Programação de Computadores II

Cap. 8 – Tipos Estruturados

Livro: Waldemar Celes, Renato Cerqueira, José Lucas Rangel. Introdução a Estruturas de Dados, Editora Campus (2004)

Slides adaptados dos originais dos profs.: Marco Antonio Casanova e Marcelo Gattass (PUC-Rio)

Referências

Waldemar Celes, Renato Cerqueira, José Lucas Rangel, *Introdução a Estruturas de Dados*, Editora Campus (2004)

Capítulo 8 – Tipos estruturados

Tópicos

- Tipo estrutura
- Definição de novos tipos
- Aninhamento de estruturas
- Vetores de estruturas
- Tipo união
- Tipo enumeração

Tipo Estrutura: Motivação

- Motivação:
  - manipulação de dados compostos ou estruturados
  - Exemplos:
    - ponto no espaço bidimensional
      - representado por duas coordenadas (x e y), mas tratado como um único objeto (ou tipo)
    - dados associados a aluno:
      - aluno representado pelo seu nome, número de matrícula, endereço, etc ., estruturados em um único objeto (ou tipo)

Ponto

X
Y

Aluno

Nome	
Matr	
End	Rua
	No
	Compl

Tipo Estrutura: outra forma

- Tipo estrutura:
  - tipo de dado com campos compostos de tipos mais simples
  - elementos acessados através do operador de acesso “ponto” (.)

```
struct ponto              /*  declara ponto do tipo struct  */
{   float x;
    float y;
};
...
int main( ) {
     struct ponto p;      /*  declara p como variável do tipo struct ponto  */
     ...
     p.x = 10.0;          /*  acessa os elementos de ponto  */
     p.y = 5.0+p.x;
```

Tipo Estrutura: Exemplo

```
/* Captura e imprime as coordenadas de um ponto qualquer */
#include <stdio.h>
struct ponto {
   float x;
   float y;
};
int main (void)
{
   struct ponto p;
   printf("Digite as coordenadas do ponto(x y): ");
   scanf("%f %f", &p.x, &p.y);
   printf("O ponto fornecido foi: (%.2f,%.2f)\n", p.x, p.y);
   return 0;
}
```

Basta escrever `&p.x` em lugar de `&(p.x)` .

O operador de acesso ao campo da estrutura tem precedência sobre o operador "endereço de"

Tipo Estrutura: ponteiro para estruturas

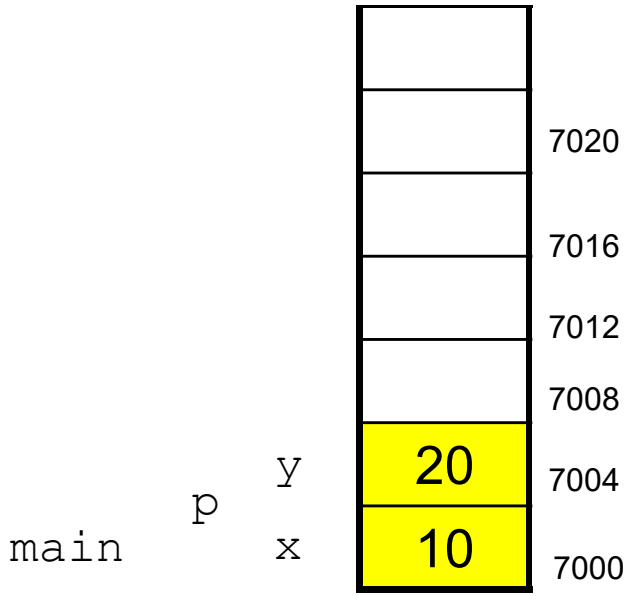
- Ponteiros para estruturas:
  - acesso ao valor de um campo x de uma variável estrutura p: `p.x`
  - acesso ao *valor* de um campo x de uma variável ponteiro pp: `pp->x`
  - acesso ao *endereço* do campo x de uma variável ponteiro pp: `&pp->x`

```
struct ponto p;
struct ponto *pp;
pp=&p;
...
(*pp).x = 12.0;          /*  formas equivalentes de acessar o valor de um campo x  */

pp->x = 12.0;

p.x = 12.0;

(&p)->x =12.0;
```

Qual o valor de...?

```
struct ponto {
   float x;
   float y;
};

int main ( )
{
 struct ponto p = { 10,20};
 struct ponto *pp=&p;
 ...
}
```

