Практикум на ЭВМ
Указатели. Динамическое выделение памяти.

Баев А.Ж.

Казахстанский филиал МГУ

09 сентября 2020

План

Указатели. Взятие адреса.

& — взятие адреса

```
1     int a = 5;
2     printf("%p\n", &a); //0x10002000
```

Указатели. Переменная типа адрес.

Размер указателя зависит от ОС: для 32-битной системы будет равен 4 байта, для 64-битной — 8 байт.

```
1   int *int_pointer;
2   char *string;
3   void *ptr;
```

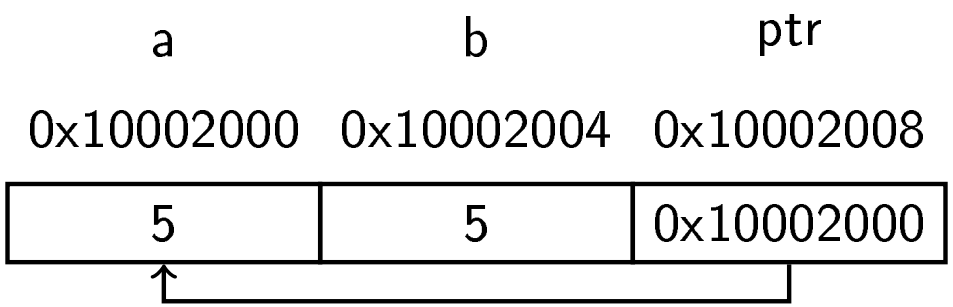
Указатель

```
1   int a = 5;
2   int *ptr = &a;
```

имя	a	ptr
адрес	0x10002000	0x100020004
значение	5	0x10002000

Указатели. «Косвенное» обращение к переменной

```
1    int a = 5, b;
2    int *ptr = &a;   //ptr = 0x10002000
3    b = *ptr;        //b = 5
```

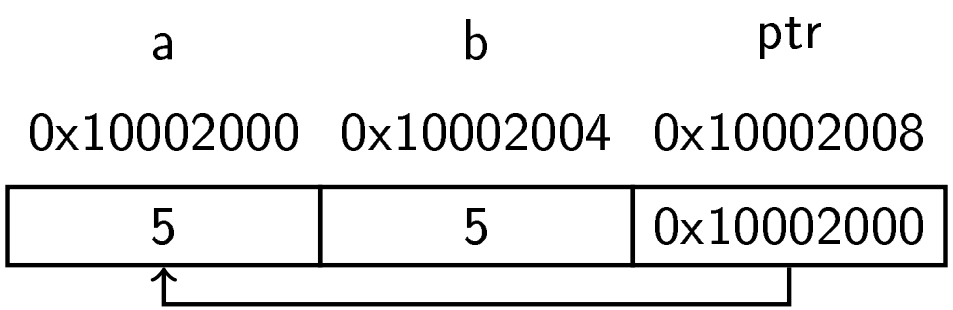


Указатели. Зачем нужно указывать тип указателя №1

```
1    char a = '+';
2    char *ptr = &a;
3    size_t n = sizeof(*ptr);
4    size_t k = sizeof(ptr);
```

Указатели. «Косвенное» изменение переменной

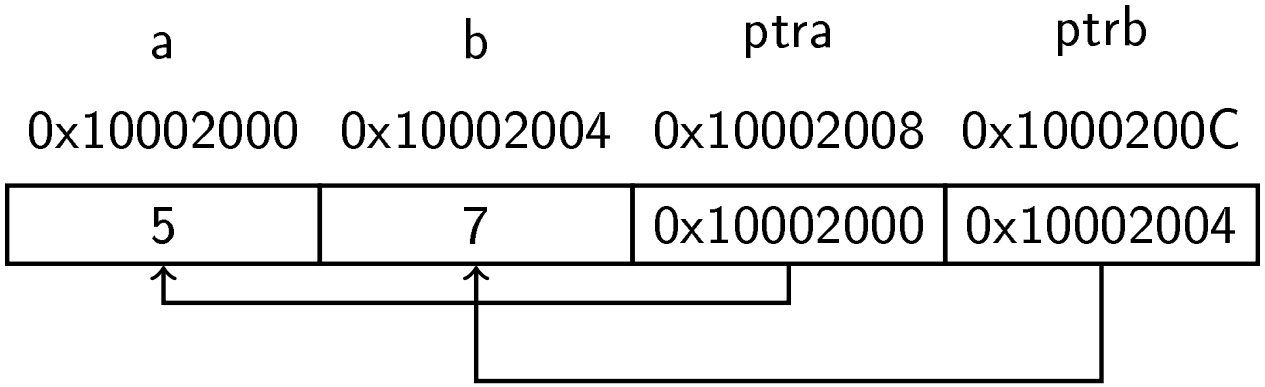
```
1    int a = 7, b = 5;
2    int *ptr = &a;   //ptr = 0x10002000
3    *ptr = b;        //a = 5
```



