

Семинар #4: Часть 2: Структуры. Классные задачи.

Основы структур

Структуры – это композитный тип данных, объединяющий набор объектов в один объект. Используя структуры, мы можем сами создать новый тип данных, используя другие типы как кирпичики. Предположим, что мы разрабатываем приложение для работы с двумерной графикой и нам понадобилось как-то описывать точку в двумерном пространстве. Для этого мы можем опеределить структуру точки, как это сделано в следующем примере:

```
#include <stdio.h>

struct point
{
    float x;
    float y;
};

int main()
{
    struct point a = {0.0, 1.1};
    a.x = 2.2;
    printf("(%g, %g)\n", a.x, a.y); // Напечатает (2.2, 1.1)
}
```

Пояснение по коду:

- Сначала мы определили новую структуру с двумя полями `x` и `y` типа `float`. После того, как мы это сделали у нас появился новый тип данных по имени `struct point` (да, название типа состоит из двух слов).
- ! Не забывайте ставить точку с запятой в конце определения структуры. Это нужно делать обязательно.
- Далее, в функции `main`, создаём переменную типа `struct point` по имени `a` и сразу инициализируем её.
- Переменная `a` типа `struct point` хранит в себе два объекта типа `float` по имени `x` и `y`.
- Получить доступ к внутренностям переменной `a` можно с помощью оператора `.` (точка).

Допустимые операции со структурами

1. При создании структуры её элементы можно инициализировать с помощью фигурных скобочек.

```
struct point a = {2.1, 4.3};
```

Однако нельзя таким образом присваивать

```
a = {5.6, 7.8}; // Ошибка, фигурными скобочками можно только инициализировать!
```

2. Доступ к элементу структуры осуществляется с помощью оператора точка

```
a.x = 5.6;
a.y = 7.8;
```

3. Структуры можно присваивать друг другу. При этом происходит побайтовое копирование содержимого одной структуры в другую.

```
struct point b;
b = a;
```

Массив структур

Структуры, как и обычные переменные, можно хранить в массивах. В примере ниже создан массив под названием `array`, содержащий в себе 3 точки.

```
#include <stdio.h>

struct point
{
    float x;
    float y;
};

int main()
{
    struct point array[3] = {{1.1, 2.2}, {3.3, 4.4}, {5.5, 6.6}};
    array[1].y = 9.9;
    printf("(%g, %g)\n", array[1].x, array[1].y); // Напечатает (3.3, 9.9)
}
```

Передача структуры в функцию

Структуры можно передавать в функции и возвращать из функций также как и обычные переменных. При передаче в функцию происходит полное копирование структуры и функция работает уже с копией структуры. При возвращении из функции также происходит копирование.

```
#include <stdio.h>

struct point
{
    float x;
    float y;
};

void print_point(struct point a)
{
    printf("(%g, %g)", a.x, a.y);
}

struct point add_points(struct point a, struct point b)
{
    struct point result;
    result.x = a.x + b.x;
    result.y = a.y + b.y;
    return result;
}

int main()
{
    struct point a = {1.1, 2.2};
    struct point b = {3.3, 4.4};
    struct point c = add_points(a, b);
    print_point(c);
}
```

Структуры содержащие более сложные типы данных

Структуры могут содержать в себе не только базовые типы данных, но и более сложные типы, такие как массивы (в том числе строки), указатели, а также другие структуры.

Пример программы, в которой описывается структура для удобной работы с объектами Книга (`struct book`).

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

void print_book(struct book b)
{
    printf("Book info:\n");
    printf("Title: %s\nPages: %d\nPrice: %g\n\n", b.title, b.pages, b.price);
}

int main()
{
    struct book a = {"The Martian", 10, 550.0};
    print_book(a);

    a.pages = 369;
    strcpy(a.title, "The Catcher in the Rye");
    print_book(a);

    struct book scifi_books[10] =
    {
        {"Dune", 300, 500.0},
        {"Fahrenheit 451", 400, 700.0},
        {"Day of the Triffids", 304, 450.0}
    };
    scifi_books[2].price = 2000.0;
    print_book(scifi_books[2]);
}
```

Указатели на структуры:

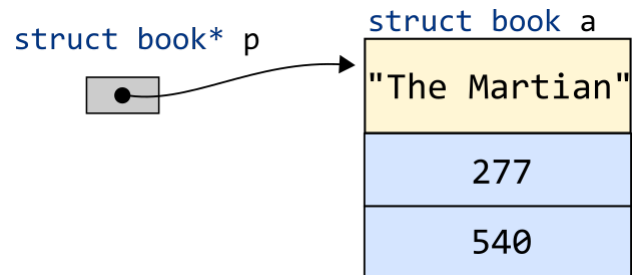
Указатель на структуру хранит адрес первого байта структуры. Для доступа к полям структуры по указателю нужно сначала этот указатель разыменовать, а потом использовать: `(*p).price`. Для удобства был введён оператор стрелочка `->`, который делает то же самое: `p->price`.

