Технология программирования на ЭВМ
Динамические массивы

Баев А.Ж.

Казахстанский филиал МГУ

7 декабря 2019

Статическое выделение памяти

Как получить значения массива x вне функции f?

```
void f() {
    // allocate static memory for x
    int x[3];
    x[0] = 11;
    x[1] = 12;
    x[2] = 13;
    // free static memory for x
}

int main() {
    f();
    ???
    int c = x[1];
}
```

Динамическое выделение памяти

Цель 1: выделить и удалить память в любой функции.
Цель 2: выделить столько места, сколько нужно.

```
#include <stdlib.h>

void *malloc(size_t n);
void free(void *);
```

От английского «выделение памяти» (memory allocation).

Один байт

Выделить память

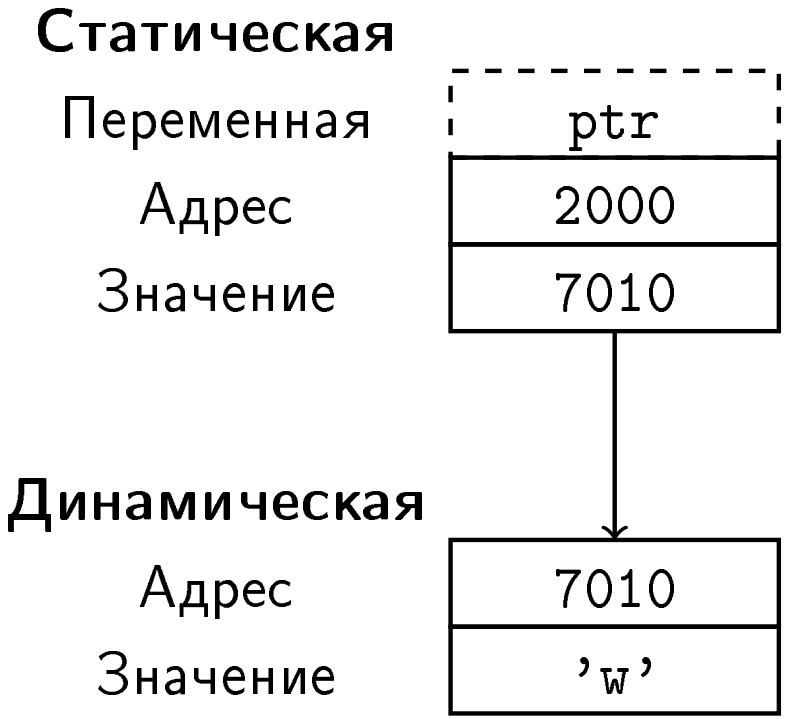
```
1 char *ptr;
2 ptr = malloc(1);
```

Записать значение

```
3 *ptr = 'w';
```

Очистить память

```
4 free(ptr);
```



Динамическое выделение памяти

Как получить значения массива x вне функции f?

```c
#include <stdlib.h>
int *f() {
    int *x;
    x = malloc(12); // allocate dynamic memory
    x[0] = 11;
    x[1] = 12;
    x[2] = 13;
    return x;
}
int main() {
    int *a = f();
    int c = a[1];
    free(a); // free dynamic memory
}
```

Динамическое выделение массивов

Сгенерировать динамический массив из 5 целых чисел типа int.

```
1     int *a = malloc(5 * sizeof(int));
```

Заполнить его цифрами от 10 до 14.

```
2     for (int i = 0; i < 5; i++)
3         a[i] = 10 + i;
```

Распечатать массив.

```
4     for (int i = 0; i < 5; i++)
5         printf("%d␣", a[i]);
```

Очистить память.

```
6     free(a);
```

Динамическая память. Процедурный код

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

Динамическая память. Нужно больше функций

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

1. изменяет размер массива `size` (может выделить новую память);
2. если новый размер больше старого, то добавляет ячейки с мусором, иначе отбрасывает лишние с конца;

Замечание: при *ptr* = *NULL* работает как *malloc*.

