# Лекция III

11 октября 2017

# Адрес переменной

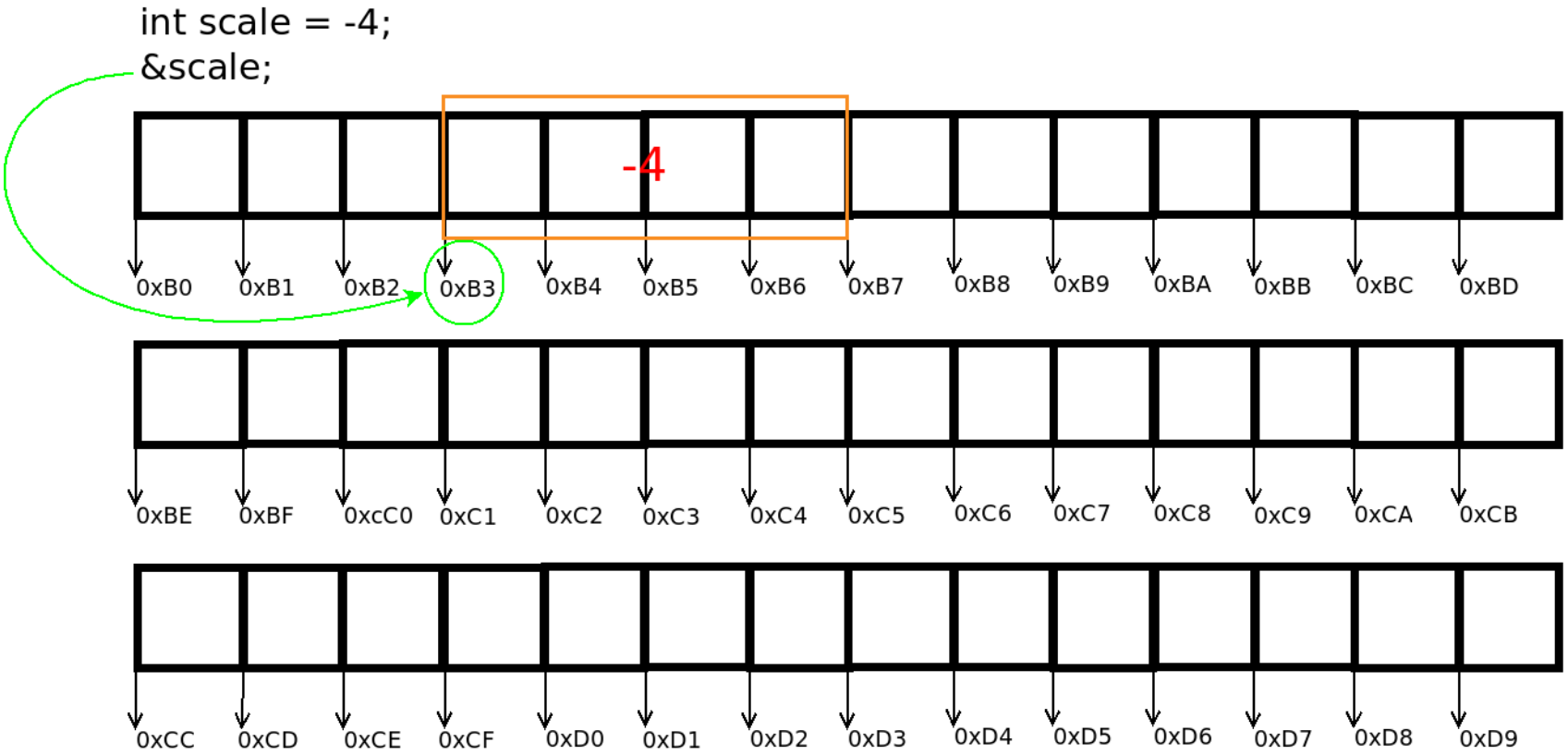
Каждая переменная любого типа в C связана с сопоставленным её блоком в оперативной памяти. Длина блока изменяется в байтах, для разных типов - различна.
**Адресом** переменной называют **номер первого байта** из блока, который отведён под неё. В языке C это целое положительное число.
У переменной можно узнать адрес с помощью оператора - **&**.
Вывести значение адреса переменной можно с помощью спецификатора **%p** функции **printf**.

```
1 int scale = 5;
2 double rate = 3.4;
3
4 printf("Адрес rate: %p\n", &rate);
5 printf("Адрес scale: %p\n", &scale);
```

Значения адреса выводятся на экран в виде шестнадцатиричных чисел.

# Адрес переменной

Как адрес выглядит графически: переменная **scale** имеет адрес равный **0xB3** и состоит из четырёх байт.



# Указатели

**Указателем** - называют тип данных, переменные которого предназначены для хранения адресов других объектов (то есть, обыкновенных переменных простых, составных или пользовательских типов). Указатели в C являются типизированными.

Синтаксис объявления указателя

```
<тип_данных> *<имя_переменной>;
```

```
1 int    *p_int;    // указатель на int
2 char   *p_char;   // указатель на char
3 double *p_double; // указатель на double
```

Для практического применения указатели должны быть типизированными, чтобы было возможно получать значения тех переменных, адрес которых хранится в них.

# Указатели

Операции с указателями: **присвоение значения**
Указателю может быть присвоено значение (адрес в памяти) либо с помощью операции взятия адреса у переменной, либо копированием значения из другого указателя.

