e referenciados por um nome comum

Características:

- Cada dado é chamado de **membro** do registro
- Cada membro é acessado por um nome na estrutura
- Cada **estrutura** define um **novo tipo**, com as mesmas características de um tipo padrão da linguagem

Não é uma classe!

- Não tem funções associadas
- C não é Orientada a Objetos como Python

Declaração de estruturas e registros

Declarando uma **estrutura** com N membros

```
1 struct identificador {  
2     tipo1 membro1;  
3     tipo2 membro2;  
4     ...  
5     tipoN membroN;  
6 };
```

Declarando **um registro**:

```
struct identificador nome_registro;
```

Em C:

- Declaramos um tipo de uma estrutura apenas uma vez
- Podemos declarar vários registros da mesma estrutura

Exemplo de estrutura

Ficha de dados cadastrais de um aluno

```
1 struct data {
2     int dia;
3     int mes;
4     int ano;
5 };
6
7 struct ficha_aluno {
8     int ra;
9     int telefone;
10    char nome[30];
11    char endereco[100];
12    struct data nascimento;
13 };
```

Ou seja, podemos ter estruturas **aninhadas**

Usando um registro

Acessando um membro do registro

- `registro.membro`

Imprimindo o nome de um aluno

```
1 struct ficha_aluno aluno;  
2 ...  
3 printf("Aluno: %s\n", aluno.nome);
```

Imprimindo o aniversário

```
1 struct ficha_aluno aluno;  
2 ...  
3 printf("Aniversario: %d/%d\n", aluno.nascimento.dia,  
4                               aluno.nascimento.mes);
```

Copiando um aluno

```
1 aluno1 = aluno2;
```

Centroide revisitado

```
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], centroide;
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    centroide.x = 0;
15    centroide.y = 0;
16    for (i = 0; i < n; i++) {
17        centroide.x += v[i].x / n;
18        centroide.y += v[i].y / n;
19    }
20    printf("%lf %lf\n", centroide.x, centroide.y);
21    return 0;
22 }
```

A palavra-chave typedef

O `typedef` permite dar um novo nome para um tipo...

Exemplo: `typedef unsigned int u32;`

- Com isso, é possível declarar uma variável: `u32 x;`
- Escrever `unsigned int` ou `u32` é a mesma coisa

Vamos usar o `typedef` para dar nome para a `struct`

```
1 typedef struct identificador {  
2     tipo1 membro1;  
3     tipo2 membro2;  
4     ...  
5     tipoN membroN;  
6 } novonome;
```

Com isso, ao invés de declarar uma variável dessa forma

- `struct identificador var;`

podemos declarar dessa forma

- `novonome var;`

Números Complexos

Vamos criar um programa que lida com números complexos

- Um número complexo é da forma $a + bi$
 - a e b são números reais
 - $i = \sqrt{-1}$ é a unidade imaginária

Queremos somar dois números complexos lidos e calcular o valor absoluto ($\sqrt{a^2 + b^2}$)

```
1 typedef struct {
2     double real;
3     double imag;
4 } complexo;
5
6 int main() {
7     complexo a, b, c;
8     scanf("%lf %lf", &a.real, &a.imag);
9     scanf("%lf %lf", &b.real, &b.imag);
10    c.real = a.real + b.real;
11    c.imag = a.imag + b.imag;
12    printf("%lf\n", sqrt(c.real * c.real + c.imag * c.imag));
13    return 0;
14 }
```

Reflexão

Quando somamos 2 variáveis `float`:

- não nos preocupamos como a operação é feita
 - internamente o float é representado por um número binário
 - Ex: `0.3` é representado como
`00111110100110011001100110011010`
- o compilador `esconde` os detalhes!

E se quisermos lidar com números complexos?

- nos preocupamos com os detalhes

Será que também podemos abstrair um número complexo?

