

# Задание для подготовки к Контрольной работе #2

## Указатели

○ – вопрос

□ – задача

✦ – продвинутая задача

## Основы работы с указателями

### Адреса переменных. Операция получения адреса

Каждая переменная в языке C хранится где-то в памяти и имеет адрес. Адрес переменной это просто номер первого байта соответствующей области памяти. Чтобы получить адрес переменной нужно перед переменной поставить &(амперсанд). Обычно адреса записываются в шестнадцатеричной системе счисления, например 0x7FFFB014 это адрес ячейки под номером 2147463188 (такое число получится если перевести 0x7FFFB014 из шестнадцатеричной системы в десятичную).

```
double x = 123.456;
printf("Address of x is: %p\n", &x);
```

### Объявление указателей

Указатель это переменная, которая хранит адреса переменных. Тип указателя такой: <тип переменной>\*. Тип переменной, на которую указывает указатель, нужно знать, чтобы правильно выполнять операцию разыменования. Если тип переменной, на которую будет указывать указатель, не известен, то можно использовать указатель void\*. Размер указателя обычно равен 4 байта на 32-х битных системах и 8 байт на 64-х битных. Так как указатель это переменная, то у него тоже есть адрес. Пример:

```
int a = 100; // Переменная типа int, присвоено значение, равное 100
int* q;      // Переменная типа указатель на int, значение не присвоено
int* p = &a; // Переменная типа указатель на int, присвоено значение, равное адресу a
void* pv = &a; // Переменная типа 'указатель на что-то', присвоено значение, равное адресу a
```

### Операция разыменования

Чтобы достучаться к переменной по указателю нужно поставить символ \* перед указателем. Операция получения значения переменной по указателю называется операцией разыменования.

```
int a = 100;
int* p = &a; // Теперь можно использовать a с помощью p. Можно сказать, что *p это синоним a.
printf("%d", *p); // Напечатает 100
*p += 10;         // Значение переменной a увеличится на 10
void* pv = &a;
printf("%d", *pv); // Неправильно, так как неизвестно какой тип у *pv.
```

### Арифметика указателей. Операции, которые можно производить с указателями:

1. Присваивание другому указателю или адресу.

```
float a[5] = {1.2, 3.4, 5.6, 7.8, 9.0};
float* p = &a[3];
char* pc = &a[0]; // Warning: Слева и справа разные типы. Тем не менее в языке C это не
                  // ошибка и работать будет. Указатель float* приведётся к указателю char*.
```

2. Сравнение двух указателей. Операция ==

3. Сложение указателя с целым числом. Возвращается указатель, смещённый на n \* sizeof(type)

```
p = p + 3; // p увеличится 3 * sizeof(float)
```

4. Вычитание двух указателей. Возвращается разница двух адресов, делённая на sizeof(type).

```
printf("%lu", p - a); // Напечатает 3. Массив часто ведёт себя как указатель на 0 элемент
```

5. Операция взятия индекса: p[2], p[-1], a[3] и т. д.

a[i] это то же самое что и \*(a + i).

## □ Задача #1: Адрес

Пусть есть указатель `p` на переменную типа `int`, которая имеет адрес `0x7FFFB014`. Переменная `int` на рассматриваемой системе имеет размер 4. Чему равны значения (в шестнадцатеричной системе счисления):

• `p + 1`

• `p + 2`

• `p + 6`

## Применение указателей

### Передача адресов переменных в функцию

Указатели часто используются чтобы изменять передаваемые значения в функциях:

```
// Неправильно:
void normalize(float x, float y)
{
    float sum = x + y;
    x = x / sum;
    y = y / sum;
    // Изменяются x и y - копии a и b
}
// ...
float a = 20.0, b = 80.0;
normalize(a, b);
// a и b не изменятся: a=20.0, b=80.0

// Правильно:
void normalize(float* x, float* y)
{
    float sum = *x + *y;
    *x = *x / sum;
    *y = *y / sum;
    // Изменяются переменные a и b
}
// ...
float a = 20.0, b = 80.0;
normalize(&a, &b);
// a и b изменятся: a=0.2, b=0.8
```

## □ Задача #2: Передача по адресу

Написать функцию `void make_positive(float* x)`, которая делает число положительным. Например:

```
float x = -1.2; y = 4.5;
make_positive(&x); // x изменится и станет равным 1.2
make_positive(&y); // y не изменится
```

### Передача в функцию с использованием указателя на константу

Ещё один часто используемый способ передачи в функцию – передача с использованием указателя на константу

```
void some_func(const float* p)
{
    printf("%f\n", *p); // OK
    *p = 10.0;           // Неправильно!
    // Нельзя менять то, на что указывает p, так как используется const
}
```

○ Какие преимущества такой передачи по сравнению с обычной передачей и передачей с использованием указателя? Когда следует использовать такой способ передачи?