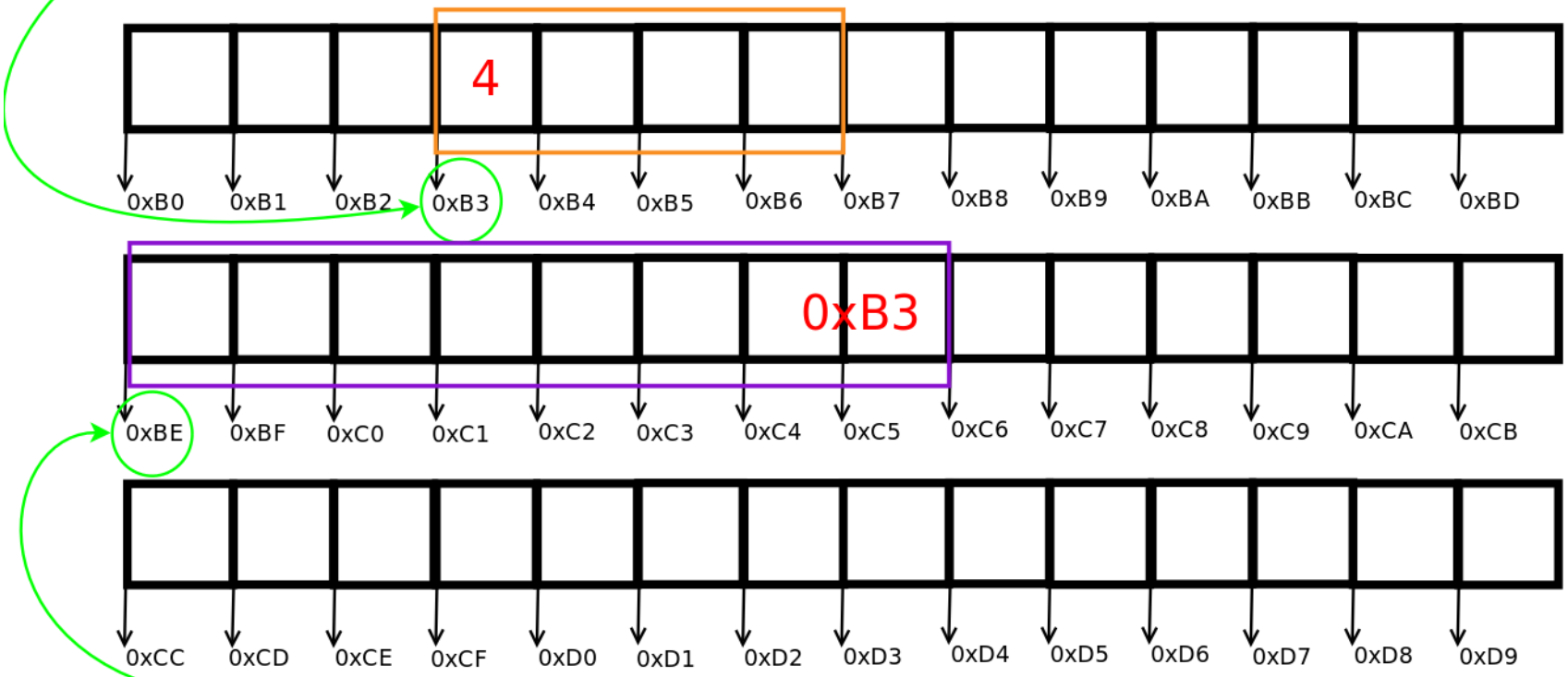
```
1 int scale = 5, *p_sc;
2
3 p_sc = &scale;
4 int *p2 = p_sc;
```

**1-я строка:** определяем переменную целого типа **scale** и указатель на целое **p_sc**.
**3-я строка:** получаем адрес **scale** и записываем его значение в переменную-указатель **p_sc**.
**4-я строка:** копируем значение (целое число) из **p_sc** в переменную-указатель **p2**.

# Указатели

В памяти картина следующая. Обратите внимание, сама по себе **p_sc** - просто переменная, со своим адресом.

```
int scale = 4;
&scale;
```




```
int *p_sc = &scale;
printf("Адрес scale: %p\n", p_sc);
printf("Адрес p_sc: %p\n", &p_sc);
```

# Указатели

Операции с указателями: **присвоение значения**.
Существует специальное значение для указателей, которое означает, что сама переменная-указатель не содержит реальный адрес какого-либо байта. Для обозначения такого спец. значения в C применяется специальная константа **NULL**. Также эта константа известна как **нулевой адрес**. Сам указатель с таким значением иногда называется как **нулевой указатель**.

```
1 double *p1 = NULL;
2 ...
3
4 if (p1 != NULL) {
5   // работаем с указателем p1
6 }
```

**Правило для работы с указателями**: переменная-указатель **всегда** должна быть определена, а не объявлена. То есть, ей надо или присвоить реальный адрес, или значение **NULL**.

# Указатели

Операции с указателями: **разыменование** - получение значения переменной, адрес которой сохранён в указателе.