- Sim - usando registros e funções
- Faremos algo que se parece com uma classe

Números Complexos - Usando funções

```
1 complexo complexo_novo(double real, double imag) {
2     complexo c;
3     c.real = real;
4     c.imag = imag;
5     return c;
6 }
7
8 complexo complexo_soma(complexo a, complexo b) {
9     return complexo_novo(a.real + b.real, a.imag + b.imag);
10 }
11
12 complexo complexo_le() {
13     complexo a;
14     scanf("%lf %lf", &a.real, &a.imag);
15     return a;
16 }
```

DRY (Don't Repeat Yourself) vs. **WET** (Write Everything Twice)

- Funções permitem reutilizar código em vários lugares

Onde a função é usada, só é importante o seu resultado

- Não como o resultado é calculado...

Várias Funções Possíveis

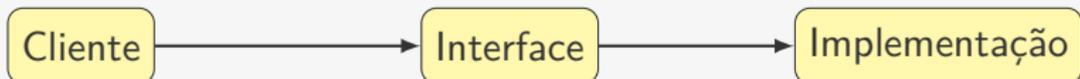
```
1 complexo complexo_novo(double real, double imag);
2
3 complexo complexo_soma(complexo a, complexo b);
4
5 double complexo_absoluto(complexo a);
6
7 complexo complexo_le();
8
9 void complexo_imprime(complexo a);
10
11 int complexos_iguais(complexo a, complexo b);
12
13 complexo complexo_multiplicacao(complexo a, complexo b);
14
15 complexo complexo_conjugado(complexo a);
```

E se quisermos usar números complexos em vários programas?

- basta copiar a struct e as funções...
- e se acharmos um bug ou quisermos mudar algo?
- Essa solução não é **DRY**...

Ideia

Vamos quebrar o programa em três partes



1. Implementação das funções para os números complexos
 - Definem como calcular soma, absoluto, etc...
 - Chamamos de **Implementação**
2. Código que utiliza as funções de números complexos
 - Soma dois números complexos sem se importar como
 - Calcula o absoluto sem se importar como
 - mas precisa conhecer o protótipo das funções...
 - Chamamos de **Cliente**
3. Struct e protótipos das funções para números complexos
 - Define o que o Cliente pode fazer
 - Define o que precisa ser implementado
 - Chamamos de **Interface**

Interface e **Implementação** podem ser usadas em outros programas

Tipo Abstrato de Dados

Um TAD é um conjunto de valores associado a um conjunto de **operações permitidas** nesses dados

- **Interface:** conjunto de operações de um TAD
 - Consiste dos nomes e demais convenções usadas para executar cada operação
- **Implementação:** conjunto de algoritmos que realizam as operações
 - A implementação é o único “lugar” que uma variável é acessada diretamente
- **Cliente:** código que utiliza/chama uma operação
 - O cliente **nunca** acessa a variável diretamente

Em C:

- um TAD é declarado como uma **struct**
- a interface é um conjunto de protótipos de funções que manipula a **struct**

Números Complexos — Interface

Criamos um arquivo `complexos.h` com a `struct` e os protótipos de função

```
1 typedef struct {
2     double real;
3     double imag;
4 } complexo;
5
6 complexo complexo_novo(double real, double imag);
7
8 complexo complexo_soma(complexo a, complexo b);
9
10 double complexo_absoluto(complexo a);
11
12 complexo complexo_le();
13
14 void complexo_imprime(complexo a);
15
16 int complexos_iguais(complexo a, complexo b);
17
18 complexo complexo_multiplicacao(complexo a, complexo b);
19
20 complexo complexo_conjugado(complexo a);
```

Números Complexos — Implementação

Criamos um arquivo `complexos.c` com as implementações

```
1 #include <stdio.h> ← bibliotecas usadas
2 #include <math.h>
3 #include "complexos.h" ← tem a definição da struct
4
5 complexo complexo_novo(double real, double imag) {
6     complexo c;
7     c.real = real;
8     c.imag = imag;
9     return c;
10 }
11
12 complexo complexo_soma(complexo a, complexo b) {
13     return complexo_novo(a.real + b.real, a.imag + b.imag);
14 }
15
16 complexo complexo_le() {
17     complexo a;
18     scanf("%lf %lf", &a.real, &a.imag);
19     return a;
20 }
```

Números Complexos — Exemplo de Cliente

E quando formos usar números complexos em nossos programas?

```
1 #include <stdio.h>
2 #include "complexos.h" ← tem a struct e as funções
3
4 int main() {
5     complexo a, b, c;
6     a = complexo_le();
7     b = complexo_le();
8     c = complexo_soma(a, b);
9     complexo_imprime(c);
10    printf("%lf\n", complexo_absoluto(c));
11    return 0;
12 }
```

Como compilar?