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    }
```

Отличия динамической и статической матрицы.

	статическая	динамическая
имена переменных	есть	нет
удаление	автоматическое (в конце блока)	ручное (free)
расположение	стек (stack)	куча (heap)
размер	`n * sizeof(type)`	`n * sizeof(type) + sizeof(type*)`

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

Пример. Простые числа.

```
1  void print(int n, int *a) {
2      for (int i = 0; i < n; i++)
3          printf("%d␣", a[i]);
4  }
5
6  int isprime(int n) {
7      if (n == 1)
8          return 0;
9      for (int d = 2; d < n; d++)
10         if (n % d == 0)
11             return 0;
12     return 1;
13 }
```

Пример. Обратный порядок

Дана последовательность целых чисел от 1 до 10^9. Ввод заканчивается нулём. Вывести их в обратном порядке.

Ввод	1 3 2 5 0
Вывод	5 2 3 1

Пример. Обратный порядок

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  int main() {
5      int *array = NULL, n = 0, value;
6      scanf("%d", &value);
7      while (value != 0) {
8          array = realloc(array, (n + 1) * sizeof(int));
9          array[n] = value;
10         n++;
11         scanf("%d", &value);
12     }
13
14     for (int i = n - 1; i >= 0; i--)
15         printf("%d␣", array[i]);
16
17     if (array)
18         free(array);
19     return 0;
20 }
```

Пример. Фильтрация массива.

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

Ввод	5 14 11 10 12 13
Вывод	14 10 12

Пример. Фильтрация массива.

Описать функции *scan*, *filter*, *print* без возвращаемого значения с таким интерфейсом:

```
1  int main() {
2      int *a, *b;
3      int n, m;
4      scan(&n, &a);
5
6      filter(n, a, &m, &b);
7      if (a != NULL)
8          free(a);
9
10     print(m, b);
11     if (b != NULL)
12         free(b);
13     return 0;
14 }
```

Пример. Считать массив.

```
1  void scan(int *n_ptr, int **a_ptr) {
2      int *array = NULL, size, i;
3      scanf("%d", &size);
4
5      array = malloc(size * sizeof(int));
6      for (i = 0; i < size; i++)
7          scanf("%d", &array[i]);
8
9      *n_ptr = size;
10     *a_ptr = array;
11 }
```

Пример. Отфильтровать массив.

```
1  void filter(int n, int *a,
2              int *m_ptr, int **b_ptr) {
3      int *b = NULL, m = 0;
4
5      for (int i = 0; i < m; i++)
6          if (a[i] % 2 == 0) {
7              b = realloc(b, (m + 1) * sizeof(int));
8              b[m] = b[i];
9              m++;
10         }
11
12     *m_ptr = m;
13     *b_ptr = b;
14 }
```

Пример. Динамический scanf

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. Динамический scanf

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

Пример. Динамический scanf

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

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
```

Динамическая память. Санитайзер

```
1 gcc prog.c -o prog -fsanitize=address,undefined
```

Статическая матрица — разложенный по строкам массив

Разложенная по строкам в виде массива (плотная упаковка).

В программе

```
int a[2][3];
a[0][0] = 1; a[0][1] = 2; a[0][2] = 3;
a[1][0] = 4; a[1][1] = 5; a[1][2] = 6;
```

В памяти

Статическая

Переменная	a					
Адрес	2000	2004	2008	2012	2016	2020
Значение	1	2	3	4	5	6

Динамические матрицы. Любимая плюшка линала

Перестановка строк!

```
1     for (int i = 0; i < 3; i++) {
2         tmp = a[0][i];
3         a[0][i] = a[1][i];
4         a[1][i] = tmp;
5     }
```

Динамические матрицы — массив массивов

Массив указателей на динамические массивы (неплотная упаковка).

Выделение (аллокация) памяти