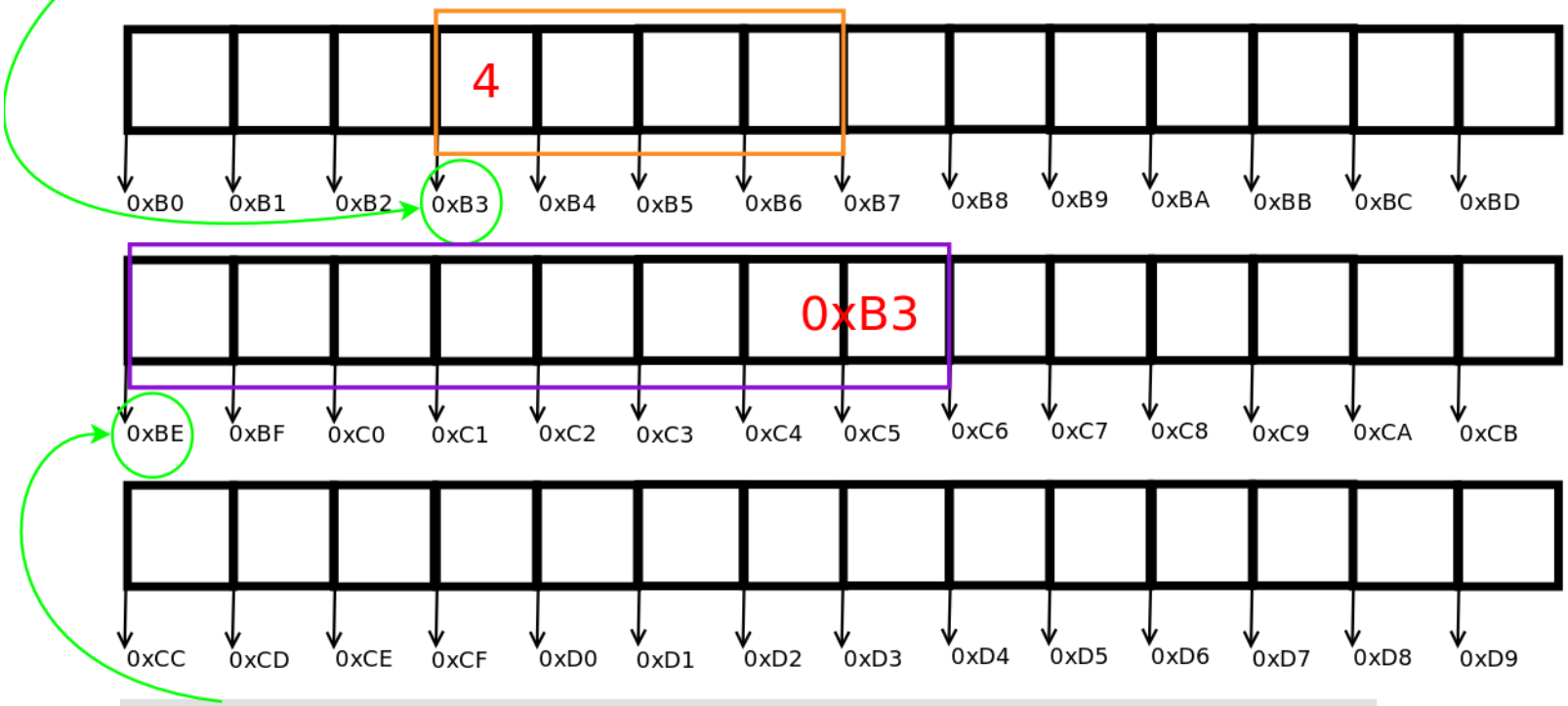
Синтаксис

*<имя_переменной>;

```
1  int scale = 5;
2  int *p_sc = &scale;
3
4  // Вывод 5 на экран
5  printf("p_sc ссылается на значение: %d\n", *p_sc;
6
7  // При разыменовании указатель может
8  // участвовать в арифметических выражениях
9  int rate = (*p_sc) + 15;
10
11 // изменяем значение scale через указатель p_sc
12 *p_sc = 15;
```

Схематично разыменование можно показать так:

```
int scale = 4;
&scale;
```




```
int *p_sc = &scale;
printf("Значение scale через указатель: %d\n", *p_sc);
*p_sc = 15;
printf("А теперь: %d", *p_sc);
```

Операции с указателями: **разыменование**

**Предупреждение**: разыменование объявленной, но не определённой, переменной-указателя **чрезвычайно опасно** в коде на C. Тоже самое верно и для указателей, которым присвоен **NULL**.

**Так никогда не делать!**

```
1 char *p_ch;
2 printf("Что же за символ у нас: %c", *p_ch);
3
4 int *p_int = NULL;
5 printf("Может с int получится: %d", *p_int);
```