Temos três arquivos diferentes:

- `cliente.c` contém a função `main`
- `complexos.c` contém a implementação
- `complexos.h` contém a interface

Vamos compilar por partes:

- `gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wvla -g -c cliente.c`
 - vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wvla -g -c complexos.c`
 - vai gerar o arquivo compilado `complexos.o`
- `gcc cliente.o complexos.o -lm -o cliente`
 - faz a linkagem, gerando o executável `cliente`
 - adicionamos `cliente.o` e `complexos.o`
 - e outras bibliotecas, por exemplo, `-lm`

Makefile

É mais fácil usar um Makefile para compilar

```
1 all: cliente
2
3 cliente: cliente.o complexos.o
4     gcc cliente.o complexos.o -g -lm -o cliente
5
6 cliente.o: cliente.c complexos.h
7     gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wvla -g -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10    gcc -std=c99 -Wall -Werror -Wvla -c complexos.c
```

Basta executar **make** na pasta com os arquivos:

- **cliente.c**
- **complexos.c**
- **complexos.h**
- **Makefile**

Apenas recompila o que for necessário!

Vantagens do TAD

- Reutilizar o código em vários programas
 - `complexos.{c,h}` podem ser usados em outros lugares
 - permite criar bibliotecas de tipos úteis
 - ex: biblioteca de álgebra linear
- Código mais simples, claro e elegante
 - O cliente só se preocupa em usar funções
 - O TAD só se preocupa em disponibilizar funções
- Separa a implementação da interface
 - Podemos mudar a implementação sem quebrar clientes
 - Os resultados das funções precisam ser os mesmos
 - Mas permite fazer otimizações, por exemplo
 - Ou adicionar novas funções
- O código fica modular
 - Mais fácil colaborar com outros programadores
 - Arquivos menores com responsabilidade bem definida
- Permite disponibilizar apenas o `.h` e `.o`
 - Não precisa disponibilizar o código fonte da biblioteca

Como criar um TAD

Construímos o TAD definindo:

- Um nome para o tipo a ser usado
 - Ex: `complexo`
 - Uma `struct` com um `typedef`
- Quais funções ele deve responder
 - `soma`, `absoluto`, etc...
 - Considerando quais são as entradas e saídas
 - E o resultado esperado
 - Idealmente, cada função tem apenas uma responsabilidade

Ou seja, primeiro definimos a interface

- Basta então fazer uma possível implementação

Um último detalhe

Pode ser que você tenha dois tipos abstratos de dados

- E um precise incluir o outro...
- O que leva a um loop de inclusão

Podemos usar o `#ifndef` para evitar isso

```
1 #ifndef ARQUIVO_H // trocamos TAD pelo nome do arquivo
2 #define ARQUIVO_H
3
4 // Conteúdo do arquivo.h
5
6 #endif
```

Exercício — Conjunto de Inteiros

Faça um TAD que representa um conjunto de inteiros e que suporte as operações mais comuns de conjunto como adição, união, interseção, etc.

Solução — conjunto.h

```
1 #ifndef CONJUNTO_H
2 #define CONJUNTO_H
3 #define CONJUNTO_MAX 100
4
5 typedef struct {
6     int elementos[CONJUNTO_MAX];
7     int tamanho;
8 } Conjunto;
9
10 Conjunto conjunto_vazio();
11 Conjunto conjunto_uniao(Conjunto a, Conjunto b);
12 Conjunto conjunto_intersecao(Conjunto a, Conjunto b);
13 Conjunto conjunto_diferenca(Conjunto a, Conjunto b);
14 Conjunto conjunto_adiciona(Conjunto a, int elemento);
15 Conjunto conjunto_remove(Conjunto a, int elemento);
16 int conjunto_pertence(Conjunto a, int elemento);
17 void conjunto_imprime(Conjunto a);
18 Conjunto conjunto_le();
19
20 #endif
```

