

Методические указания

Тематическое занятие 12

Структуры.

Содержание

Основы работы со структурами	1
<i>Описание структуры</i>	1
<i>Пример объявления структуры</i>	2
<i>Обращение к полям структуры</i>	3
Использование структур	4
<i>Вложенные структуры</i>	4
<i>Инициализация структуры</i>	4
<i>Присваивание структур</i>	5
<i>Массивы как поля структур</i>	5
<i>Типичный пример использования структур</i>	6
Массивы структур	7
<i>Работа с массивами структур</i>	7
<i>Инициализация массива структур</i>	8
Указатели на структуры	8
<i>Объявление указателя на структуру</i>	8
<i>Обращение к полям структуры через указатели</i>	8
Взаимодействие структур и функций	9
<i>Передача элемента структуры в функцию</i>	9
<i>Передача адреса структуры в функцию</i>	9
<i>Передача структуры в функцию</i>	10

Основы работы со структурами

Описание структуры

Для работы с комбинациями данных разных типов предназначены **структуры**. Структура состоит из фиксированного числа компонентов одного или нескольких типов, называемых **полями (элементами, членами)**. Каждое поле структуры имеет свое *имя*.

В общем виде объявление структуры выглядит так:

```

struct МеткаСтруктуры {
    ТипПоля1 ИмяПоля1;
    ТипПоля2 ИмяПоля2;
    ...
    ТипПоляN ИмяПоляN;
} СписокПеременных;

```

Данное объявление, во-первых, описывает форму (шаблон) структуры, т.е. фактически вводит новый тип данных, который в дальнейшем может быть повторно использован с помощью идентификатора *МеткаСтруктуры*, который называется **метка** (или **тег**) структуры. А во-вторых, при этом происходит выделение памяти для всех переменных из *СпискаПеременных*.

При объявлении структуры *МеткаСтруктуры* или *СпискаПеременных* могут быть пропущены, но только не оба сразу.

Например, объявление структуры *без списка переменных* выглядит так:

```

struct МеткаСтруктуры {
    ТипПоля1 ИмяПоля1;
    ТипПоля2 ИмяПоля2;
    ...
    ТипПоляN ИмяПоляN;
};

```

Данное объявление только описывает шаблон структуры, однако при этом не происходит выделения памяти для переменных. Память выделяется при объявлении переменной с помощью данного шаблона, для этого используется идентификатор *МеткаСтруктуры*:

```

struct МеткаСтруктуры ИмяПеременной;

```

Другой пример объявления структуры *без метки* выглядит так:

```

struct {
    ТипПоля1 ИмяПоля1;
    ТипПоля2 ИмяПоля2;
    ...
    ТипПоляN ИмяПоляN;
} СписокПеременных;

```

Такое объявление позволяет использовать описанный шаблон структуры только для переменных, содержащихся в *СпискеПеременных*.

Пример объявления структуры

Рассмотрим простой пример объявления структуры. Пусть нам необходимо описать комплексное число $z = (Re(z), Im(z))$:

```

struct complex {
    double Re;
    double Im;
};

```

Здесь с помощью ключевого слова `struct` создается структура с меткой (тегом) `complex`, состоящая из двух полей `Re` и `Im`, которые в данном случае имеют одинаковый тип `double`. (В общем случае ту же структуру можно описать с разными типами полей `{int Re; double Im;}` или `{float Re; long int Im;}`, но для данного примера это нецелесообразно.)

Поскольку оба поля структуры имеют одинаковый тип, то их имена можно указать в списке:

```
struct complex {  
    double Re, Im;  
};
```

Однако такого описания следует избегать, а объявлять каждое поле в отдельной строке, для повышения наглядности текста программы.

Структура объявлена, но память для хранения комплексных чисел еще не выделена. Чтобы в программе создать комплексные числа, нужно объявить переменные:

```
struct complex z;  
struct complex c1, c2, c3;
```

Теперь созданы четыре переменные – комплексные числа `z, c1, c2, c3`, и для них выделена память.

Те же самые объявления можно сделать и без предварительного описания структуры:

```
struct {double Re; double Im;} z;  
struct {double Re; double Im;} c1, c2, c3;
```

Обратите внимание, что при таком непосредственном описании переменных МеткаСтруктуры отсутствует, т.к. она является необязательным идентификатором.