**Правило для работы с указателями**: никогда не разыменовывать объявленный или **нулевой** указатель.

Операции с указателями: **разыменование**

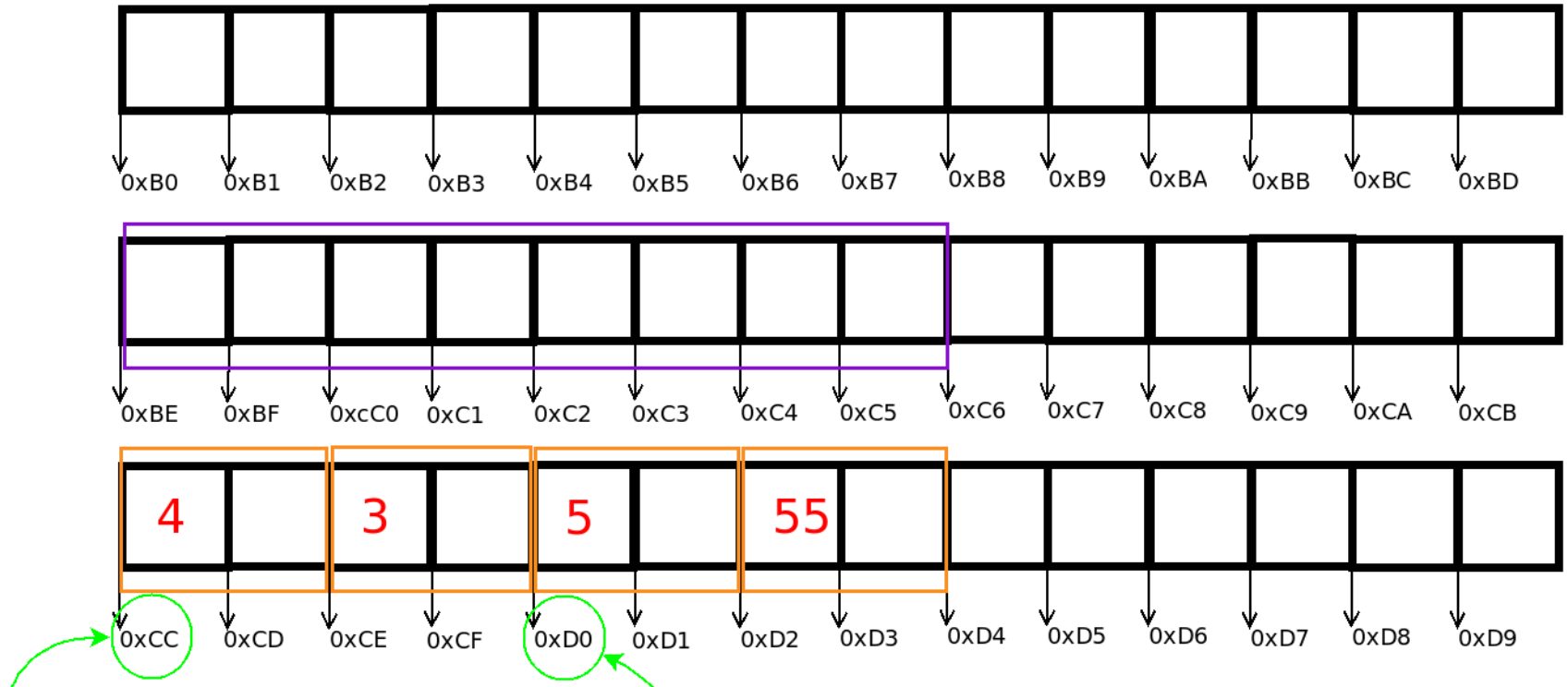
Указатели дают возможность *менять* значения переменных, которые передаются в функции. Как пример:

```
1  void my_swap(int *i1, int *i2)
2  { // Обмен значениями двух переменных
3    if (i1 != NULL && i2 != NULL) {
4      int tmp = *i1;
5      *i1 = *i2;
6      *i2 = tmp;
7    }
8  }
9
10 int n1 = 11, n2 = -15;
11 my_swap(&n1, &n2);
12 printf("n1 = %d, n2 = %d\n", n1, n2);
```

**Стоит отметить**, что сами переменные-указатели передаются в функции **по-значению**. Здесь отличий от переменных обычных типов нет.

# Указатели и массивы

Вспомним, как массив располагается в памяти




```
short vec[4] = {4, 3, 5, 55};

&vec[0];

&vec[2];
```

