
TAD:
Tipo Abstrato de Dados
(parte 2)

SCE-202 – Algoritmos e Estruturas de
Dados I

Modularização em C

- Programa em C pode ser dividido em **vários arquivos**
 - Arquivos **fonte** com extensão **.c**
 - Denominados de módulos
- Cada módulo deve ser compilado separadamente
 - Para tanto, usa-se um **compilador**
 - Resultado: **arquivos objeto** não executáveis
 - Arquivos em linguagem de máquina com extensão **.o** ou **.obj**
- Arquivos objeto devem ser juntados em um **executável**
 - Para tanto, usa-se um *ligador* ou **link-editor**
 - Resultado: um único arquivo em linguagem de máquina
 - Usualmente com extensão **.exe**

Modularização em C

- **Módulos são muito úteis** para construir bibliotecas de funções inter-relacionadas. Por exemplo:
 - Módulos de funções matemáticas
 - Módulos de funções para manipulação de strings
 - etc
- Em C, é preciso **listar no início de cada módulo aquelas funções de outros módulos** que serão utilizadas:
 - Isso é feito através de uma lista denominada **cabeçalho**
- **Exemplo:** considere um arquivo STR.c contendo funções para manipulação de strings, dentre elas:
 - **int** comprimento (**char*** strg)
 - **void** copia (**char*** dest, **char*** orig)
 - **void** concatena (**char*** dest, **char*** orig)

Modularização em C

- **Exemplo** (cont): Qualquer módulo que utilizar essas funções deverá incluir no início o cabeçalho das mesmas, como abaixo.

```
/* Programa Exemplo.c */
#include <stdio.h>
int comprimento (char* str);
void copia (char* dest, char* orig);
void concatena (char* dest, char* orig);
int main (void) {
    char str[101], str1[51], str2[51];
    printf("Entre com uma seqüência de caracteres: ");
    scanf(" %50s[^\n]", str1);
    printf("Entre com outra seqüência de caracteres: ");
    scanf(" %50s[^\n]", str2);
    copia(str, str1); concatena(str, str2);
    printf("Comprimento total: %d\n", comprimento(str));
    return 0; }
```

Modularização em C

■ Exemplo (cont):

- A partir desses dois fontes (Exemplo.c e STR.c), podemos gerar um executável compilando cada um separadamente e depois ligando-os
- Por exemplo, com o compilador Gnu C (gcc) utilizaríamos a seguinte seqüência de comandos para gerar o arquivo executável Teste.exe:

```
> gcc -c STR.c  
> gcc -c Exemplo.c  
> gcc -o Teste.exe STR.o Exemplo.o
```

■ Questão:

- **É preciso inserir manualmente e individualmente** todos os cabeçalhos de todas as funções usadas por um módulo?
 - E se forem muitas e de diferentes módulos?

Modularização em C

■ Solução

- **Arquivo de cabeçalhos** associado a cada módulo, com:
 - cabeçalhos das funções oferecidas pelo módulo e,
 - eventualmente, os tipos de dados que ele **exporta**
 - typedefs, structs, etc.
- Segue o mesmo nome do módulo ao qual está associado
 - porém com a **extensão .h**

■ Exemplo:

- Arquivo STR.h para o módulo STR.c do exemplo anterior

Modularização em C

```
/* Arquivo STR.h */

/* Função comprimento:
   Retorna o no. de caracteres da string str */
int comprimento (char* str);

/* Função copia:
   Copia a string orig para a string dest */
void copia (char* dest, char* orig);

/* Função concatena:
   Concatena a string orig na string dest */
void concatena (char* dest, char* orig);
```

Modularização em C

- O programa Exemplo.c pode então ser reescrito como:

```
/* Programa Exemplo.c */
#include <stdio.h> /* Módulo da Biblioteca C Padrão */
#include "STR.h" /* Módulo Próprio */
int main (void) {
    char str[101], str1[51], str2[51];
    printf("Entre com uma seqüência de caracteres: ");
    scanf(" %50s[^\n]", str1);
    printf("Entre com outra seqüência de caracteres: ");
    scanf(" %50s[^\n]", str2);
    copia(str, str1); concatena(str, str2);
    printf("Comprimento total: %d\n", comprimento(str));
    return 0; }
```

Nota: O uso dos delimitadores < > e " " indica onde o compilador deve procurar os arquivos de cabeçalho, na biblioteca interna (<>) ou no diretório indicado (" " – *default* se ausente).