Указатели. Приоритет

Приоритет выше арифметических операторов:

```
1    int a = 5;
2    int b = 7;
3    int *ptra = &a, *ptrb = &b;
4    *ptra = *ptra + *ptrb;          // a = a + b
5    printf("%d␣%d\n", a, b);        // 12 7
```



Указатели. Приоритет

Приоритет ниже инкремента.

```
1  int a = 5;
2  int *ptr = &a;
```

Что будет?

```
1  (*ptr)++;
```

```
1  *(ptr++);
```

```
1  *ptr++;
```

Указатели. Самая любимая ошибка

Разыменовывать можно только указатели, в которых хранятся адреса существующей памяти (переменных).

```
1     int *ptr;
2     *ptr = 5;
```

Что будет?

Указатели. Два золотых правила работы с указателями

1) Инициализировать указатели сразу при создании. Если необходимо объявить указатель, который пока никуда не указывает, его следует присвоить нулевому указателю с помощью специальной константы NULL.

```
1    int *ptr = NULL;
```

2) перед попыткой его разыменовать, проверять можно ли так делать.

```
1    int a = 5;
2    int *ptr = NULL;
3    if (ptr != NULL)                    // False
4        printf("%d\n", *ptr);
5    ptr = &a;
6    if (ptr != NULL)                    // True
7        printf("%d\n", *ptr);
```

Указатели. Два почти тождества

- `*(&a) == a` — верно всегда;
- `&(*a) == a` — верно, только если a — указатель на существующую переменную.

Указатели. Зачем нужно указывать тип указателя №2

Смещение на соседние ячейки:

```
1     int a = 10;
2     int *ptr = &a;
3     ptr++;
4     --ptr;
5     ptr += 4;
6     ptr = ptr - 4;
```

Величина сдвига определяется из типа указателя (т.е. на `sizeof(тип)`)

Указатели на массивы

Пример на массивах.

```
1    char s[] = "math";
2    char *ptr = s;
```

Сколько здесь использовано памяти? Где она находится?

Указатели на массивах

```
1    *ptr = 'p';          // 'p', 'a', 't', 'h', '\0'
```

Чтобы изменить

```
1    *(ptr + 2) = 'l'; // 'p', 'a', 'l', 'h', '\0'
2    *(ptr + 3) = 'm'; // 'p', 'a', 'l', 'm', '\0'
```

Указатели. Еще одно тождество

В общем виде для массива a[] верно следующее соотношение:

```
1    a[i] == *(a + i);
```

Данное соотношение приводит еще к одному интересному соотношению:

```
1    &a[i] == &(*(a + i)) == a + i;
```

Указатели. Полезное применение

Для считывания массива:

```
1    int a[5], i;
2    for (i = 0; i < 5; i++) {
3        scanf("%d", a + i);
4    }
```

С помощью указателя можно распечатать строку без индексирования строки как массива, передвигая указатель:

```
1     char s[5] = "math";
2     char *ptr;
3     for (ptr = s; *ptr; ptr++) {
4         putchar(*ptr);
5     }
```

Указатели. Бесполезное применение

```
1    a[i] == i[a];
```

Как следствие

```
1    char a[] = "math";
2    2[a] = 's';
3    puts(a);
```

Динамическая память.

Статическая память — стек.
Динамическая память — куча.