# Указатели и массивы

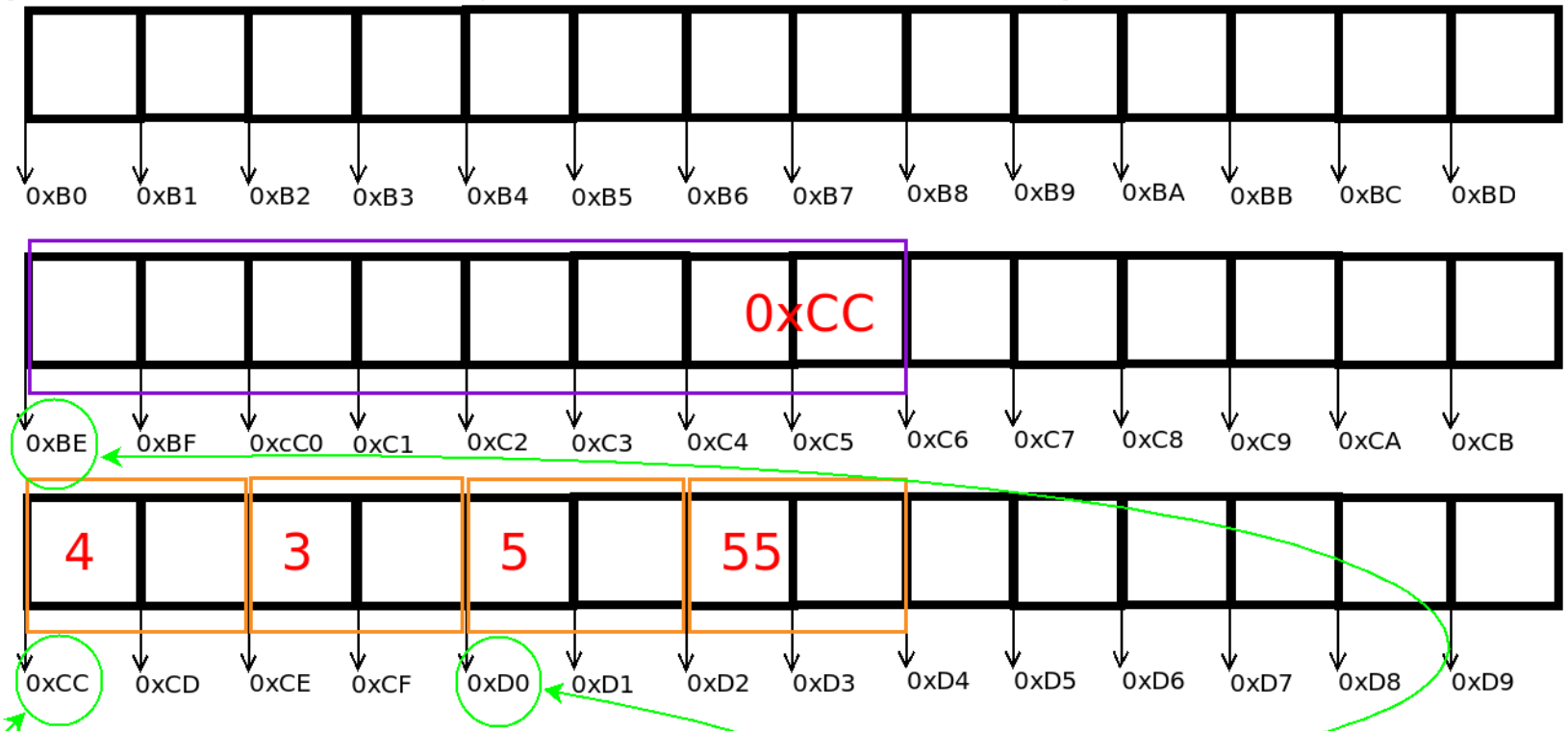
Связь указателей и массивов

- Имя переменной-массива (выше - **vec**) является указателем на его первый элемент
- Массивы передаются в функцию как указатели. Поэтому, в любую функцию, принимающую указатель, можно передать переменную-массива. И наоборот
- Но: переменной массива **нельзя** присвоить никакой другой адрес (в отличии от переменной-указателя)

```
1 void print_array(short* arr, size_t count);
2 ...
3 short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
4
5 print_array(vec, 4);
```

# Указатели и массивы

Картина в памяти: в указатель записали адрес массива




```
short vec[4] = {4, 3, 5, 55};

&vec[0];
&vec[2];
```

```
short *p_vec = vec;

printf("Число: %d", *p_vec);
```

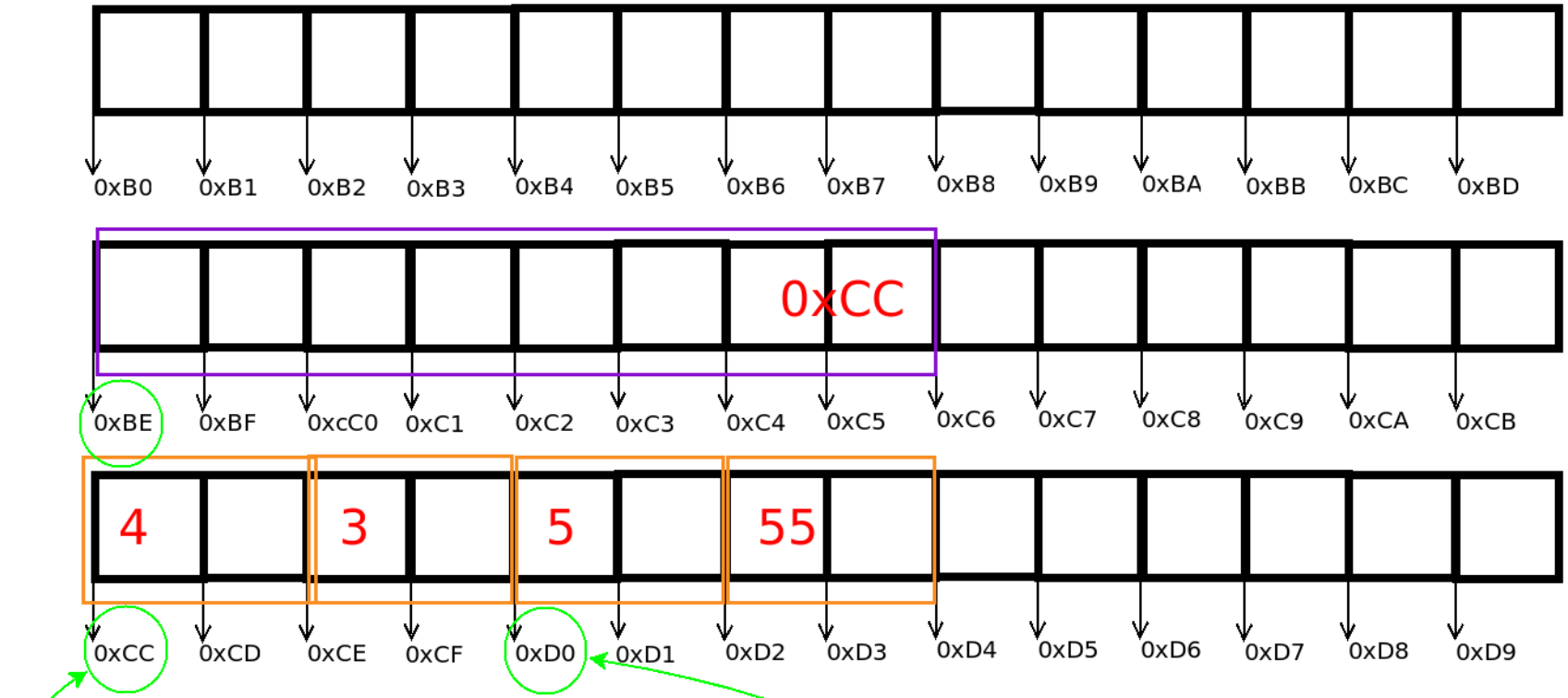
Операции с указателями: **сложение с целым числом**
Результатом операции прибавления целого числа **n** к указателю является новый указатель, значение (адрес) которого смещено на $\mathrm{n} * \mathrm{sizeof}(< \mathrm{type} >)$ байт (вправо или влево - зависит от знака **n**).

```
1 short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
2 short p_vec = vec;
3
4 // Перемещаемся на третий элемент
5 printf("Значение третьего элемента: %d\n",
6         *(p_vec + 2));
```

Смещение происходит блоками, размер которого определяется типом указателя (указатель на **int**, **double**, **char** и прочие).