TADs em C

- **Módulos** podem ser usados para definir um **novo tipo de dado** e o **conjunto de operações** para manipular dados desse tipo:
 - Tipo Abstrato de Dados (TAD)
- Definindo um tipo *abstrato*, pode-se “esconder” a implementação
 - Quem usa o tipo abstrato precisa apenas conhecer a funcionalidade que ele implementa, não a forma como ele é implementado
 - Facilita manutenção e re-uso de códigos, entre outras vantagens

TADs em C: Exemplo

```
/* TAD: Matriz m por n */

/* Tipo Exportado */
typedef struct matriz Matriz; /*ou typedef Mat Matriz*/

/* Funções Exportadas */
/* Função cria - Aloca e retorna matriz m por n */
Matriz* cria (int m, int n);
/* Função libera - Libera a memória de uma matriz */
void libera (Matriz* mat);

/* Continua... */
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

/* Função acessa - Retorna o valor do elemento [i][j] */
float acessa (Matriz* mat, int i, int j);

/* Função atribui - Atribui valor ao elemento [i][j] */
void atribui (Matriz* mat, int i, int j, float v);

/* Função linhas - Retorna o no. de linhas da matriz */
int linhas (Matriz* mat);

/* Função colunas - Retorna o no. de colunas da matriz */
int colunas (Matriz* mat);
```

TADs em C: Exemplo

```
#include <stdlib.h> /* malloc, free, exit */
#include <stdio.h> /* printf */
#include "matriz.h"
```

Deve estar incluído no .c correspondente

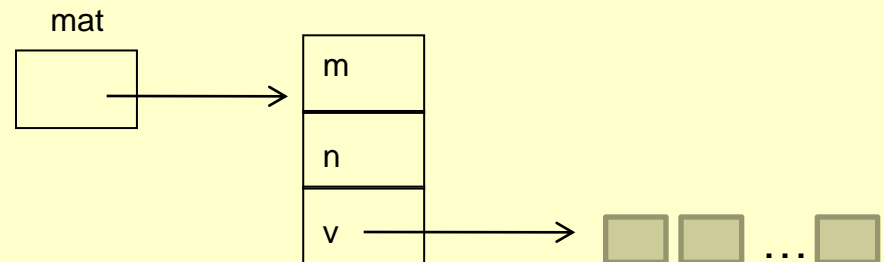
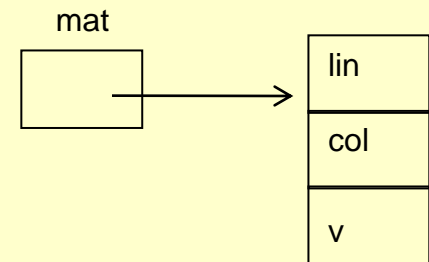
```
struct matriz { /* ou typedef struct matriz {
    int lin;
    int col;
    float* v;
}; /* ou } Mat;

void libera (Matriz* mat){
    free(mat->v);
    free(mat);
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */
```

```
Matriz* cria (int m, int n) {  
    Matriz* mat = (Matriz*) malloc(sizeof(Matriz));  
    if (mat == NULL) {  
        printf("Memória insuficiente!\n");  
        exit(1);  
    }  
    mat->lin = m;  
    mat->col = n;  
    mat->v = (float*) malloc(m*n*sizeof(float));  
    return mat;  
}
```