Динамическая память.

```
1   #include <stdlib.h>
```

Выделение непрерывной области памяти заданного размера n байт:

```
1   void *malloc(size_t n)
```

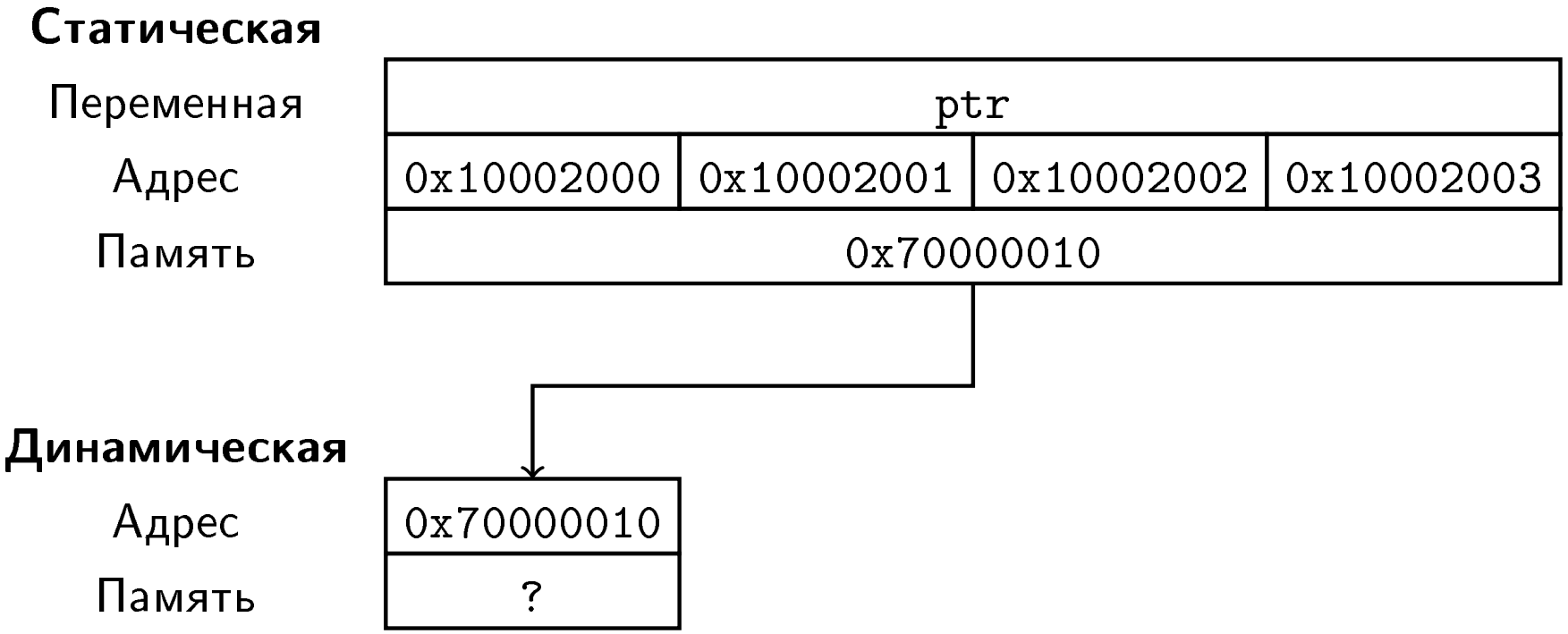
Освобождение памяти:

```
1   void free(void *ptr);
```

Золотое правило — кто создает, тот и чистит.

Динамическая память. Один байт.

```
1    char *ptr;
2    ptr = malloc(1);
```



Динамическая память. Много байт.

```
1       int *ptr = malloc(10 * sizeof(int));
2       ptr[8] = 8;
3       *(ptr + 9) = 9;
```

Динамическая память. Плоский код

Сгенерировать массив из 10 целых чисел от 1 до 10.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main() {
5      int n = 10, i;
6      int *ptr = malloc(n * sizeof(int));
7      for (i = 0; i < n; i++)
8          ptr[i] = i + 1;
9      for (i = 0; i < n; i++)
10         printf("%d␣", ptr[i]);
11     free(ptr)
12     return 0;
13 }
```

Динамическая память. Процедурный код

```
 1 int *generate(int n) {
 2     int i, *ptr = malloc(n * sizeof(int));
 3     for (i = 0; i < n; i++)
 4         ptr[i] = i;
 5     return ptr;
 6 }
 7 void print(int n, int *ptr) {
 8     int i;
 9     for (i = 0; i < n; i++)
10         printf("%d␣", ptr[i]);
11 }
12 int main() {
13     int *ptr = generate(5);
14     print(5, ptr);
15     free(ptr);
16     return 0;
17 }
```

Динамическая память. Нужно больше функций

```
1 void *calloc(size_t n, size_t size);
```

Выделяет массив из `n` элементов, каждый из которых имеет размер `size` байт (всего `n*size` байт).