# Указатели и массивы

Сложение указателя с целым числом на схеме с памятью




```
short vec[4] = {4, 3, 5, 55};

short *p_vec = vec;
p_vec;
p_vec + 2;
```

Операции с указателями: **сложение с целым числом**
Как видно из примеров, особенно полезно сложение при использовании указателя для работы с элементами массива.

```
1 short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
2 short *p_vec = vec;
3
4 // Инкремент, как сложение
5 // с единицей, также допустим
6 p_vec++;
7 p_vec += 1;
8 p_vec -= 2;
```

# Указатели и массивы

Операции с указателями: **индексация**

**Индексация** указателя выполняет два действия:

1. Сместиться на количество блоков, равных индексы, от текущего адреса
2. Получить значение по адресу, **после смещения**

```
1 short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
2 short *p_vec = vec;
3
4 if (p_vec[2] == *(p_vec + 2)) {
5   puts("Значения равны");
6 }
7
8 printf("4-ый элемент: %d", vec[3]);
```

# Указатели и массивы

Операции с указателями: **вычитание однотипных указателей**
Результатом вычитания является целое число (как положительное, так и отрицательное), показывающее количество блоков памяти между двумя указателями. Под блоком памяти, напоминаем, понимается размер типа указателя.

```
1  short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
2  short *p1 = vec, *p2 = &vec[3];
3
4  int diff = p2 - p1;
5  // Печатает 3
6  printf("От начала массива до последнего "
7         "элемента поместились ещё %d эл-ов\n",
8         diff);
9
10 diff = p1 - p2;
11 // Печатает -3
12 printf("А так: %d\n",  diff);
```

# Указатели

В отличие от переменных, можно объявлять **указатель на тип void**.

1. Указателю на **void** может быть присвоено значение любого другого указателя
2. Указатель на **void** может быть присвоен любой другой указатель только с использованием **явного приведения типа** (про приведение - два слайда ниже).
3. Для указателей на **void** запрещены операции **разыменования**, **индексации** и **вычитания указателей**.

```
1 short vec[4] = {4, 3, 5, 55};
2 short *p1 = vec, *p2;
3
4 void *pv1 = p1;
5 p2 = (short *) pv1;
```

# Явное приведение значений разных типов в C

# Неявные приведения

В арифметических операторах целое значение приводится к действительному типу тогда и только тогда, когда вещественным является один из операндов.

```
1  int i1 = 5, i2 = 9;
2  double d1 = 2.0;
3
4  double result = (i2 / i1) * d1;
5  printf("Результат (1): %lf\n", result);
6  // Будет выведено 2.0
7
8  result = (i2 / d1) * i1;
9  printf("Результат (2): %lf\n", result);
10 // Будет выведено 22.5
11
12 int tot_part = result;
13 printf("Целая часть равна: %d", tot_part);
14 // Будет выведено 22
```

# Явные приведения

Значения могут быть приведены к другому типу явно. Общий синтаксис:

```
( <тип> ) <значение>;
```

Пример с численными типами

```
1 double rate = 34.505;
2 int scale = 6;
3
4 int tot_rate = (double) rate;
5 double real_scale = (int) scale;
```

# Явные приведения

Более полезный случай использования явного приведения - преобразование указателей

```
1  double rate = 34.505;
2  int scale = 6;
3
4  double *d_pointer = &rate;
5  int *i_pointer = &scale;
6
7  char *b_pointer;
8
9  b_pointer = (char*) d_pointer;
10 printf("Первый байт rate равен %d", *b_pointer);
11
12 b_pointer = (char*) i_pointer;
13 printf("Первый байт scale равен %d", *b_pointer);
```

# Как текст представлен в C?

# Символьный тип

- **char** - ещё один фундаментальный тип данных в языке C
- Используется для хранения одиночных символов. Сами символы указываются в **одинарных** кавычках, например: 'a', 'b', 'd', '4', '%', '!'
- Символы хранятся в виде **целых чисел**. Фактически, **char** является ещё одним целочисленным типом
- Это единственный тип, размер которого ограничен стандратом языка. Размер **char** **всегда** равен 1 байту
- Но всё просто не бывает: стандарт не обговаривает, должен ли тип **char** быть знаковым или беззнаковым
- Существуют специальные символы, которые в текстовом виде представлены более чем одним знаком: '\n', '\t', '\r'
- Также стандартом определены беззнаковый **unsigned char** и знаковый **signed char** типы

# Символы и кодировка

**Кодировка** - специальная таблица, связывающая каждый символ с соответствующим ему целым числом
Базовая для ЭВМ - **ASCII**. Как правило, входит в любую другую расширенную кодировку. Основные характеристики

- 128 символов
- целочисленные коды: от нуля до 127
- каждый символ занимает один байт
- Включает в себя все цифры, буквы английского алфавита в нижнем/верхнем регистрах и некоторые другие символы (тильда, процент, '@', решётка и т.п.)
- Коды букв и цифр - идут последовательно