Pilha de memória



Qual o valor de …?

p.y

~~**pp.x**~~

pp->x

`&(pp->y)`

`(&p)->x`

`&(p.y)`

Passagem de estruturas por valor para funções

- análoga à passagem de variáveis simples
- função recebe toda a estrutura como parâmetro:
  - função acessa a cópia da estrutura na pilha
  - função não altera os valores dos campos da estrutura original
  - operação pode ser custosa se a estrutura for muito grande

```
/* função que imprime as coordenadas do ponto */
void imprime (struct ponto p)
{
   printf("O ponto fornecido foi: (%.2f,%.2f)\n", p.x, p.y);
}
```

Estuturas como valor de retorno

```
/* Captura e imprime as coordenadas de um ponto qualquer */
#include <stdio.h>
struct ponto { float x; float y; };

struct ponto le( void){
 struct ponto  tmp;
 printf("Digite as coordenadas do ponto(x y): ");
 scanf("%f %f", &tmp.x, &tmp.y);
 return tmp;
}

int main (void)
{
   struct ponto p=le();
   printf("O ponto fornecido foi: (%.2f,%.2f)\n", p.x, p.y);
   return 0;
}
```

Passagem de estruturas por referência para função

- apenas o ponteiro da estrutura é passado, mesmo que não seja necessário alterar os valores dos campos dentro da função

```
/* função que imprima as coordenadas do ponto */
void imprime (struct ponto pp)
{  printf("O ponto fornecido foi: (%.2f,%.2f)\n", pp.x, pp.y); }

void captura (struct ponto* pp)
{  printf("Digite as coordenadas do ponto(x y): ");
   scanf("%f %f", &pp->x, &pp->y);
}

int main (void)
{  struct ponto p;  captura(&p);   imprime(p);  return 0; }
```

Alocação dinâmica de estruturas

- tamanho do espaço de memória alocado dinamicamente é dado pelo operador sizeof aplicado sobre o tipo estrutura
- função malloc retorna o endereço do espaço alocado, que é então convertido para o tipo ponteiro da estrutura

```
struct ponto* p;
p = (struct ponto*) malloc (sizeof(struct ponto));

...
p->x = 12.0;
...
free(p);
```

Definição de Novos Tipos

- typedef
  - permite criar nomes de tipos
  - útil para abreviar nomes de tipos e para tratar tipos complexos

```
typedef unsigned char UChar;
typedef int* PInt;
typedef float Vetor[4];

Vetor v;        /* exemplo de declaração usando Vetor */
...
v[0] = 3;
```

- UChar o tipo char sem sinal
- PInt um tipo ponteiro para int
- Vetor um tipo que representa um vetor de quatro elementos

Definição de Novos Tipos

- **`typedef`**
  - Exemplo: definição de nomes de tipos para as estruturas

```
struct ponto {
   float x;
   float y;
};

typedef struct ponto Ponto;
typedef struct ponto *PPonto;
```

  - ponto representa uma estrutura com 2 campos do tipo `float`
  - **`Ponto`** representa a estrutura ponto
  - **`PPonto`** representa o tipo ponteiro para a estrutura ponto

Definição de Novos Tipos

- typedef
  - Exemplo: (definição utilizando um só typedef)

```
struct ponto {
   float x;
   float y;
};

typedef struct ponto Ponto, *PPonto;
```

  - ponto representa uma estrutura com 2 campos do tipo float
  - Ponto representa a estrutura ponto
  - PPonto representa o tipo ponteiro para a estrutura Ponto

Definição de Novos Tipos – *Boa Prática*

- **`typedef`**
  - Exemplo: (definição em um comando só)

```
typedef struct {
   float x;
   float y;
} Ponto;
```

  - ponto representa uma estrutura com 2 campos do tipo float
  - Ponto representa a estrutura ponto

```
main(void) {
   Ponto p1, p2, *p3;
   p3 = (Ponto *) malloc(sizeof(Ponto));
   ...
```

Aninhamento de Estruturas

- Aninhamento de estruturas (agregação):
  - campos de uma estrutura podem ser outras estruturas
  - Exemplo:
    - definição de Círculo usando Ponto