```
1 void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

1. если можно, то расширить массив, иначе выделить новую память размером `size`;
2. при необходимости скопировать элементы из исходного массива во второй (из памяти под указателем `ptr` в память под указателем `new_ptr`);
3. очистить исходную память (под указателем `ptr`).

Динамическая память. Скорость работы.

Работает быстрее чем вы думаете! Почему?

```
1     char *ptr = NULL;
2     for (size_t n = 1; n <= 1000000; n++) {
3         ptr = realloc(ptr, n);
4     }
```

Динамическая память vs статическая память.

1. именованные переменные.
2. время жизни.
3. место для памяти.
4. возможность узнать размера массива.
5. размер массива: `n * sizeof(type)` и `n * sizeof(type) + sizeof(type*)`.
6. представление матриц.

Пример. Простые числа.

Дано целое число n от 1 до 100. В динамический массив записать все простые числа, которые не превосходят n. Вывести количество простых чисел и сами числа по возрастанию.

Ввод	8	2
Вывод	4 2 3 5 7	0

Пример. Простые числа.

```
1  int main() {
2      int* ans = NULL;
3      int m = 0, i, n, size;
4      scanf("%d", &n);
5      for (i = 2; i <= n; i++)
6          if (isprime(i)) {
7              size = (m + 1) * sizeof(int);
8              ans = realloc(ans, size);
9              ans[m] = i;
10             m++;
11         }
12     printf("%d\n", m);
13     for (i = 0; i < m; i++)
14         printf("%d␣", ans[i]);
15     putchar('\n');
16
17     if (ans != NULL)
18         free(ans);
```

Пример. Фильтрация массива.

Дано целое положительное n. Далее n целых чисел. Вывести только четные числа.