# Символьный тип

```
1  char symbol = '%';
2  putchar(symbol); // печатаем знак процента
3
4  symbol = '#'; // знак переноса строки
5  printf("\nВыводим символ %c %c и ещё раз: %c\n",
6          symbol, '\n', symbol);
7
8  // А поскольку char — целочисленный:
9  symbol = '5';
10 symbol += 2;
11
12 // Выводим на экран семёрку
13 putchar(symbol);
```

# Символьный тип

```
1  char sym = '5';
2  printf("Значение sym: %c\n", sym);
3
4  printf("Код sym: %d", sym);
5
6  int is_less = '2' < '5';
7  // Переменная is_less здесь равна 1
8
9  // Печать всех букв английского алфавита
10 sym = 'a';
11
12 while (sym <= 'z') {
13   printf("%c ", sym);
14   ++sym;
15 }
```

# Символы и кодировка

Ещё одна кодировка, про которую полезно знать:
**UTF8**

- символ может состоять от 1 до 4 байт (следовательно, от 8 до 32 бит)
- вводится понятие "code point равное 1 байту (8 битам) символа
- включает в себя все возможные региональные алфавиты
- Коды от 0 до 127 совпадают с кодировкой ASCII

# C-строки

**Строка в C** - это одномерный массив значений типа **char**, последним символом которой считается специальный нулевой символ (он же - символ окончания строки): \0 (целочисленный код - 0). Обратите внимание, символ конца строки **не обязан совпадать** с последним элементом массива.

```
1  char phrase1[] = "Первая строка!";
2  // puts – функция из stdio.h для
3  // вывода строки на консоль
4  puts(phrase1);
5
6  char phrase2[] = { 'A', 'B', 'C', '\0' };
7  printf("Второй символ в phrase2: %c",
8         phrase2[1]);
9
10 // Массив, который пока строкой не является
11 char test_str[15];
```

# С-строки. Ввод с консоли

```
1 char word[21];
2
3 printf("Введите слово: ");
4 scanf("%20s", word);
```

Три ключевые особенности ввода:

1. "**%20s**"у **scanf** означает ввод строки (до первого пробела или переноса), с ограничением максимальной длины в 19 символов (байт). Хотя размер введённой строки может быть и меньше
2. Символ окончания строки проставляется функцией по умолчанию (если длина группы символов более 20 штук, то в **phrase** попадёт только 19 из них и двадцатым будет поставлен символ окончания строки)
3. Поскольку переменная-массива **phrase** фактически хранит адрес первого элемента, знак **&** в **scanf** указывать не нужно

# C-строки. Ввод с консоли

Безопасный ввод строки

`fgets(str, max_chars, stream_pointer)`

1. **str** - массив типа **char**, куда будут сохранена вводимая строка
2. **max_chars** - целое число, обозначающее **максимальное число символов**, которые будут сохранены в **str**
3. **stream_pointer** - указатель на структуру, ассоциированную с вводом текста. Для терминала это всегда переменная **stdin**, которая определена в **<stdio.h>**

```
1 const size_t SZ = 140;
2 ...
3 char phrase[SZ];
4
5 printf("Введите фразу: ");
6 fgets(phrase, 140, stdin);
```

# Работа с текстом в C с помощью стандартной библиотеки

# Работа с текстом. Стандартная библиотека

Библиотека языка C для работы со строками:

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

Получение длины строки **в байтах**

```
size_t strlen(const char* str)
```

```c
char text[] = "A string";
// На экране покажется число 8
printf("Длина строки: %lu", strlen(text));

char text2[] = "Строка на русском";
/*
   А здесь — зависит от ОС и её локальных
   настроек. В русскоязычных Windows 7, 8,
   10 — скорее всего покажет длину равную 17.
   В современных ОС, основанных на Linux,
   наиболее вероятное значение — 32
*/
printf("Длина строки: %lu", strlen(text2));
```

Посимвольное сравнение строк

```
int strcmp(const char *first,
           const char *second)
```

Функция возвращает:

1. значение $<$ **0** - первый несовпадающий символ в строке **first** меньше, чем в строке **second**;
2. значение $==$ **0** - все символы в обоих строках совпадают;
3. значение $>$ **0** - первый несовпадающий символ в строке **first** больше, чем в строке **second**;

Сравнение идёт с начала строк и до тех пор, пока в одной из них не встретится символ окончания строки. Фактически сравниваются целочисленные коды каждого символа (байта).

Сравнение строк

```
1 char str1[] = "Единица",
2      str2[] = "единица",
3      str3[] = "Единица";
4
5 printf("Сравнение str1 и str2: ")
6 printf("%d", strcmp(str1, str2));
7
8 printf("Сравнение str1 и str3: ");
9 printf("%d", strcmp(str1, str3));
```

Сравнение строк

```
1 char key_color[] = "оранжевый", answer[50];
2
3 do {
4   printf("\nУгадайте цвет: ");
5   scanf("%49s", answer);
6 } while ( strcmp(key_color, answer) != 0 );
7
8 puts("Правильный ответ!");
```

Возможный вывод программы:

```
Угадайте цвет: красный
Угадайте цвет: жёлтый
Угадайте цвет: оранжевый
Правильный ответ!
```

Посимвольное сравнение начальных фрагментов строк

```
int strncmp(const char *first,
            const char *second,
            size_t count)
```

Сравнение идёт с начала и до тех пор, пока в одной из строк не встретится символ окончания строки, **либо** не закончится сравнение **count** символов из каждой.