# Структуры

## Объявление структуры

```
struct city
{
    char name[50];    // Название города
    int population;   // Население
    float area;       // Площадь города
};
typedef struct city City;
```

## Создание экземпляра структуры

```
City x = {"Moscow", 12228685, 2511.0};
x.area *= 2; // Увеличим площадь в 2 раза
City best_cities[] = {
    {"New York", 8175133, 1213.37},
    {"Tokyo", 13617445, 2187.66 },
    {"Shanghai", 24152700, 6341.0},
    {"Dolgoprudniy", 104238, 30.52}};
```

## Передача структуры в функцию

Структуры в функции передаются как обычные переменные

```
// Передача по значению (x копируется)
void print_name(City x)
{
    printf("%s", x.name);
    // Используем точку .
}

// Передача через указатель
void increase_population(City* p, int n)
{
    p->population += n;
    // Используем стрелочку ->
}
```

Рассмотрим задачу парсирования из строки в структуру. Предположим, что информация о городе записана в строке в следующем формате: `char str[100] = "Moscow-12228685-2511.0"`, тогда для считывания из строки и записи нужных значений в структуру можно использовать функцию `sscanf()`:

```
char str[100] = "Moscow-12228685-2511.0";
City a;
sscanf(str, "%[^-]-%d-%f", , &a.name, &a.population, &a.area);
// Выражение %[^-] означает считываем всё до знака - в строку
```

## ❑ Задача #3: Парсим координаты

- Объявите структуру `Point`, описывающую точку в пространстве. Эта структура должна иметь поля `x`, `y`, `z` типа `float`.
- Напишите функцию `void print_point(Point a)`, которая принимает на вход эту структуру и печатает её на экран в следующем формате: `(x, y, z)`.
- Предположим, что информация о точке записана в строке в следующем формате: `char str[50] = "(1.5, 4.0, 3.7)"`. Создать новую структуру `Point` и считать информацию из строки в эту структуру с помощью `sscanf()`.
- Напишите функцию `Point parse_point(char* str)`, которая считывает информацию из строки `str` в структуру и возвращает эту структуру. Нужно использовать функцию `sscanf()`.

Следующий код должен выводить на экран координаты, записанные в строках `s1` и `s2`:

```
int main()
{
    char s1[] = "(3.2, 535.0, -74.78)";
    char s2[] = "(-777, 0.000, 123456789.987654321)";
    Point a = parse_point(s1);
    Point b = parse_point(s2);
    print_point(a);
    print_point(b);
}
```

# Строки

## Символы

Тип `char` – тип целых чисел от -128 до 127  
Символы кодируются в соответствии с таблицей ASCII, например, символ `'9'` это просто число 57.

```
char a = 100; // Как число от -128 до 127
char b = 'A'; // Как символ
if ('9' == 57)
    printf("Char is a number\n");
```

Некоторые символы ASCII:

<code>'0'</code> = 48	<code>'A'</code> = 65	нулевой символ <code>'\0'</code> = 0
<code>'1'</code> = 49	<code>'B'</code> = 66	символ переноса строки <code>'\n'</code> = 10
<code>'2'</code> = 50	...	табуляция <code>'\t'</code> = 9
...	<code>'Z'</code> = 90	backspace <code>'\b'</code> = 8
<code>'9'</code> = 57	<code>'a'</code> = 97	звуковой сигнал <code>'\a'</code> = 7
<code>' '</code> = 32	...	возврат каретки <code>'\r'</code> = 13
	<code>'z'</code> = 122	

## Строки как массив символов

Строка это просто массив из символов. Строка должна заканчиваться символом `'\0'`.

```
char s1[10]; // Объявление строки
char s2[10] = "abc"; // Объявление + инициализация

s1 = "xyz"; // Неправильно! Так присваивать строки нельзя, так как строка это просто массив
strcpy(s1, "xyz"); // Чтобы присвоить строке значение нужно использовать функцию strcpy()
// Для использования функций работы со строками нужно подключить <string.h>
```

### □ Задача #4: Обращение строки

Написать функцию `void reverse(char* str)`, которая переворачивает строку.

