

## 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("(f, %f)\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, 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("(%.f, %.f)\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, y;
};

void print_point(struct point a)
{
    printf("(%.f, %.f)", 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}, 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:

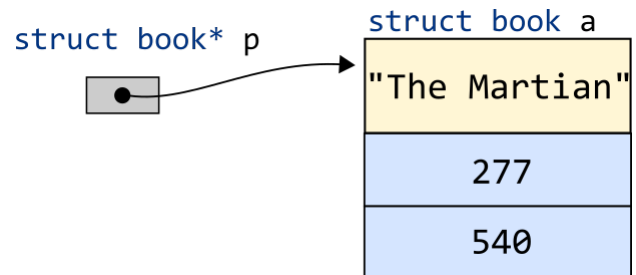
Указатель на структуру хранит адрес первого байта структуры. Для доступа к полям структуры по указателю нужно сначала этот указатель разыменовать, а потом использовать: `(*p).price`. Для удобства был введён оператор стрелочка `->`, который делает то же самое: `p->price`.

```
#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.

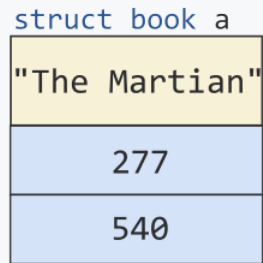
```
#include <stdio.h>
```

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

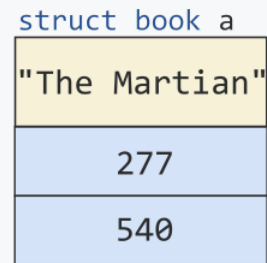
```
void change(struct book a)
{
    a.price += 10;
}
```

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

Память функции main()



Память функции change()



## Передача по указателю

При передаче в функцию по указателю копируется только указатель.

```

#include <stdio.h>

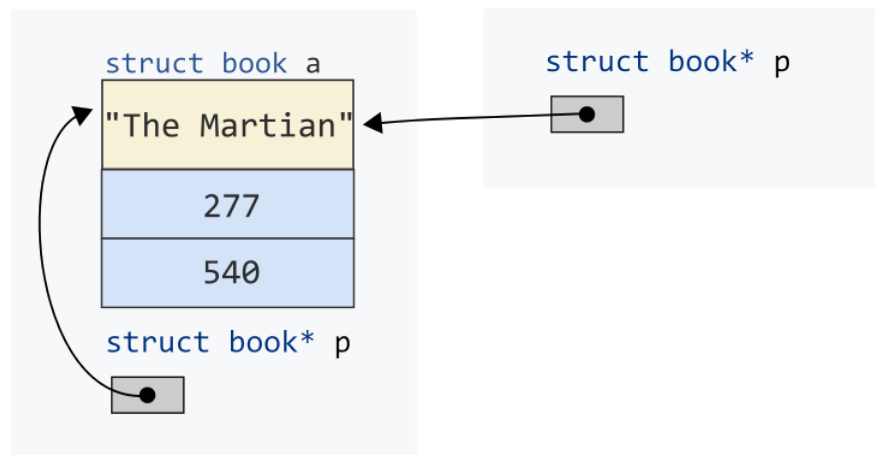
struct book
{
    char title[50];
    int pages;
    float price;
};

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
}
  
```

Память функции main

Память функции change



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 указателю на константу

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

```
#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   = %llu\n", sizeof(char));
    printf("Size of int    = %llu\n", sizeof(int));
    printf("Size of double = %llu\n", sizeof(double));
    printf("Size of test   = %llu\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.

Проверьте чему будет равен размер структуры `struct test` в зависимости от последовательности её полей.