Arquivo `matriz.c`

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

float acessa (Matriz* mat, int i, int j) {
    int k; /* índice do elemento no vetor - armazenamento por linha*/
    if (i<0 || i>=mat->lin || j<0 || j>=mat->col) {
        printf("Acesso inválido!\n");
        exit(1);
    }
    k = (i-1)*mat->col + j;
    return mat->v[k];
}

int linhas (Matriz* mat) {
    return mat->lin;
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

void atribui (Matriz* mat, int i, int j, float v) {
    int k; /* índice do elemento no vetor */
    if (i<0 || i>=mat->lin || j<0 || j>=mat->col) {
        printf("Atribuição inválida!\n");
        exit(1);
    }
    k = (i-1)*mat->col + j;
    mat->v[k] = v;
}

int colunas (Matriz* mat) {
    return mat->col;
}
```

Programa cliente – que usa o TAD

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "matriz.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    float a,b,c,d;
    Matriz *M;

    // criação de uma matriz
    M = cria(5,5);

    // inserção de valores na matriz
    atribui(M,1,2,40);
    atribui(M,2,3,3);
    atribui(M,3,0,15);
    atribui(M,4,1,21);
```


Programa cliente – que usa o TAD

```
/* Continuação... */  
  
// verificando se a inserção foi feita corretamente  
a = acessa(M,1,2);  
b = acessa(M,2,3);  
c = acessa(M,3,0);  
d = acessa(M,4,1);  
  
printf ("M[1][2]: %4.2f \n", a);  
printf ("M[2][3]: %4.2f \n", b);  
printf ("M[3][0]: %4.2f \n", c);  
printf ("M[4][1]: %4.2f \n", d);  
  
system("PAUSE");  
return 0;  
}
```

Retomando o exemplo do TAD Racionais:

```
/* Racionais.h: Interface de TAD Números Racionais */  
  
/* Tipo Exportado */  
  
typedef Rac Racional;  
  
/* Funções Exportadas */  
  
Racional Define(int N, int D);  
/* Gera um número racional a partir de dois inteiros,  
   sendo o segundo não nulo */  
  
/* continua ... */
```

TADs em C: Exemplo

```
/* ... continua */

Racional Soma(Racional R1, Racional R2);
/* Soma dois números racionais R1 e R2 e retorna o
   resultado */

Racional Multiplica(Racional R1, Racional R2);
/* Multiplica dois números racionais R1 e R2 e
   retorna o resultado */

int TestaIgualdade(Racional R1, Racional R2);
/* Verifica se 2 números racionais R1 e R2 possuem
   numeradores e denominadores iguais. Retorna 1
   nesse caso e 0 caso contrário */
```

TADs em C: Exemplo

- Implementação (Arquivo Racionais.c):

TADs em C: Exemplo

```
/* Racionais.c */  
  
/* Tipo Exportado */  
  
struct Rac{  
    int Num, Den};  
  
/* Funções Exportadas */  
  
...
```

TADs em C: Exercício

```
#include <stdio.h>
#include "Racionais.h"

void main(void) {

    /* Teste do TAD: Exercício... */

}
```

TADs em C: Observações

- Os tipos de dados e funções descritos no arquivo de cabeçalho Racionais.h são exportados para os módulos que incluem esse arquivo via `#include "Racionais.h"`
 - são visíveis para os “clientes” do TAD
 - por exemplo, arquivo `Teste_Racionais.c`
- Funções e tipos de dados para fins exclusivos da implementação interna do TAD não devem constar no arquivo de cabeçalho, apenas no arquivo de implementação (`Racionais.c`)
 - não são exportados ao “cliente”
 - são inacessíveis para quem utiliza o TAD
 - cliente só precisa/deve ter acesso à versão compilada de `Racionais.c`

