

MC-202 — Unidade 3

Tipos Abstratos de Dados

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

Universidade Estadual de Campinas

2º semestre/2017

Números Complexos

Vamos criar um programa que lida com números complexos

Números Complexos

Vamos criar um programa que lida com números complexos

- Um número complexo é da forma $a + bi$

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

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

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 ($\sqrt{a^2 + b^2}$)

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("%f\n", sqrt(c.real*c.real + c.imag*c.imag));
13    return 0;
14 }
```

Reflexão

Quando somamos 2 variáveis `float`:

Reflexão

Quando somamos 2 variáveis `float`:

- não nos preocupamos como a operação é feita

Reflexão

Quando somamos 2 variáveis `float`:

- não nos preocupamos como a operação é feita
 - internamente o float é representado por um número binário

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`

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!

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?

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

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?

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

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 }
```

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)

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

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

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);
```

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?

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...

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?

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

Ideia

Vamos quebrar o programa em três partes

1. Implementação das funções para os números complexos

Ideia

Vamos quebrar o programa em três partes

1. Implementação das funções para os números complexos
 - Definem como calcular soma, absoluto, etc...

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**

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

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

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

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...

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**

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

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

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

Ideia

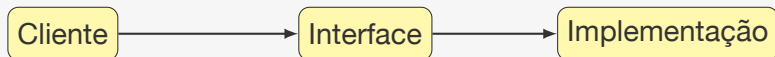
Vamos quebrar o programa em três partes

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**

Ideia

Vamos quebrar o programa em três partes

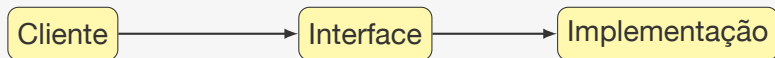
1. Implementação das funções para os números complexos
 - Definem como calcular soma, absoluto, etc...
 - Chamamos de **Implementação**
2. Código que utiliza as funções de números complexos
 - Soma dois números complexos sem se importar como
 - Calcula o absoluto sem se importar como
 - mas precisa conhecer 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**



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**



A **Interface** e a **Implementação** poderão ser reutilizadas em outros programas

Tipo Abstrato de Dados

Tipo Abstrato de Dados

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

Tipo Abstrato de Dados

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

- **Interface:** conjunto de operações de um TAD

Tipo Abstrato de Dados

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

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza as operações

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza as operações
 - A implementação é o único “lugar” que uma variável é acessada diretamente

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza as operações
 - A implementação é o único “lugar” que uma variável é acessada diretamente
- **Cliente:** código que utiliza/chama uma operação

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza 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

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza 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:

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza 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**

Tipo Abstrato de Dados

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 realiza 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 "complexos.h" ← tem a definição da struct
2 #include <stdio.h> ← bibliotecas usadas
3 #include <math.h>
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("%f\n", complexo_absoluto(c));
11    return 0;
12 }
```

Como compilar?

Temos três arquivos diferentes:

Como compilar?

Temos três arquivos diferentes:

- `cliente.c` contém a função `main`

Como compilar?

Temos três arquivos diferentes:

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

Como compilar?

Temos três arquivos diferentes:

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

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:

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`
 - vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`
– vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c complexos.c`

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`
– vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c complexos.c`
– vai gerar o arquivo compilado `complexos.o`

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`
– vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c complexos.c`
– vai gerar o arquivo compilado `complexos.o`
- `gcc cliente.o complexos.o -lm -o cliente`

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 -ansi -Wall -pedantic-errors -g -c cliente.c`
– vai gerar o arquivo compilado `cliente.o`
- `gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -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`

Makefile

É mais fácil usar um Makefile para compilar

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
7     gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10    gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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
7   gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10  gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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

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
7     gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10    gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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

- **cliente.c**

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
7   gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10  gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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

- **cliente.c**
- **complexos.c**

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
7   gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10  gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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

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

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
7   gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c cliente.c
8
9 complexos.o: complexos.c complexos.h
10  gcc -ansi -Wall -pedantic-errors -c complexos.c
```

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

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

Vantagens do TAD

- Reutilizar o código em vários programas

Vantagens do TAD

- Reutilizar o código em vários programas
 - `complexos.{c,h}` podem ser usados em outros lugares

Vantagens do TAD

- Reutilizar o código em vários programas
 - `complexos.{c,h}` podem ser usados em outros lugares
 - permite criar bibliotecas de tipos úteis

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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`

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:

Como criar um TAD

Construímos o TAD definindo:

- Um nome para o tipo a ser usado

Como criar um TAD

Construímos o TAD definindo:

- Um nome para o tipo a ser usado
 - Ex: `complexo`

Como criar um TAD

Construímos o TAD definindo:

- Um nome para o tipo a ser usado
 - Ex: `complexo`
 - Uma `struct` com um `typedef`

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

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...

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

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

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

Ou seja, primeiro definimos a interface

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

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.