

MC-202
Curso de C — Parte 4

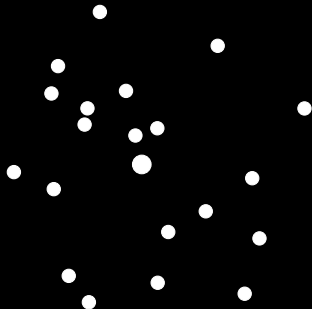
Rafael C. S. Schouery
rafael@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

2º semestre/2023

Problema

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 variáveis relacionadas de vários tipos
- organizadas em uma única estrutura
- e referenciadas por um nome comum

Características:

- Cada variável é chamada 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

Declorando uma estrutura com N membros

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

Declorando 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(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(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(double real, double imag);
2
3 Complexo complexo_le();
4 void complexo_imprime(Complexo a);
5
6 int complexos_iguais(Complexo a, Complexo b);
7
8 Complexo complexo_soma(Complexo a, Complexo b);
9 Complexo complexo_multiplicacao(Complexo a, Complexo b);
10
11 double complexo_absoluto(Complexo a);
12 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
 - Declara o que o Cliente pode fazer
 - Declara 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 #ifndef COMPLEXO_H
2 #define COMPLEXO_H
3
4 struct complexo { double real; double imag; };
5
6 typedef struct complexo Complexo;
7
8 Complexo complexo(double real, double imag);
9
10 Complexo complexo_le();
11 void complexo_imprime(Complexo a);
12
13 int complexos_iguais(Complexo a, Complexo b);
14
15 Complexo complexo_soma(Complexo a, Complexo b);
16 Complexo complexo_multiplicacao(Complexo a, Complexo b);
17
18 double complexo_absoluto(Complexo a);
19 Complexo complexo_conjugado(Complexo a);
20
21 #endif
```

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(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(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
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 -c cliente.c`
– vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -std=c99 -Wall -Werror -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 -lm -o cliente
5
6 cliente.o: cliente.c complexos.h
7 gcc -std=c99 -Wall -Werror -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10 gcc -std=c99 -Wall -Werror -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

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.

Exercício - Matrizes

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