Exercícios

- Escrever um programa C que executa operações sobre números racionais, utilizando o TAD construído.
- Re-implementar o TAD Racionais usando um vetor de dois elementos como tipo base, ao invés de um *struct* com dois campos como foi feito
 - O que é preciso alterar no programa do item anterior para essa nova versão do TAD?
- Complemente o TAD Racionais com uma função de teste de igualdade alternativa, que verifique a igualdade dos dois números sem a restrição de que seus numeradores e denominadores devam ser iguais para retorno verdadeiro

Exercício: TAD Conjuntos (SET)

- Um **conjunto** é uma coleção não ordenada de elementos; os elementos são ditos membros do conjunto.
- Todos os elementos são diferentes: nenhum conjunto contém 2 cópias do mesmo elemento.
- Ex:
 $\{1,4\}$ ok
 $\{1,4,1\}$ não ok

Operações básicas: união, intersecção e diferença

- Se A e B são conjuntos, então $A \cup B$ é o conjunto de elementos que são membros de A ou de B ou de ambos
- Se A e B são conjuntos, então $A \cap B$ é o conjunto de elementos que estão em A e em B
- Se A e B são conjuntos, então $A - B$ é o conjunto de elementos de A que não estão em B
- Exemplo: $A = \{a,b,c\}$ $B = \{b,d\}$
 - $A \cup B = \{a,b,c,d\}$
 - $A \cap B = \{b\}$
 - $A - B = \{a,c\}$

Tipo Conjunto de Inteiros

- Objetivo:
 - Criar um tipo de dado Conjunto de inteiros e disponibilizá-lo na forma de TAD
 - Passos:
 - Representação dos valores do tipo
 - Implementação das operações
 - Construção dos arquivos .h e .c

Conjuntos em C

- Como representar um conjunto de inteiros em C?
 - Supondo os valores de inteiros num intervalo 1..N

Conjuntos em C

- Como representar um conjunto de inteiros em C?

define N 100 //por exemplo, conjunto que tem números de 1 a 100

int conjunto[N]; //conjunto[i]=1 se i está no conjunto; 0, caso contrário

Ex.: $C = \{4, 2, 1\}$

0	1	2	3	4	5	...	99
0	1	1	0	1	0		0

Ex. $C = \{ \}$

0	1	2	3	4	5	...	99
0	0	0	0	0	0		0

Conjunto de Operações?

Operações usuais

- União(A,B,C)
- Intersecção(A,B,C)
- Diferença(A,B,C)
- Membro(x,A)
- Cria_Conj_Vazio(A)
- Insere(x,A)
- Remove(x,A)
- Atribui(A,B)
- Min(A)
- Max(A)
- Igual(A,B)

Definição das operações

- União(A,B,C): toma os argumentos A e B que são conjuntos e retorna $A \cup B$ à variável C
- Intersecção(A,B,C): toma os argumentos A e B que são conjuntos e retorna $A \cap B$ à variável C
- Diferença(A,B,C): toma os argumentos A e B que são conjuntos e retorna $A - B$ à variável C
- Membro(x,A): toma o conjunto A e o objeto x cujo tipo é o tipo do elemento de A e retorna um valor booleano – true se $x \in A$ e false caso contrário
- Cria_Conj_Vazio(A): faz o conjunto vazio ser o valor para a variável conjunto A

Definição das operações

- $\text{Insere}(x,A)$: equivale a $A = A \cup \{x\}$. Se x já é um membro de A , então a operação insere não muda A
- $\text{Remove}(x,A)$: equivale a $A = A - \{x\}$. Se x não pertence a A então a operação remove não altera A

Definição das operações

- $\text{Copia}(A,B)$: Faz uma cópia do conjunto A em B
- $\text{Min}(A)$: retorna o valor mínimo do conjunto A. Por exemplo: $\text{Min}(\{2,3,1\}) = 1$
- $\text{Max}(A)$: Similar a $\text{Min}(A)$ só que retorna o máximo do conjunto
- $\text{Igual}(A,B)$: retorna true se e somente se os conjuntos A e B consistem dos mesmos elementos