## Функции для работы со строками

- `strlen(str)` – вычисляет количество символов в строке `str`.
- `strcpy(dest, src)` – копирует содержимое строки `src` в строку `dest`.
- `strcmp(str1, str2)` – сравнивает строки `str1` и `str2`. Возвращает 0, если они равны.
- `strstr(str, substr)` – возвращает указатель на первый символ вхождения строки `substr` в строку `str`.
- `strcat(str1, str2)` – добавляет строку `str2` в конец строки `str1`.

### □ Задача #5: Строка + указатели

Предположим, что задана строка `char str[100] = "A bicycle can't stand on its own because it is two-tired"`, что напечатают следующие строки:

- |   |  |
|---|--|
| • <code>printf("%lu", strlen(str))</code> | • <code>printf("%s", strstr(str, "bec"))</code>        |
| • <code>printf("%s", str)</code>          |  |
| • <code>printf("%s", str + 33)</code>     | • <code>printf("%lu", strstr(str, "can") - str)</code> |

## Динамическое выделение памяти

```
int* arr = malloc(n * sizeof(int));  
// ...  
free(arr);
```

### □ Задача #6: Среднее и дисперсия + malloc()

На вход программе подаётся целое число  $n$  и  $n$  вещественных чисел типа `double`  $x_i$ . Нужно найти среднее этих чисел  $\mu$  и дисперсию  $D$ . Для выделения памяти используйте `malloc()` и `free()`.

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i \qquad D = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i - \mu)^2$$

### Выделение памяти для 2D массива

Сначала нужно выделить память для указателей на строки. А затем выделить память для каждой из строк.

```
// Выделяем память под 2D массив  
int** A = malloc(n * sizeof(int*));  
for (int i = 0; i < n; ++i)  
    A[i] = malloc(m * sizeof(int));  
// Работаем с 2D массивом A как с обычным 2D массивом  
// ...  
// Освобождаем память  
for (int i = 0; i < n; ++i)  
    free(A[i]);  
free(A);
```

### □ Задача #7: Malloc 2D

На вход программе подаются 2 целых числа  $n$  и  $m$ . Затем на вход подаются  $n \times m$  вещественных чисел типа `float`. Нужно напечатать матрицу, отзеркаленную по вертикали. Всю необходимую память выделить динамически.

## Сортировка (qsort)

Сортировка чисел:

```
int cmp_int(const void* a, const void* b)  
{  
    int* pa = (int*)a;  
    int* pb = (int*)b;  
    return (*pa - *pb);  
}  
  
int main ()  
{  
    int arr[] = {8, 2, 5, 1};  
    qsort(arr, 4, sizeof(int), cmp_int);  
}
```

Сортировка структур:

```
int cmp_city(const void* a, const void* b)  
{  
    City* pa = (City*)a;  
    City* pb = (City*)b;  
    return (pa->population -  
            pb->population);  
}  
  
int main ()  
{  
    City arr[] = {{"A", 78, 5.4},  
                  {"B", 54, 1.9},  
                  {"C", 97, 4.2}};  
    qsort(arr, 3, sizeof(City), cmp_city);  
}
```

### □ Задача #8: Сортировка

Создать массив структур `City` и инициализировать его 5-ю различными городами. Отсортировать этот массив по плотности населения используя стандартную функцию `qsort`.

## Файлы

Считывание/запись.

```
FILE* fin = fopen("input.txt", "r");
int x, y, z;
fscanf(fin, "%d%d%d", &x, &y, &z);
fclose(fin);

FILE* fout = fopen("output.txt", "w");
fprintf(fout, "Hello file!\n");
fclose(fout);
```

Посимвольное считывание/запись.

```
FILE * f = fopen("input.txt", "r");
int c, number_of_digits = 0;

while ((c = fgetc(f)) != EOF)
{
    if (c >= '0' && c <= '9')
        number_of_digits += 1;
}
fclose(f);
```

### □ Задача #9: Среднее и дисперсия + malloc() + file

Решить задачу #7, но только считывание должно проводиться не из стандартного входа, а из файла "input.txt".