В предыдущем примере видно дублирование полей структуры в двух объявлениях. Поэтому структуру можно сначала описать с меткой при объявлении переменных, а затем использовать повторно с помощью метки для объявления других переменных:

```
struct complex {  
    double Re;  
    double Im;  
} z, z1, z2;  
struct complex c1, c2, c3, w1, w2;
```

Обращение к полям структуры

Работа с полями структуры происходит с помощью *операции обращения к полю структуры*, которая обозначается точкой:

`ИмяПеремСтрукт.ИмяПоля`

Например, задать поля объявленных выше переменных можно с помощью оператора присваивания:

```
z.Re = 12.345;  
z.Im = 678;
```

Модуль этого комплексного числа (расстояние между точкой комплексной плоскости, соответствующей этому числу, и началом координат) можно рассчитать с помощью стандартной функции `sqrt()` описанной в `<math.h>`:

```
double modulus;  
modulus = sqrt(z.Re*z.Re + z.Im*z.Im);
```

Вывод структуры с помощью стандартной функции `printf()` выполняется поэлементно, т.е. каждое поле выводится отдельно:

```
printf("Re(z)=%lf ; Im(z)=%lf\n", z.Re, z.Im);
```

(Аналогично выполняется ввод с помощью `scanf()`.)

Использование структур

Вложенные структуры

Поля структуры могут также являться структурами. Например, чтобы описать вектор на комплексной плоскости, можно создать структуру, полями которой будут являться две точки – начало и конец вектора:

```
struct complex {
    double Re;
    double Im;
};
struct cVector {
    struct complex p1; /* начало вектора */
    struct complex p2; /* конец вектора */
};
```

Доступ к элементам такой структуры осуществляется с помощью нескольких операций обращения к полю (точка). Например, зададим координаты вектора:

```
struct cVector v;
v.p1.Re = 1.25;
v.p1.Im = 2.5;
v.p2.Re = 4.0;
v.p2.Im = 3.75;
```

В таких *составных именах*, которые еще называются *квалифицируемыми* или *уточненными* идентификаторами, указывается вся цепочка имен от имени переменной-структуры до имени требуемого поля.

Инициализация структуры

Значения полей структуры можно задать при инициализации, используя список констант. Например:

```
struct complex c = { 1.23, 4.567 };
```

Значения присваиваются полям в том, порядке, в котором поля описаны при объявлении структуры (т.е. в данном примере `w.Re=1.23` и `w.Im=4.567`).

Пример инициализации описанного выше вектора `v` , содержащего вложенные структуры:

```
struct cVector v = {
    {1.25, 2.5},
    {4.0, 3.75}
};
```

Здесь компоненты вектора принимает те же значения, что и при присваивании каждого поля по отдельности через составные идентификаторы.

При такой инициализации внутренние фигурные скобки можно опускать:

```
struct cVector v = {1.25, 2.5, 4.0, 3.75};
```

Присваивание структур

Значения всех полей одной структуры (включая вложенные) могут быть присвоены другой структуре такого же типа с помощью одного оператора присваивания. Продолжая приведенный выше пример:

```
struct cVector v1 = {0.0, 0.0, 0.0, 0.0};  
v1 = v;
```

Теперь вектор `v1` имеет те же координаты, что и `v`.

Присваивание структур – *исключение* из общего правила, поскольку здесь копирование значений сразу всех полей выполняется целиком, а не поэлементно.

Массивы как поля структур

Полями структур могут являться массивы. Например, структура для хранения данных измерений с помощью некоторого прибора может состоять из нескольких полей: 1) выбранная шкала прибора (`scale`), 2) множитель (`mult`) и 3) значения серии измерений некоторой величины `x`, хранящихся в массиве (не более 10-и измерений в серии):

```
struct tData {  
    char scale; /* шкала прибора */  
    int mult; /* множитель */  
    double x[10]; /* массив вершин многоугольника */  
} data1, data2;
```

При обращении к каждому измерению нужно указывать его индекс в массиве (значение индексов нумеруются как обычно с нуля):

```
data1.scale = 'A';  
data1.mult = 4;  
data1.x[0] = 123.07;  
data1.x[1] = 122.95;  
...  
data1.x[9] = 123.03;
```

Другой пример. Многоугольник на комплексной плоскости можно описать последовательностью его вершин, координаты которых хранятся в массиве (не более 8-и точек):

```
struct cPolygon {  
    struct complex p[8]; /* массив вершин многоугольника */  
} poly1, poly2, poly3;
```

Здесь при обращении к каждой вершине нужно указывать ее индекс внутри составного идентификатора справа от имени массива:

```
poly1.p[0].Re = 1.23;  
poly2.p[7].Im = 98.7;
```

