Estruturas de Dados

Módulo 8 – Tipos Estruturados

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:
  - 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

- 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;
};
...
struct ponto p;                 /* declara p como variável do tipo struct ponto */
...
p.x = 10.0;                     /* acessa os elementos de ponto */
p.y = 5.0;
```

Tipo Estrutura

```
/* 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

- 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 *pp;

(*pp).x = 12.0;        /* formas equivalentes de acessar o valor de um campo x */

pp->x = 12.0;
```

Tipo Estrutura

- Passagem de estruturas para funções – por valor:
  - 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 imprima as coordenadas do ponto */
void imprime (struct ponto p)
{
   printf("O ponto fornecido foi: (%.2f,%.2f)\n", p.x, p.y);
}
```

Tipo Estrutura

- Passagem de estruturas para funções – por referência:
  - 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", &p->x, &p->y);
}

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

Tipo Estrutura

- 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;
...
```

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

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

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

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

Aninhamento de Estruturas

- Aninhamento de estruturas:
  - 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;
```

```
/* 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);
}

/* 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;
}
```

&c->p : ponteiro para centro de c

p : ponteiro para o ponto

c->r : raio do círculo

d < c->r : testa se d é menor do raio

cálculo da distância:

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

sqrt da biblioteca math.h

```
#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;
}
```

Vetores de Estruturas

- Exemplo:
  - função para calcular o centro geométrico de conjunto de pontos
    - entrada: vetor de estruturas definindo o conjunto de pontos
    - saída: centro geométrico, dado por:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \qquad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Vetores de Estruturas

```
Ponto centro_geom (int n, Ponto* v)
{
   int i;
   Ponto p = {0.0f, 0.0f};  /* declara e inicializa ponto */
   for (i=0; i<n; i++)
   {
      p.x += v[i].x;
      p.y += v[i].y;
   }
   p.x /= n;
   p.y /= n;
   return p;
}
```

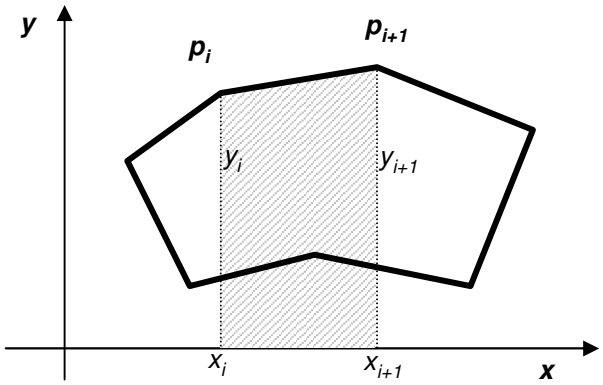
– função retornando estrutura:

  - para estruturas pequenas, este recurso facilita o uso da função
  - para estruturas grandes, a cópia do valor de retorno pode ser caro

Vetores de Estruturas

- Exemplo:
  - função para calcular a área de um polígono plano delimitado por uma seqüência de *n* pontos
    - a área do polígono é a soma das áreas dos trapézios formados pelos lados do polígono e o eixo *x*
    - a área do trapézio definido pela aresta que vai do ponto pi ao ponto pi+1 é dada por:

$$a = (x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} + y_i)/2$$



    - algumas “áreas” são negativas
    - as áreas externas ao polígono são anuladas
    - se a seqüência de pontos do polígono for dada em sentido anti-horário, a “área” terá valor negativo e a área do polígono é o valor absoluto do resultado da soma.

Vetores de Estruturas

```
float area (int n, Ponto* p)
{
   int i, j;
   float a = 0;
   for (i=0; i<n; i++)
   {
      j = (i+1) % n;                    /* próximo índice (incremento circular) */
      a += (p[ j ].x - p[ i ].x)*(p[ i ].y + p[ j ].y)/2;
   }
   return fabs(a);
}
```

fabs

- função definida em math.h
- retorna o valor absoluto de um valor real

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 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 */
   }
}
```

- Imprimi - 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;