### □ Задача #10: Количество цифр в файле.

Посчитать число цифр в файле "input.txt".

### □ Задача #11: Сортировка строк файла

Отсортировать строки в файле.

- Определить количество строк и длину самой большой строки в файле (используйте посимвольное чтение из файла).
- Выделить память под массив строк необходимого размера.
- Вместо того, чтобы открывать/закрывать файл, можно переместить указатель позиции файла на начало файла с помощью функции `fseek(<указатель на файл>, <номер символа>, SEEK_SET)`. `SEEK_SET` означает, что номер символа отсчитывается от начала файла. Например, следующая команда устанавливает файловый указатель на начало файла.

```
fseek(fp, 0, SEEK_SET);
```

- Считать все строки в выделенный массив. Чтобы считать строку целиком можно использовать функцию `fscanf()` со следующими параметрами:

```
fscanf(fp, "%[^\n]", str);
```

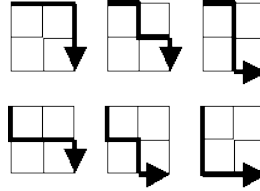
- Лексикографически отсортировать массив строк используя функции `qsort()` и `strcmp()` из стандартной библиотеки.
- Записать все строки в файл "output.txt".
- Добавить поддержку передачи имен входного и выходных файлов через аргументы командной строки (`argc`, `argv`).

## Динамическое программирование:

- **Кузнечик:** Кузнечик находится в начале координат ( $x = 0$ ) и может прыгать по целым числам вправо либо с шагом 1 либо с шагом 2. Найдите число различных маршрутов кузнечика, приводящих его в точку с координатой  $n$ .

**Подсказка:** Создайте массив `int ways[]` и в каждой ячейке  $i$  храните число различных маршрутов до точки  $i$ . Очевидно, что `ways[1] = 1`, `ways[2] = 2`. До точки 3 можно добраться 3-мя различными способами ( $\{1,1,1\}$ ,  $\{1, 2\}$ ,  $\{2,1\}$ ), поэтому `ways[3] = 3`. Как найти `ways[k]`, зная предыдущие значения массива?

- **Кузнечик 2):** Пусть теперь кузнечик может прыгать на любое число шагов. Найдите число различных маршрутов кузнечика, приводящих его в точку с координатой  $n$ .
- **Сколько дорог:** (Задача с ejudge -> Динамическое программирование) Из верхнего левого угла в правый нижний угол сетки  $2 \times 2$  можно пройти 6 разными путями (без возвратов, т.е. если идти только вниз или вправо). Сколько таких разных путей можно найти в сетке  $N \times M$ ?



**Подсказка:** Составьте табличку из решений следующих подзадач:  $C_{i,j}$  – число путей от точки  $(0, 0)$  до точки  $(i, j)$ . Чему равно  $C_{0,j}$  и  $C_{i,0}$ ? Как  $C_{i,j}$  зависит от  $C_{i-1,j}$  и  $C_{i,j-1}$ ?

- **Черепашка:** В левом верхнем углу прямоугольной таблицы размером  $N \times M$  находится черепашка. В каждой клетке таблицы записано некоторое число. Черепашка может перемещаться вправо или вниз, при этом маршрут черепашки заканчивается в правом нижнем углу таблицы.

Подсчитаем сумму чисел, записанных в клетках, через которую проползла черепашка (включая начальную и конечную клетку). Найдите наибольшее возможное значение этой суммы.

**Подсказка:** Составьте табличку из решений следующих подзадач:  $C_{i,j}$  – наибольшее возможное значение суммы, если черепашка доползла до точки  $(i, j)$ . Чему равно  $C_{0,j}$  и  $C_{i,0}$ ? Как  $C_{i,j}$  зависит от  $C_{i-1,j}$  и  $C_{i,j-1}$ ?

Тест:

input	output
3 4 1 1 2 1 2 2 1 1 2 1 2 1	9
7 7 1 1 10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 70 1 5 5 5 1 1 1 1 3 5 20 20 1 1 10 8 5 6 20 1 1 1 7 5 7 5 7 1 1 1 4 5 11 4 1 1	100

- **Максимальный подмассив:** Дан массив чисел. Требуется найти такой его подотрезок, что сумма на нём максимальна:
- **LCS:** Решить задачу lcs (ejudge -> динамическое программирование).