```
#include <stdio.h>

struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

int main()
{
    struct book a = {"The Martian", 277, 540};
    struct book* p = &a;

    // Три способа доступа к полю:
    a.price += 10;
    (*p).price += 10;
    p->price += 10;
}
```



Передача по значению

При обычной передаче в функцию всё содержимое копируется. Функция работает с копией.

```
#include <stdio.h>

struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

void change(struct book a)
{
    a.price += 10;
}

int main()
{
    struct book a = {"The Martian", 277, 540};
    change(a); // внутри функции структура a
               НЕ изменится
}
```

Память функции main()

struct book a
"The Martian"
277
540

Память функции change()

struct book a
"The Martian"
277
540

Передача по указателю

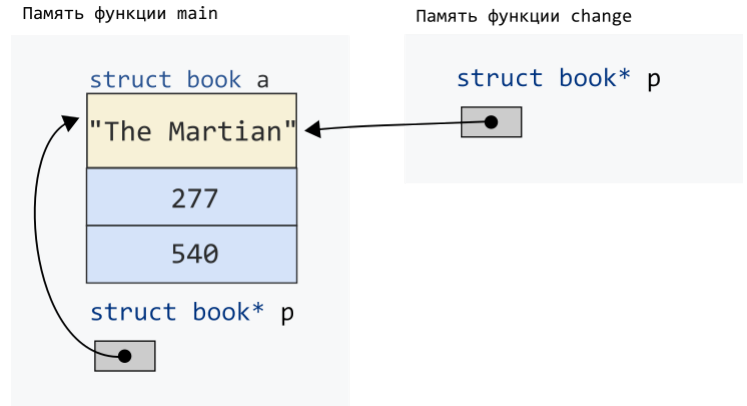
При передаче в функцию по указателю копируется только указатель.

```
#include <stdio.h>

struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

void change(struct book* p)
{
    p->price += 10;
}

int main()
{
    struct book a = {"The Martian", 277, 540};
    struct book* p = &a;
    change(p); // внутри функции структура a
                изменится
}
```



Такой способ передачи имеет 2 преимущества:

1. Можно менять структуру внутри функции, и изменения будут действительны вне функции
2. Не приходится копировать структуры, поэтому программа работает быстрее.

Передача по константному указателю

Иногда мы не хотим менять структуру внутри функции, но хотим чтобы ничего не копировалось. Тогда желательно использовать передачу по константному указателю.

```
#include <stdio.h>

struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

void print_book_info(const struct book* p)
{
    printf("Title: %s\nPages: %d\nPrice: %g\n\n", p->title, p->pages, p->price);
}

int main()
{
    struct book a = {"The Martian", 277, 540};
    print_book_info(&a);
}
```

Выравнивание

Пусть есть структура `struct test` и нам нужно узнать её размер если размеры типов `char`, `int` и `double` равны 1, 4 и 8 байт соответственно.

```
struct test
{
    int a;
    char b;
    double c;
};
```

Кажется, что размер этой структур равен сумме размеров составляющих её элементов, то есть 13. Но это не так. На самом деле размер этой структуры будет отличаться в зависимости от вычислительной системы, на которой запускается код (как, впрочем, и размеры других типов). Но на большинстве вычислительных систем размер структуры `struct test` будет больше суммы составляющих её элементов. Это можно проверить с помощью следующего кода:

```
int main()
{
    printf("Size of char   = %zu\n", sizeof(char));
    printf("Size of int    = %zu\n", sizeof(int));
    printf("Size of double = %zu\n", sizeof(double));
    printf("Size of test   = %zu\n", sizeof(struct test));
}
```

Причина по которой это происходит заключается в том, что система значительно быстрее работает с данными, если они лежат в памяти по адресам, кратным 4-м или 8-ми. Поэтому компилятор автоматически выравнивает элементы структуры в памяти так, чтобы их адреса были кратны некоторой степени двойки.

Для того, чтобы найти величину выравнивания можно использовать оператор `_Alignof`:

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 10;
    printf("Alignment of int = %zu\n", _Alignof(int));
    printf("Alignment of int = %zu\n", _Alignof(a));
}
```