Exercício

- Em duplas, definir o arquivo conjunto.h

TADs em C: Exemplo

```
/* TAD: conjunto*/

/* Tipo Exportado */
typedef struct conjunto Conjunto;

/* Funções Exportadas */

/* Função união - Une os elementos do conjunto A e B em um
conjunto C.Retorna 1 se a operação for bem sucedida e 0 caso
contrario */
int uniao (Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C);

/* Função Intersecção - Armazena em C os mesmos elementos que
estão no conjunto A e B*/
void interseccao (Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C);

/* Função libera - Libera a memória de um conjunto */
void libera (Conjunto *A);
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

/* Função diferença - atribui ao conjunto C a diferença entre os
   conjuntos A e B */
void diferença(Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C);

/* Função membro - verifica se o elemento elem está no Conjunto
   A */
int membro(elem x, Conjunto *A);

/* Função Cria_Conj_Vazio - Cria um conjunto vazio e retorna o
   conjunto criado. A variável erro retorna 0 se o conjunto foi
   criado corretamente e 0 caso contrario. Deve ser usado como
   primeira operação sobre um conjunto. */
Conjunto *Cria_Conj_Vazio (int *erro);

/* Função insere - insere o elemento elem no conjunto A e
   retorna se a execução foi realizada com sucesso(1) ou
   não(0) */
int insere(elem x, Conjunto *A);
```

Arquivo conjunto.h

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

/* Função remove (diferente da de PASCAL) - remove o
   elemento elem do Conjunto A, retorna 1 se o elemento
   foi retirado e 0 se o elemento não está no conjunto */
int remove(elem x, Conjunto *A);

/* Função copia - faz a copia do conjunto A para o B*/
void copia(Conjunto *A, Conjunto *B);

/* Função min - retorna o menor elemento do conjunto A -
   se o conjunto está vazio retorna TAM */
elem min(Conjunto *A);
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */  
/* Função max - retorna o maior elemento do conjunto A - se o  
conjunto está vazio retorna TAM */  
elem max(Conjunto *A);  
  
/* Função igual - verifica se o conjunto A é igual a  
Conjunto B */  
int igual(Conjunto *A, Conjunto *B);  
  
/* Função tamanho - retorna o tamanho do conjunto A */  
int tamanho(Conjunto *A);  
  
/* Função testa_vazio - verifica se o conjunto A é vazio 1 se  
for vazio e 0 caso contrario*/  
int testa_vazio(Conjunto *A);
```

Arquivo conjunto.h

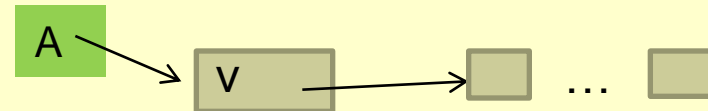
TADs em C: Exemplo

```
#include <stdlib.h> /* malloc, free, exit */
#include <stdio.h> /* printf */
#include "conjunto.h"

#define TAM $$$ // trabalha com elementos do universo 0..TAM -1
typedef int elem;

struct conjunto { //usar struct é interessante para encapsular//
    elem* v; //vetor booleano que armazenará o conjunto sendo que
    //o índice corresponde ao elemento, e o valor é true se o elemento está
    // no conjunto, false caso contrário
};