Solução — conjunto.c

```
1 #include "conjunto.h"
2 #include <stdio.h>
3
4 Conjunto conjunto_vazio() {
5     Conjunto c;
6     c.tamanho = 0;
7     return c;
8 }
9
10 void conjunto_imprime(Conjunto a) {
11     printf("{");
12     for (int i = 0; i < a.tamanho; i++) {
13         printf("%d", a.elementos[i]);
14         if (i < a.tamanho - 1)
15             printf(", ");
16     }
17     printf("}\n");
18 }
19
20 int conjunto_pertence(Conjunto a, int elemento) {
21     for (int i = 0; i < a.tamanho; i++)
22         if (a.elementos[i] == elemento)
23             return 1;
24     return 0;
25 }
26
27 Conjunto conjunto_adiciona(Conjunto a, int elemento) {
28     Conjunto c = a;
29     if (!conjunto_contem(c, elemento)) {
30         c.elementos[c.tamanho] = elemento;
31         c.tamanho++;
32     }
33     return c;
34 }
```

Solução — conjunto.c (continuação)

```
35 Conjunto conjunto_remove(Conjunto a, int elemento) {
36     Conjunto c = a;
37     for (int i = 0; i < c.tamanho; i++)
38         if (c.elementos[i] == elemento) {
39             c.elementos[i] = c.elementos[c.tamanho - 1];
40             c.tamanho--;
41             break;
42         }
43     return c;
44 }
45
46 Conjunto conjunto_uniao(Conjunto a, Conjunto b) {
47     Conjunto c = a;
48     for (int i = 0; i < b.tamanho; i++)
49         c = conjunto_adiciona(c, b.elementos[i]);
50     return c;
51 }
52
53 Conjunto conjunto_intersecao(Conjunto a, Conjunto b) {
54     Conjunto c = conjunto_vazio();
55     for (int i = 0; i < a.tamanho; i++)
56         if (conjunto_contem(b, a.elementos[i]))
57             c = conjunto_adiciona(c, a.elementos[i]);
58     return c;
59 }
60
61 Conjunto conjunto_diferenca(Conjunto a, Conjunto b) {
62     Conjunto c = conjunto_vazio();
63     for (int i = 0; i < a.tamanho; i++)
64         if (!conjunto_contem(b, a.elementos[i]))
65             c = conjunto_adiciona(c, a.elementos[i]);
66     return c;
67 }
```

Solução — conjunto.c (continuação)

```
68 Conjunto conjunto_le() {
69     Conjunto c = conjunto_vazio();
70     int n, x;
71     printf("Entre com o tamanho do conjunto: ");
72     scanf("%d", &n);
73     printf("Entre com os elementos do conjunto: ");
74     for (int i = 0; i < n; i++) {
75         scanf("%d", &x);
76         c = conjunto_adiciona(c, x);
77     }
78     return c;
79 }
```

Solução — cliente_conjunto.c

```
1 #include <stdio.h>
2 #include "conjunto.h"
3
4 int main() {
5     Conjunto a = conjunto_vazio();
6     Conjunto b = conjunto_vazio();
7     printf("Conjunto A\n");
8     a = conjunto_le();
9     printf("Conjunto B\n");
10    b = conjunto_le();
11
12    printf("União: ");
13    conjunto_imprime(conjunto_uniao(a, b));
14    printf("Interseção: ");
15    conjunto_imprime(conjunto_intersecao(a, b));
16    printf("Diferença: ");
17    conjunto_imprime(conjunto_diferenca(a, b));
18
19    printf("Adicionando 42 ao conjunto A: ");
20    Conjunto c = conjunto_adiciona(a, 42);
21    conjunto_imprime(c);
22
23    printf("42 pertence ao novo conjunto? ");
24    if (conjunto_contem(c, 42))
25        printf("Sim\n");
26    else
27        printf("Não\n");
28
29    return 0;
30 }
```

Exercício — Matrizes

Faça um TAD que representa uma matriz de reais e que suporte as operações mais comuns para matrizes como multiplicação, adição, etc.