Ввод	3 14 11 12
Вывод	14 12

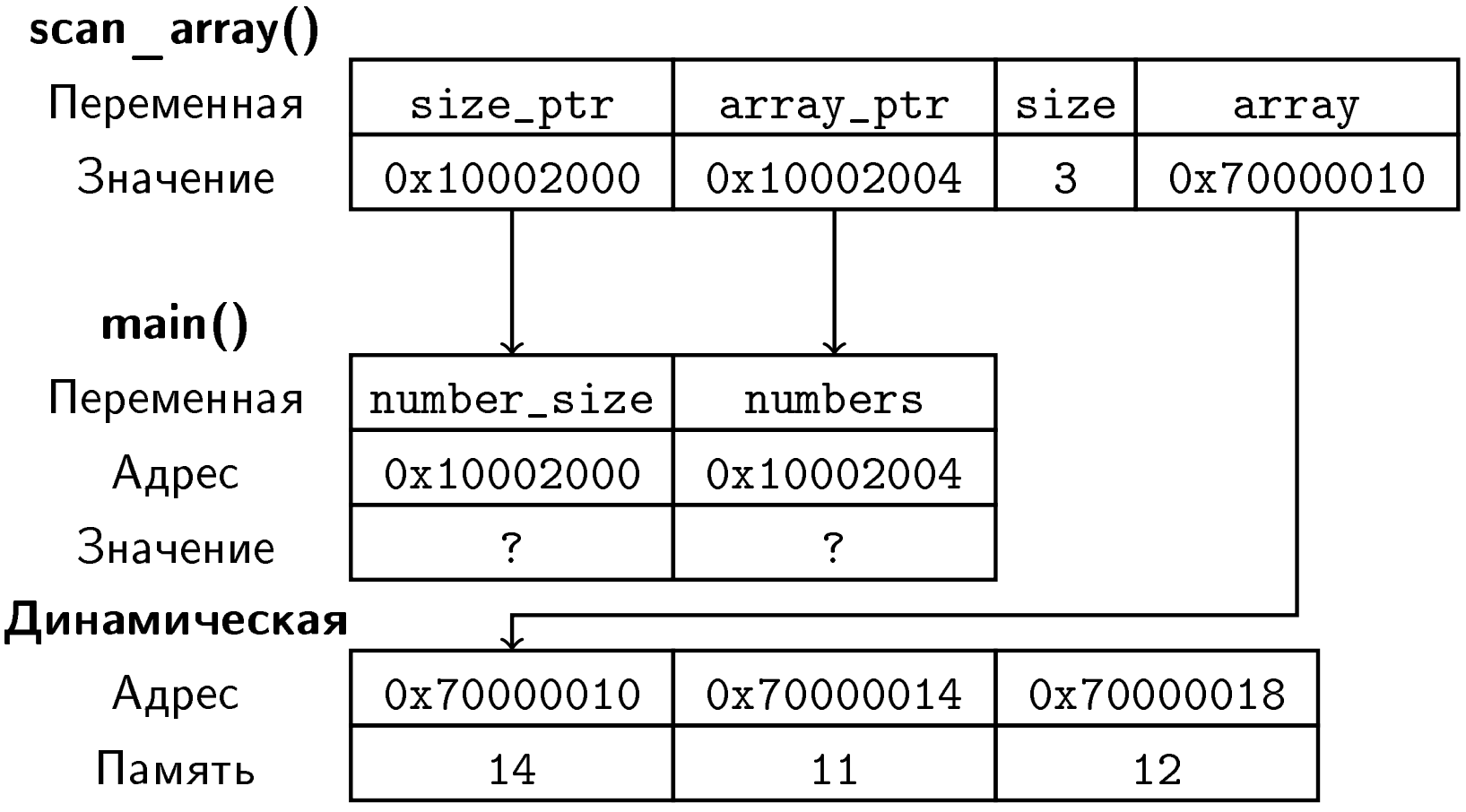
Описать функции без возвращаемого значения.

```
1  int main() {
2      int *numbers, *even_numbers;
3      int number_size, even_size;
4      scan_array(&number_size, &numbers);
5      even_filter(number_size, numbers,
6                  &even_size, &even_numbers);
7      free(numbers);
8      print_array(even_size, even_numbers);
9      if (even_numbers != NULL)
10         free(even_numbers);
11     return 0;
12 }
```

Пример. Считать массив.

```
 1  void scan_array(int *size_ptr, int **array_ptr) {
 2      int *array = NULL, size, i;
 3      scanf("%d", &size);
 4      array = malloc(size * sizeof(int));
 5      for (i = 0; i < size; i++)
 6          scanf("%d", &array[i]);
 7
 8      *size_ptr = size;
 9      *array_ptr = array;
10  }
```

Пример. Считать массив.



Пример. Отфильтровать массив.

```
1  void even_filter(int src_size,
2                   int *src_array,
3                   int *dst_size_ptr,
4                   int **dst_array_ptr) {
5      int i;
6      int *array = NULL;
7      int size = 0, bytes;
8      for (i = 0; i < src_size; i++)
9          if (src_array[i] % 2 == 0) {
10             bytes = (size + 1) * sizeof(int);
11             array = realloc(array, bytes);
12             array[size] = src_array[i];
13             size++;
14         }
15     *dst_size_ptr = size;
16     *dst_array_ptr = array;
17     return;
18 }
```

Пример. Полезный

Дана строка из слов. Слова разделены пробелами, каждое слово состоит из печатных символов, отличных от пробела, табуляции и переноса строки. Считать каждое слово в динамический массив. Вывести слова.

```
1 char *get_word(char *last_char_ptr);
```

Пример. Полезный

```
1  char *get_word(char *last_char_ptr) {
2      char delimiter = ' ', final = '\n';
3      char *word = NULL, ch;
4      int n = 0, bytes;
5
6      ch = getchar();
7      while (ch != delimiter && ch != final) {
8          bytes = (n + 1) * sizeof(char);
9          word = realloc(word, bytes);
10         word[n] = ch;
11         n++;
12         ch = getchar();
13     }
14     bytes = (n + 1) * sizeof(char);
15     word = realloc(word, bytes);
16     word[n] = '\0';
17     *last_char_ptr = ch;
18     return word;
```

Пример. Полезный

```
1  int main() {
2      char last_char = '\0';
3      char *word = NULL;
4      word = get_word(&last_char);
5      while (last_char != '\n') {
6          puts(word);
7          free(word);
8          word = get_word(&last_char);
9      }
10     return 0;
11 }
```

Динамическая память. Еще раз об ошибке сегментации

```
1     int *ptr = malloc(10);
2     ptr[9] = 0;
```

Может и не произойти. Массивы выделяются со смещением по степеням двойки.