void libera (Conjunto *A) {
    free (A->v);
    free (A);
}
```

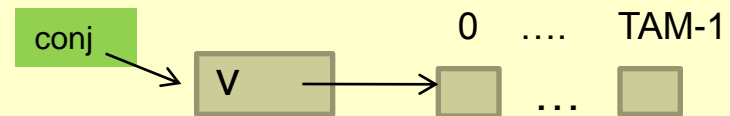
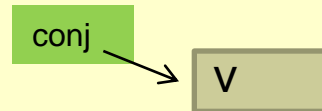


TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */  
  
int uniao (Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C) {  
    int i; // variável auxiliar para realização do loop  
    for(i = 0; i<TAM;i++){  
        if (A->v[i]==1) || (B->v[i]==1) {  
            C->v[i]=1;  
        }  
    }  
    return 1; /*na implementação com vetores de booleanos sempre é possível  
    realizar a união, pois o conjunto de elementos é limitado a um universo*/  
}  
  
void interseccao(Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C) {  
    int i; // variável auxiliar para realização do loop  
  
    for(i = 0; i<TAM;i++){  
        if (A->v[i]==1) && (B->v[i]==1) {  
            C->v[i]=1;  
        }  
    }  
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */
/* faz o conjunto vazio ser o valor para a variável conjunto A. Deve ser
   usado como primeira operação sobre um conjunto.*/
Conjunto* Cria_Conj_Vazio(int *erro) {
    int i; // variável auxiliar para realização do loop
    Conjunto* conj = (Conjunto*) malloc(sizeof(Conjunto));
    if (conj == NULL) {
        erro= 1;
        exit(1);
    }
    conj->v = (int*)malloc(TAM*sizeof(int));
    for(i=0;i<TAM;i++){
        conj->v[i]=0;
    }
    erro = 0;
    return conj;
}
```



TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */
int insere(elem x, Conjunto *A) {
    if (x>=TAM || x<0 ) {
        return 0;
    }
    A->v[x]=1;
    return 1;
}

int membro(elem x, Conjunto *A) {
    if (x>=TAM || x<0 || (A->v[x]==0)) {
        return 0;
    }
    return 1;
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */
int remove(elem x, Conjunto *A) {
    if (x>=TAM || x<0 || (A->v[x]==0)) {
        return 0;
    }
    A->v[x]=0;
    return 1;
}

void copia(Conjunto *A, Conjunto *B) {
    int i; // variável auxiliar para realização do loop
    for(i = 0; i<TAM;i++){
        B->v[i]=A->v[i];
    }
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */  
  
elem min (Conjunto *A) {  
    int i;  
    for(i = 0; i<TAM;i++){  
        if (A->v[i]==1) {  
            return i;  
        }  
    }  
    return TAM; // condição de conjunto vazio  
}  
  
elem max (Conjunto *A) {  
    int i;  
    for(i = TAM - 1; i>-1;i--){  
        if (A->v[i]==1) {  
            return i;  
        }  
    }  
    return TAM; // condição de conjunto vazio  
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

void diferenca(Conjunto *A, Conjunto *B, Conjunto *C){
    int i; // variável auxiliar para realização do loop

    for(i = 0; i<TAM;i++){
        if (A->v[i]==1) && (B->v[i]==0) {
            C->v[i]=1;
        }
    }

    int igual(Conjunto *A, Conjunto *B){
        int i;
        for(i = 0; i<TAM;i++){
            if (A->v[i]!=B->v[i]) {
                return 0;
            }
        }
        return 1;
    }
}
```

TADs em C: Exemplo

```
/* Continuação... */

int tamanho(Conjunto *A){
    int i,tam; // variável auxiliar para realização do loop e para a
    // verificação do tamanho do conjunto
    tam = 0;
    for(i = 0; i<TAM;i++){
        if (A->v[i]==1) {
            tam++;
        }
    }
    return tam;
}

int testa_vazio(Conjunto *A);{
    int i;
    for(i = 0; i<TAM;i++){
        if (A->v[i]==1) {
            return 0;
        }
    }
    return 1;
}
```

Exercício: TAD Números Complexos

- Escrever o TAD para números complexos (arquivos .h e .c).
- Sabe-se que um número complexo possui a forma: $a + bi$, onde a é a parte real e b é a parte imaginária, ambas representadas por valores reais
- Operações:
- Criação de um número complexo z a partir de dois reais, a e b .
- Adição: se $z1 = a + bi$ e $z2 = c + di$, então
$$z1 + z2 = a + c + (b + d)i$$
- Multiplicação : $z1 * z2 = (ac - bd) + (ad + cb)i$