Типичный пример использования структур

Опишем личную карточку успеваемости студента:

```
struct tStudentCard {  
    char    SurName[20]; /* фамилия */  
    char    Name[20];   /* имя */  
    int     BirthYear;  /* год рождения */  
    char    HomeAddress[150]; /* домашний адрес */  
    int     MathAn;     /* оценка по Мат.анализу */  
    int     LinAlg;     /* оценка по Лин.алгебре */  
    int     Phys;       /* оценка по Физике */  
    int     Inform;     /* оценка по Информатике */  
};
```

В приведенном примере поля, несущие одинаковую смысловую нагрузку (MathAn, LinAlg, Phys, Inform), целесообразно объединить в отдельную структуру оценок:

```
struct tStudentCard {  
    char    SurName[20]; /* фамилия */  
    char    Name[20];   /* имя */  
    int     BirthYear;  /* год рождения */  
    char    HomeAddress[150]; /* домашний адрес */  
    struct {  
        int  MathAn; /* оценка по Мат.анализу */  
        int  LinAlg; /* оценка по Лин.алгебре */  
        int  Phys;   /* оценка по Физике */  
        int  Inform; /* оценка по Информатике */  
    } Marks;  
};
```

Вложенную структуру оценок лучше описать отдельно с меткой, чтобы ее можно было использовать повторно и не только внутри структуры tStudentCard:

```
struct tMarks { /* структура оценки */  
    int  MathAn; /* оценка по Мат.анализу */  
    int  LinAlg; /* оценка по Лин.алгебре */  
    int  Phys;   /* оценка по Физике */  
    int  Inform; /* оценка по Информатике */  
};  
  
struct tStudentCard {  
    char    SurName[20]; /* фамилия */  
    char    Name[20];   /* имя */  
    int     BirthYear;  /* год рождения */  
    char    HomeAddress[150]; /* домашний адрес */  
    struct tMarks Marks; /* оценки */  
};
```

Пусть для последнего варианта описания карточки студента будут объявлены следующие переменные:

```
struct tStudentCard stud1, stud2;
```

Тогда будут корректными следующие присваивания и обращения к полям записей:

```
stud1.BirthYear = 1990;
stud1.Marks.Inform = 5;
stud1.Marks.Phys = 4;
stud2.Marks = stud1.Marks;
stud2 = stud1;
...
```

Поле Name структуры tStudentCard является массивом символов, поэтому для него допустимо лишь поэлементное заполнение:

```
stud1.Name[0] = 'S';
```

Для заполнения поля целиком можно использовать цикл наподобие следующего:

```
char s[20] = "Sergy";
for (int i=0; i<20; ++i)
    stud1.Name[i]=s[i];
```

Для ввода и вывода значений строковых полей удобно использовать стандартные функции gets() и puts(), соответственно:

```
puts(stud1.Name);
```

Массивы структур

Работа с массивами структур

Остановимся на последнем варианте описания личной карточки студента. Объявим два массива, соответствующие студенческим группам, элементами которых будут 22 и 25 таких карточек:

```
struct tStudentCard group1[22];
struct tStudentCard group2[25];
```

Тогда для элементов созданных массивов необходимо указывать их индексы внутри составного идентификатора справа от имени массива:

```
group1[0].BirthYear = 1988;
group1[0].Marks.MathAn = 5;
group1[0].Marks.Inform = 4;
```

Так же можно применять следующие операции и обращения к полям структур:

```
group1[2].Marks = group1[1].Marks; /* все оценки совпадают */
group2[5] = group1[3]; /* перевод студента в другую группу */
```

Теперь доступ к элементам поля-массива Name структуры tStudentCard выполняются для каждого элемента одного из созданных массивов (group1 или group2) с помощью составного идентификатора с двумя индексами:

```
group1[7].Name[0] := 'A';
group1[7].Name[1] := 'I';
group1[7].Name[2] := 'v';
group1[7].Name[3] := 'a';
group1[7].Name[4] := 'n';
...
char s[20] = "Ivanov";
for (int i=0; i<20; ++i)
    group2[15].SurName[i]=s[i];
```

Инициализация массива структур

Инициализация массива структур происходит аналогично инициализациям массива и структуры.