Solução — matriz.h

```
1 #ifndef MATRIZ_H
2 #define MATRIZ_H
3 #define MATRIZ_MAX 100
4
5
6 typedef struct Matriz {
7     double elementos[MATRIZ_MAX][MATRIZ_MAX];
8     int linhas;
9     int colunas;
10 } Matriz;
11
12
13 Matriz matriz_nova(int linhas, int colunas, double elementos[][MATRIZ_MAX]);
14 void matriz_imprime(Matriz m);
15 Matriz matriz_adiciona(Matriz m1, Matriz m2);
16 Matriz matriz_multiplica(Matriz m1, Matriz m2);
17 Matriz matriz_multiplica_escalar(Matriz m, double escalar);
18
19 #endif
```

Solução — matriz.c

```
1 #include "matriz.h"
2 #include <stdio.h>
3 #include <stdlib.h>
4
5 Matriz matriz_nova(int linhas, int colunas, double elementos[][MATRIZ_MAX]) {
6     Matriz m;
7     m.linhas = linhas;
8     m.colunas = colunas;
9     for (int i = 0; i < linhas; i++)
10         for (int j = 0; j < colunas; j++)
11             m.elementos[i][j] = elementos[i][j];
12     return m;
13 }
14
15 void matriz_imprime(Matriz m) {
16     for (int i = 0; i < m.linhas; i++) {
17         for (int j = 0; j < m.colunas; j++)
18             printf("%f ", m.elementos[i][j]);
19         printf("\n");
20     }
21 }
22
23 Matriz matriz_adiciona(Matriz m1, Matriz m2) {
24     if (m1.linhas != m2.linhas || m1.colunas != m2.colunas) {
25         printf("Erro: soma de matrizes inválida\n");
26         exit(1);
27     }
28     Matriz m;
29     m.linhas = m1.linhas;
30     m.colunas = m1.colunas;
31     for (int i = 0; i < m1.linhas; i++)
32         for (int j = 0; j < m1.colunas; j++)
33             m.elementos[i][j] = m1.elementos[i][j] + m2.elementos[i][j];
34     return m;
35 }
```

Solução — matriz.c (continuação)

```
36 Matriz matriz_multiplica(Matriz m1, Matriz m2) {
37     if (m1.colunas != m2.linhas) {
38         printf("Erro: multiplicação de matrizes inválida\n");
39         exit(1);
40     }
41     Matriz m;
42     m.linhas = m1.linhas;
43     m.colunas = m2.colunas;
44     for (int i = 0; i < m1.linhas; i++)
45         for (int j = 0; j < m2.colunas; j++) {
46             m.elementos[i][j] = 0;
47             for (int k = 0; k < m1.colunas; k++)
48                 m.elementos[i][j] += m1.elementos[i][k] * m2.elementos[k][j];
49         }
50     return m;
51 }
52 }
53
54 Matriz matriz_multiplica_escalar(Matriz m, double escalar) {
55     Matriz r;
56     r.linhas = m.linhas;
57     r.colunas = m.colunas;
58     for (int i = 0; i < m.linhas; i++)
59         for (int j = 0; j < m.colunas; j++)
60             r.elementos[i][j] = m.elementos[i][j] * escalar;
61     return r;
62 }
```

Solução — cliente_matriz.c

```
1 #include <stdio.h>
2 #include "matriz.h"
3
4 int main() {
5     double elementos1[MATRIZ_MAX][MATRIZ_MAX] = {{1, 2}, {3, 4}};
6     double elementos2[MATRIZ_MAX][MATRIZ_MAX] = {{5, 6}, {7, 8}};
7     Matriz m1 = matriz_nova(2, 2, elementos1);
8     Matriz m2 = matriz_nova(2, 2, elementos2);
9     Matriz m3 = matriz_adiciona(m1, m2);
10    Matriz m4 = matriz_multiplica(m1, m2);
11    Matriz m5 = matriz_multiplica_escalar(m1, 2);
12    printf("Matriz 1:\n");
13    matriz_imprime(m1);
14    printf("Matriz 2:\n");
15    matriz_imprime(m2);
16    printf("Soma:\n");
17    matriz_imprime(m3);
18    printf("Multiplicação:\n");
19    matriz_imprime(m4);
20    printf("Multiplicação da Matriz 1 por 2:\n");
21    matriz_imprime(m5);
22    return 0;
23 }
```

Dúvidas?