Динамическая память. Еще раз об ошибке сегментации

```
1     int *ptr = malloc(10);
2     ptr[9] = 0;
```

Может и не произойти. Массивы выделяются со смещением по степеням двойки. Средство борьбы — санитайзеры.

Динамическая память. Совсем плохо

```
1       int a = 5, b = 7;
2       int *ptr = &a;
3       *(ptr + 1) = 6
```

Строки

Строка в языке C — массив из ascii-символов, который заканчивается нулевым символом '\0':

```
1    char s1[] = "math";
2    char s2[] = {'m', 'a', 't', 'h', '\0'};
3    char s3[] = {109, 97, 116, 104, 0};
```

Константные строки оператором присваивать можно только при инициализации, то есть такая запись будет ошибочной:

```
1    char s[7];
2    s = "math";
```

Работа со строками ничем не отличается от массива с нулевым символов в конце.

Функции работы со строками

Библиотека «stdio.h»

```
1    int printf("%s", str);
2    int puts(const char *s);
3    int fputs(const char *s, FILE *stream);
```

Введем "the math"

```
1    int scanf("%s", s); //unsave
2     t  h  e \0  ?  ?  ?  ?  ?  ?
3
4    char *gets(char *s); //unsave
5     t  h  e     m  a  t  h \0  ?
6
7    char *fgets(char *s, int size, FILE *stream);
8     t  h  e     m  a  t  h \n \0
```

Функции парные.

Функции работы со строками

Библиотека «ctype.h»

```
1   int isdigit(int c);
2   int isalpha(int c);
3   int islower(int c);
4   int isupper(int c);
5   int isalnum(int c);
6   int isgraph(int c);
7   int isprint(int c);
8   int ispunct(int c);
9   int isspace(int c);
10  int tolower(int c);
11  int toupper(int c);
```

Функции работы со строками

Библиотека «string.h»

```
1   size_t strlen(const char *s);
2   int strcmp(const char *s1,
3              const char *s2);
4   int strncmp(const char *s1,
5               const char *s2,
6               size_t n);
7   char *strcpy(char *dest,
8                const char *src);
9   char *strncpy(char *dest,
10                const char *src,
11                size_t n);
12  char *strstr(const char *haystack,
13               const char *needle);
14  void *memset(void *s, int c, size_t n);
```

Функции работы со строками

Что будет напечатано?

```
1     char a[] = "mechanics";
2     char b[] = "mathematics";
3     puts(strncpy(strstr(a, "a"), b, 4));
4     puts(a);
5     puts(b);
6     if (strcmp(a + 4, b) > 0)
7         puts("OK")
8     else
9         puts("NO");
```

Отладка в gdb

Компилируем

```
1    gcc prog.c -o prog -Wall -Werror -lm -g
```

Запускаем отладчик

```
1    gdb prog
```

Посмотрим код

```
1     list 1
```

Ставим точку останова (до которой программа будет выполняться в обычном режиме). Лучше ставить сразу после ввода.

```
1     break 6
```

Запускаем

```
1     run
```

Добавляем переменную наблюдения (можно несколько переменных)

```
1     display n
2     display ans
```

Делаем построчное выполнение (первый раз надо набрать команду целиком, потом просто Enter).

```
1     next
```

Выход

```
1     quit
```

Динамическая память. Санитайзер

```
1 -fsanitize=address,undefined
2 -fno-sanitize-recover=all
3 -fsanitize-undefined-trap-on-error
```

Makefile

```
1  CC=gcc
2  CFLAGS=-Wall -Werror -g -fmax-errors=2 \
3  -fsanitize=address,undefined  \
4  -fno-sanitize-recover=all \
5  -fsanitize-undefined-trap-on-error
6
7  all:
8      echo "run: make A"
9
10 %: %.c ~/cstyle.py
11     $(CC) $@.c -o $@ $(CFLAGS)
12     ~/cstyle.py $@.c
```