Посимвольное сравнение начальных фрагментов строк

```
1  char str1[] = "12 причин для роста",
2       str2[] = "12 отговорок от учёбы",
3
4  if ( strncmp(str1, str2, 2) == 0 ) {
5    puts("Обе строки начинаются с числа 12.");
6  }
7
8  // Как переносимым образом сравнивать
9  // фрагменты с текстом, отличным от ASCII
10 if ( strncmp(str1, str2, strlen("12 причин")↩
       ) != 0 ) {
11   puts ("Но не с 12 причин.")
12 }
```

Копирование строки

```
char* strcpy(char *dest, const char *source)
```

- Функция копирует строку **source** в строку **dest**
- Функция возращает указатель на строку **dest**. Как правило, возращаемое значение игнорируется
- Копируются **все** символы из строки, включая и завершающий *символ окончания строки*
- Следить за размером строк следует самостоятельно!

```
1 char source[] = "Даже такой пример имеет ↩
    смысл!";
2 char dest[70];
3 strcpy(dest, source);
4
5 printf("Строка из dest: %s\n", dest);
6 printf("А её длина: %lu", strlen(dest));
```

Копирование фрагмента строки

```
char* strncpy(char        *dest,
              const char  *source,
              size_t      count)
```

- **count** - целое безнаковое число, количество символов которое копируется в **dest**
- Если длина копируемой строки меньше, чем указано в аргументе **count**, то оставшиеся символы (байты) заполняются нулями
- Если длина копируемой строки больше, чем указано в аргументе **count**, то в строку **dest** не добавляется символ окончания '\0'

Копирование фрагмента строки

```
1 char source[] = "Просто длинная строка";
2 const size_t LEN = strlen("Просто длин");
3
4 char dest[LEN];
5 strncpy(dest, source, LEN);
6
7 printf("Фрагмент строки: %s", dest);
```

Добавление одной строки в другую (склеивание строк)

```
char* strcat(char *dest, const char *source)
```

- Функция добавляет строку **source** в конец строки **dest**
- Функция возвращает указатель на строку **dest**. Как правило, возвращаемое значение игнорируется
- Завершающий *символ окончания строки* переносится в конец объединённой строки
- Следить за размером строк - самостоятельно

Добавление одной строки в другую

```
1 char message[140];
2
3 strcat(message, "Эти строки ");
4 strcat(message, "были объеденены ");
5 strcat(message, "с помощью четырёх ");
6 strcat(message, "вызовов функции strcat.");
7
8 puts(message);
```

# Работа с текстом. Стандартная библиотека

Добавление начального фрагмента одной строки в другую

```
char* strncat(char       *dest,
              const char *source,
              size_t     count)
```

- Функция добавляет **count** символов из строки **source** в конец строки **dest**
- Функция возвращает указатель на строку **dest**. Как правило, возвращаемое значение игнорируется
- Завершающий *символ окончания строки* переносится в конец объединённой строки
- Если длина строки **source** меньше, чем аргумент **count**, то добавляются только символы до '\0'

Добавление начального фрагмента одной строки в другую

```
1  char part1[] = "Здесь должно быть ",
2       part2[] = "сообщение не доставлено";
3
4  char str[50];
5
6  strcat(str, part1);
7  strncat(str, part2, strlen("сообщение"));
8
9
10 printf("Итоговая строка: \"%s\"", str);
```

Поиск первого вхождения символа в строке

```
char* strchr(const char *str, int character);
```

- Функция ищет символ **character** в строке **str**
- Функция возвращает указатель на **первый** найденный символ
- Если совпадения не найдено, возвращается **NULL**
- Несмотря на то, что второй аргумент передаётся как значение типа **int**, фактически внутри функции оно приводится к типу **char**
- Из предыдущего пункта следует *правило хорошего тона*: **strchr** должна использоваться **только** для символов из кодировки ASCII

Поиск первого вхождения символа в строке

```
1  char text[] = "Скажи-ка, дядя, ведь не даром\n"
2                "Москва, спалённая пожаром,\n"
3                "Французу отдана?\n"
4                "Ведь были ж схватки боевые,\n"
5                "Да, говорят, ещё какие!\n"
6                "Недаром помнит вся Россия\n"
7                "Про день Бородина!\n";
8  printf("Ищем все запятые в тексте\n%s\n", text);
9  puts("-----------------------------------");
10
11 char *p_space = strchr(text, ',');
12 while ( p_space != NULL) {
13   int place = p_space - text + 1;
14   printf("',' найдена на %d месте\n", place);
15   // Поиск продолжается с первого символа,
16   // идущего после ','
17   p_space = strchr(p_space + 1, ',');
18 }
```

Поиск подстроки (фрагмента)

```
char* strstr(const char *where,
             const char *what);
```

- **where** - строка, внутри которой ищется фрагмент **what**
- Если совпадение найдено, то есть фрагмент **what** присутствует в **where**, возвращается указатель на его первый символ. Указатель содержит адрес элемента из **исходной строки**
- Если совпадения не найдено (фрагмент **what** не присутствует в строке **where**), возвращается **NULL**

# Работа с текстом. Стандартная библиотека

Поиск подстроки: замена слова "было"на некоторое количество символов решётки (#)

```
1  char text[] = "Что делать? Что знать? Что ↩
       получится?";
2  const size_t SZ = strlen("Что");
3  char sharps[SZ + 1];
4  for (size_t i = 0; i < SZ; ++i) {
5    sharps[i] = '#';
6  }
7  sharps[SZ] = '\0';
8
9  printf("Исходный текст: \n%s\n\n", text);
10 char *p_str = strstr(text, "Что");
11 while (p_str != NULL) {
12   strncpy(p_str, sharps, SZ);
13   p_str = strstr(p_str + SZ + 1, "Что");
14 }
15 printf("Итоговый текст: \n%s\n\n", text);
```