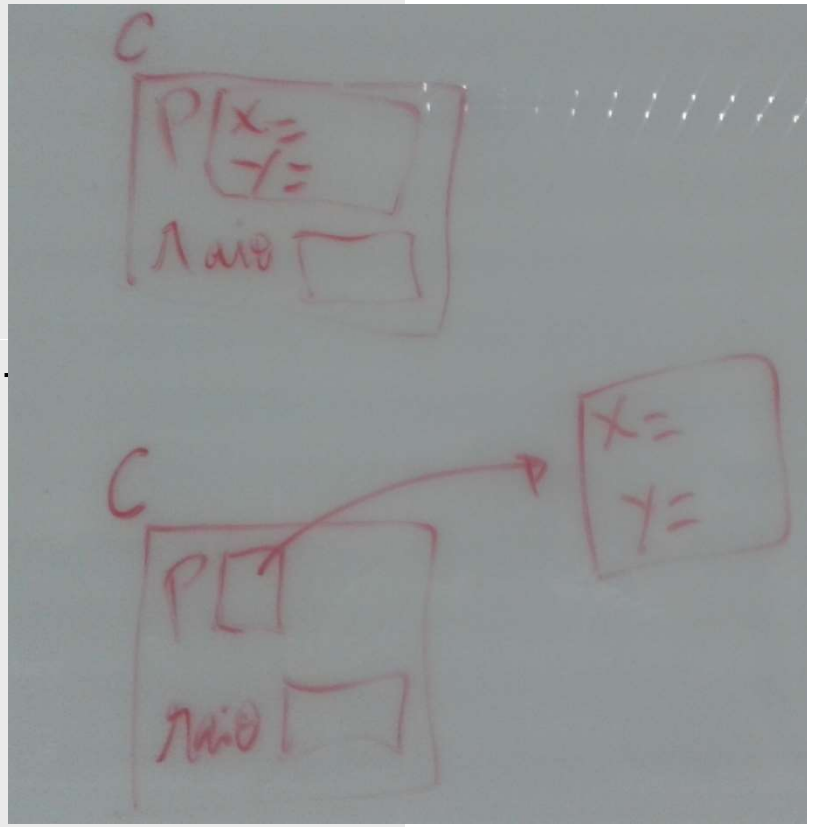
```
struct circulo {
   Ponto p;            /* centro do círculo */
   float r;            /* raio do círculo */
};

typedef struct circulo Circulo;
```

Aninhamento de Estruturas

```
typedef struct circulo {
    Ponto p;
    float raio;
} Circulo;

// ------  main()
Circulo c;                      Circulo *c2;  c2=&c;
c.p.x = 2;                      c2->p.x = 2;
c.p.y = 4;                      c2->p.y = 4;
c.raio = 6;                     c2->raio = 6;
-----------------------------------------------------
typedef struct circulo {
    Ponto *p;
    float raio;
} Circulo;

// ------  main()
Circulo c;                      Circulo *c2;  c2=&c;
c.p = (Ponto *) malloc(sizeof(Ponto));
c.p->x = 2;                     c2->p->x = 2;
c.p->y = 4;                     c2->p->y = 4;
c.raio = 6;                     c2->raio = 6;
```

Aninhamento de Estruturas

```
typedef struct circulo {
    Ponto p;
    float raio;
} Circulo;

// ------  main()
Circulo c;                      Circulo *c2;
c.p.x = 2;                      c2->p.x = 2;
c.p.y = 4;                      c2->p.y = 4;
c.raio = 6;                     c2->raio = 6;
```




```
typedef struct circulo {
    Ponto *p;
    float raio;
} Circulo;

// ------  main()
Circulo c;                      Circulo *c2;
c.p = (Ponto *) malloc(sizeof(Ponto));
c.p->x = 2;                     c2->p->x = 2;
c.p->y = 4;                     c2->p->y = 4;
c.raio = 6;                     c2->raio = 6;
```

```
/*  Função para a calcular distância entre 2 pontos:
        entrada:   ponteiros para os pontos
        saída:     distância correspondente
*/
float distancia (Ponto* p, Ponto* q)
{
   float d=sqrt((q->x-p->x)*(q->x-p->x)+(q->y - p->y)*(q->y - p->y));
   return d;
}

/*  Função para determinar se um ponto está ou não dentro de um círculo:
        entrada:   ponteiros para um círculo e para um ponto
        saída:     1 = ponto dentro do círculo
                   0 = ponto fora do círculo
*/
int interior (Circulo* c, Ponto* p)
{
   float d = distancia(&c->p, p);
   return (d < c->r);
}
```