Проведем инициализацию личных карточек группы студентов (пусть для краткости в группе имеются только три студента):

```
struct tStudentCard group1[3] = {
    {"Ivanov", "Evgeny", 1989, "Moscow, str. Lenin, 12-67", {4, 5, 3, 5}},
    {"Petrov", "Alexy", 1990, "Kaluga, str. Marks, 56-123", {5, 4, 5, 3}},
    {"Sidorov", "Sergy", 1989, "Tver, str. Engels, 34-45", {5, 5, 4, 5}}
};
```

Здесь при инициализации все внутренние фигурные скобки можно также опустить:

```
struct tStudentCard group1[3] = {
    "Ivanov", "Evgeny", 1989, "Moscow, str. Lenin, 12-67", 4, 5, 3, 5,
    "Petrov", "Alexy", 1990, "Kaluga, str. Marks, 56-123", 5, 4, 5, 3,
    "Sidorov", "Sergy", 1989, "Tver, str. Engels, 34-45", 5, 5, 4, 5
};
```

Указатели на структуры

Объявление указателя на структуру

Объявления указателя на структуру для рассмотренных выше примеров:

```
struct tStudentCard *pstud;
```

Такой указатель может ссылаться на любую существующую структуру `tStudentCard`:

```
pstud = &stud1;
```

В отличие от массивов **имя структуры не является ее адресом**, поэтому здесь необходимо использовать операцию `&`.

Указатель на структуру, которая является элементом массива:

```
pstud = &group1[0];
```

Тогда выражение `pstud+1` будет указывать на элемент `group1[1]` массива `group1`.

Обращение к полям структуры через указатели

Пусть для объявленного ранее массива `group1` объявлен указатель на структуру, который ссылается на первый элемент массива (с индексом 0):

```
struct tStudentCard *pstud;
```

```
...
```

```
pstud = &group1[0];
```

Существуют два способа обращения к полям структуры через указатель на нее:

1) через операцию «`->`» :

```
pstud->SurName /* значение выражения равно Ivanov */
```

2) через операцию разыменования «`*`» :

```
(*pstud).SurName /* значение выражения тоже равно Ivanov */
```


В первом способе применение операции «->» к указателю на структуру
`pstud->SurName /* эквивалентно group1[0].SurName */`
дает тот же результат, что и имя структуры, за которым следует операция точки
`group1[0].SurName /* эквивалентно pstud->SurName */`

Однако выражение

```
pstud.SurName /* НЕВЕРНО */
```

использовать нельзя, поскольку `pstud` не является именем структуры.

Следует отметить, что хотя `pstud` – указатель, тем не менее `pstud->SurName` – поле структуры, на которую он указывает, т.е. `pstud->SurName` является массивом из 20-и элементов типа `char`.

Взаимодействие структур и функций

Передача элемента структуры в функцию

Составим функцию, которая для объявленной ранее структуры с меткой `tStudentCard` будет подсчитывать средний балл студента по всем дисциплинам. Передавать в нее данные можно тремя способами.

Первый способ – передача частей структуры:

```
double AverageMark(int MMathAn, int MLinAlg, int MPhys, int MInform) {  
    return (MMathAn + MLinAlg + MPhys + MInform) / 4.0;  
};
```

Вызов такой функции для первого студента в группе `group1`:

```
printf("Средний балл =%lf\n", AverageMark(group1[0].Marks.MathAn,  
                                           group1[0].Marks.LinAlg,  
                                           group1[0].Marks.Phys,  
                                           group1[0].Marks.Inform));
```

Передача адреса структуры в функцию

Второй способ – передача адреса структуры в качестве аргумента функции:

```
double AverageMark(struct tStudentCard *pstud) {  
    return (pstud->Marks.MathAn + pstud->Marks.LinAlg +  
           pstud->Marks.Phys + pstud->Marks.Inform) / 4.0;  
};
```

Тогда вызов этой функции для первого студента в группы `group1`:

```
printf("Средний балл =%lf\n", AverageMark(&group1[0]) );
```

Можно составить функцию так, чтобы в нее передавался адрес не всей структуры `group1[0]`, а только той ее части, где указаны оценки по дисциплинам, т.е. адрес поля `group1[0].Marks`, которое само является структурой с меткой `tMarks`:

```
double AverageMark(struct tMarks *pmarks) {
    return (pmarks->MathAn + pmarks->LinAlg +
            pmarks->Phys    + pmarks->Inform) / 4.0;
};
```

Тогда вызов такой функции для первого студента в группы group1 :

```
printf("Средний балл =%lf\n", AverageMark(&group1[0].Marks) );
```

Передача структуры в функцию

Третий способ – передача самой структуры в качестве аргумента функции:

```
double AverageMark(struct tStudentCard stud) {
    return (stud.Marks.MathAn + stud.Marks.LinAlg +
            stud.Marks.Phys    + stud.Marks.Inform) / 4.0;
};
```

Вызов этой функции для первого студента в группы group1 :

```
printf("Средний балл =%lf\n", AverageMark(group1[0]) );
```