cálculo da distância:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

`sqrt` da biblioteca `math.h`

`&c->p` : ponteiro para centro de `c`

`p` : ponteiro para o ponto

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>
typedef struct ponto {
   float x;
   float y;
} Ponto;

typedef struct circulo {
   Ponto p;            /* centro do círculo */
   float r;            /* raio do círculo */
} Circulo;

int main (void)
{ Circulo c;
   Ponto p;
   printf("Digite as coordenadas do centro e o raio do circulo:\n");
   scanf("%f %f %f", &c.p.x, &c.p.y, &c.r);
   printf("Digite as coordenadas do ponto:\n");
   scanf("%f %f", &p.x, &p.y);
   printf("Pertence ao interior = %d\n", interior(&c,&p));
   return 0;
}
```

Chamada de função usando ponteiros

```
Circulo *c1;
Ponto *p1;
c1 = (Circulo *) malloc(sizeof(Circulo));
p1 = (Ponto *) malloc(sizeof(Ponto));

c1->p.x=10;   c1->p.y=20;  c1->r=30;
p1->x=15;  p1->y=18;
interior(c1, p1);
```

Vetores de Estruturas

- Exemplo:

```
#define N 3

typedef struct funcionario{
    int mat;
    char nome[81];
    float salario;
 } TFuncionario;



int main(void) {
    TFuncionario func[N]={{1,"func um",1000},{2,"func dois",2500},{3,"func tres",3000}};
    printf("\nNumero funcionarios com salario maior do que a media=%d\n",
      retNumFunc(func,N));
}
```

Vetores de Estruturas

```
int retNumFunc(TFuncionario *vet, int n) {
    int i;
    float mediaSalarios=0, numFuncionarios;
    for (i=0; i<n; i++)
        mediaSalarios = mediaSalarios + vet[i].salario;
    mediaSalarios=mediaSalarios/n;

    for (i=0; i<n; i++)
        if (vet[i].salario > mediaSalarios)
            numFuncionarios++;
    return numFuncionarios;
}
```

Vetores de Ponteiros para Estruturas

- Exemplo:
  - tabela com dados de alunos, organizada em um vetor
  - dados de cada aluno:

    matrícula: número inteiro

    nome: cadeia com até 80 caracteres

    endereço: cadeia com até 120 caracteres

    telefone: cadeia com até 20 caracteres

- Solução 1:
  - Aluno
    - estrutura ocupando pelo menos 4+81+121+21 = 227 Bytes
  - tab
    - vetor de Aluno
    - representa um desperdício significativo de memória, se o número de alunos for bem inferior ao máximo estimado

```
struct aluno {
   int mat;
   char nome[81];
   char end[121];
   char tel[21];
};

typedef struct aluno Aluno;

#define MAX 100
Aluno tab[MAX];
```

- Solução 2 (usada no que se segue):
  - tab
    - vetor de ponteiros para Aluno
    - elemento do vetor ocupa espaço de um ponteiro
    - alocação dos dados de um aluno no vetor:
      - nova cópia da estrutura Aluno é alocada dinamicamente
      - endereço da cópia é armazenada no vetor de ponteiros
    - posição vazia do vetor: valor é o ponteiro nulo

```
struct aluno {
   int mat;
   char nome[81];
   char end[121];
   char tel[21];
};

typedef struct aluno Aluno;

#define MAX 100
Aluno* tab[MAX];
```

- Inicializa - função para inicializar a tabela:
  - recebe um vetor de ponteiros
    (parâmetro deve ser do tipo “ponteiro para ponteiro”)
  - atribui NULL a todos os elementos da tabela

```
void inicializa (int n, Aluno** tab)
{
   int i;
   for (i=0; i<n; i++)
      tab[i] = NULL;
}
```

- Preenche - função para armazenar novo aluno na tabela:
  - recebe a posição onde os dados serão armazenados
  - dados são fornecidos via teclado
  - se a posição da tabela estiver vazia, função aloca nova estrutura
  - caso contrário, função atualiza a estrutura já apontada pelo ponteiro

```
void preenche (int n, Aluno** tab, int i)
{
   if (i<0 || i>=n) {
      printf("Indice fora do limite do vetor\n");
      exit(1);    /* aborta o programa */
   }
   if (tab[i]==NULL)
      tab[i] = (Aluno*)malloc(sizeof(Aluno));
   printf("Entre com a matricula:");
   scanf("%d", &tab[i]->mat);
   ...
}
```

- Retira - função para remover os dados de um aluno da tabela:
  - recebe a posição da tabela a ser liberada
  - libera espaço de mémória utilizado para os dados do aluno

```
void retira (int n, Aluno** tab, int i)
{
   if (i<0 || i>=n) {
      printf("Indice fora do limite do vetor\n");
      exit(1);    /* aborta o programa */
   }

   if (tab[i] != NULL)
   {
      free(tab[i]);
      tab[i] = NULL;   /* indica que na posição não mais existe dado  */
   }
}
```

- Imprime - função para imprimir os dados de um aluno da tabela:
  - recebe a posição da tabela a ser impressa

```
void imprime (int n, Aluno** tab, int i)
{
   if (i<0 || i>=n) {
      printf("Indice fora do limite do vetor\n");
      exit(1);    /* aborta o programa */
   }

   if (tab[i] != NULL)
   {
      printf("Matrícula: %d\n”, tab[i]->mat);
      printf("Nome: %s\n”, tab[i]->nome);
      printf("Endereço: %s\n”, tab[i]->end);
      printf("Telefone: %s\n”, tab[i]->tel);
   }
}
```

- Imprimi_tudo - função para imprimir todos os dados da tabela:
  - recebe o tamanho da tabela e a própria tabela

```
void imprime_tudo (int n, Aluno** tab)
{
   int i;
   for (i=0; i<n; i++)
       imprime(n,tab,i);
}
```

- Programa de teste

```
#include <stdio.h>

int main (void)
{
   Aluno* tab[10];
   inicializa(10,tab);
   preenche(10,tab,0);
   preenche(10,tab,1);
   preenche(10,tab,2);
   imprime_tudo(10,tab);
   retira(10,tab,0);
   retira(10,tab,1);
   retira(10,tab,2);
   return 0;
}
```

Tipo União

- **`union`**
  - localização de memória compartilhada por diferentes variáveis, que podem ser de tipos diferentes
  - uniões usadas para armazenar valores heterogêneos em um mesmo espaço de memória

```
union exemplo
{
   int i;
   char c;
};

union exemplo v;
```

- não declara nenhuma variável
- apenas define o tipo união

- campos i e c compartilham o mesmo espaço de memória
- variável v ocupa pelo menos o espaço necessário para armazenar o maior de seus campos (um inteiro, no caso)

Tipo União

- union
  - acesso aos campos:
    - operador ponto (`.`) para acessar os campos diretamente
    - operador seta (`->`) para acessar os campos através de ponteiro

```
union exemplo
{  int i;
   char c;
}
union exemplo v;

v.i = 10;              /* alternativa 1 */
v.c = 'x';             /* alternativa 2 */
```

Tipo União

- union
  - armazenamento:
    - apenas um único elemento de uma união pode estar armazenado num determinado instante
    - a atribuição a um campo da união sobrescreve o valor anteriormente atribuído a qualquer outro campo

```
union exemplo
{  int i;
   char c;
}
union exemplo v;

v.i = 10;              /* alternativa 1 */
v.c = 'x';             /* alternativa 2 */
```

Tipo Enumeração

- **`enum`**
  - declara uma enumeração, ou seja, um conjunto de constantes inteiras com nomes que especifica os valores legais que uma variável daquele tipo pode ter
  - oferece uma forma mais elegante de organizar valores constantes

Tipo Enumeração

- Exemplo – tipo Booleano:

bool	declara as constantes FALSE e TRUE associa TRUE ao valor 1 e FALSE ao valor 0
Bool	declara um tipo cujos valores só podem ser TRUE (1) ou FALSE (0)
resultado	variável que pode receber apenas os valores TRUE ou FALSE

```
enum bool {
   TRUE = 1,
   FALSE = 0
};

typedef enum bool Bool;

Bool resultado;
```

Resumo

struct	`struct ponto {  float x; float y; };`
typedef	`typedef struct ponto Ponto;` `typedef struct ponto *PPonto;`
union	`union exemplo {  int i; char c; }` `union exemplo v;`

enum	`enum bool { TRUE = 1, FALSE = 0 };`
	`typedef enum bool Bool;`
	`Bool resultado;`