```
1  int **a = malloc(2 * sizeof(int *));
2  a[0] = malloc(3 * sizeof(int));
3  a[1] = malloc(3 * sizeof(int));
```

Заполнение матрицы

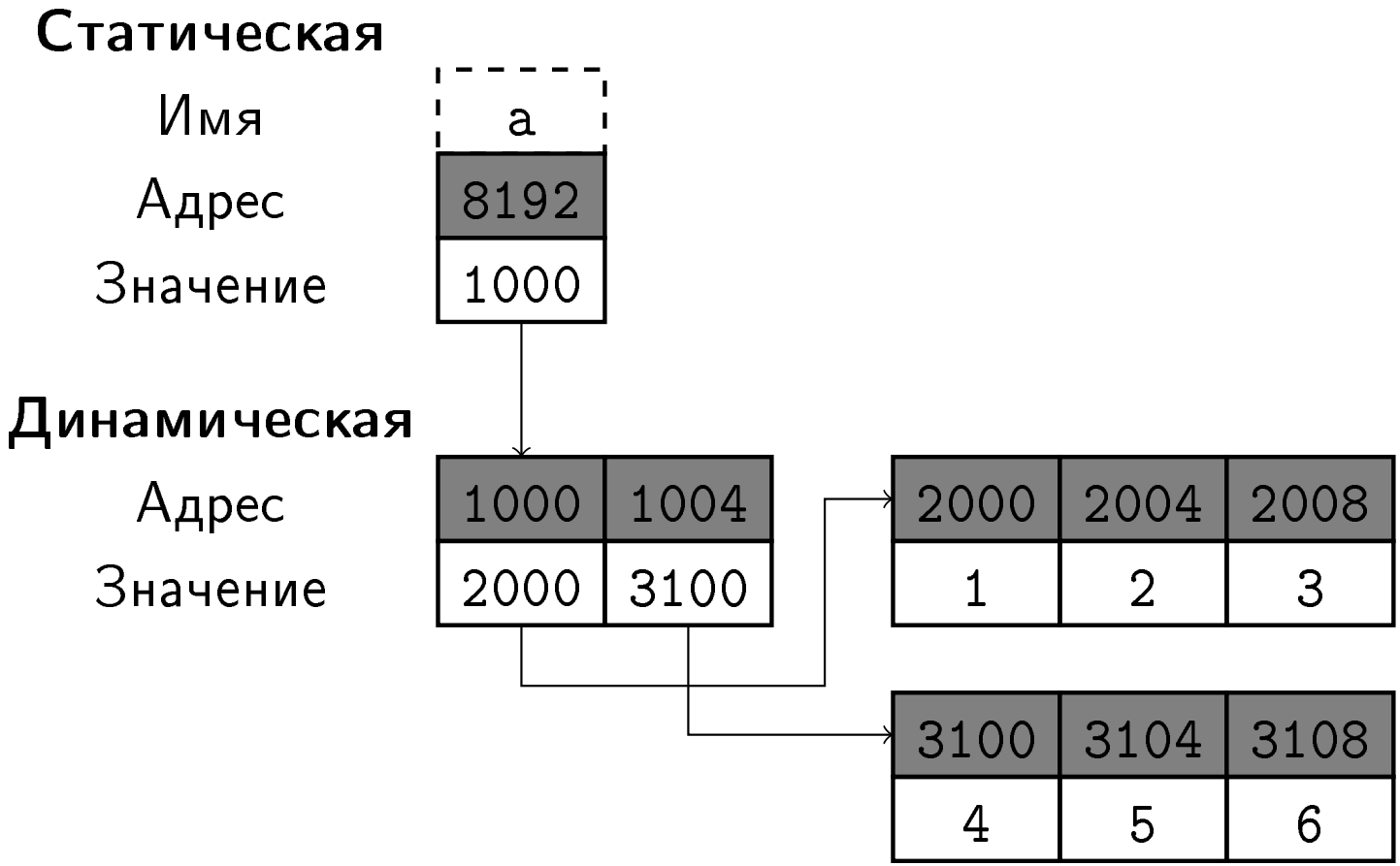
```
1  a[0][0] = 1; a[0][1] = 2; a[0][2] = 3;
2  a[1][0] = 4; a[1][1] = 5; a[1][2] = 6;
```

Очистка (освобождение) памяти

```
1  free(a[0]);
2  free(a[1]);
3  free(a);
```

Динамические матрицы — массив массивов

В памяти

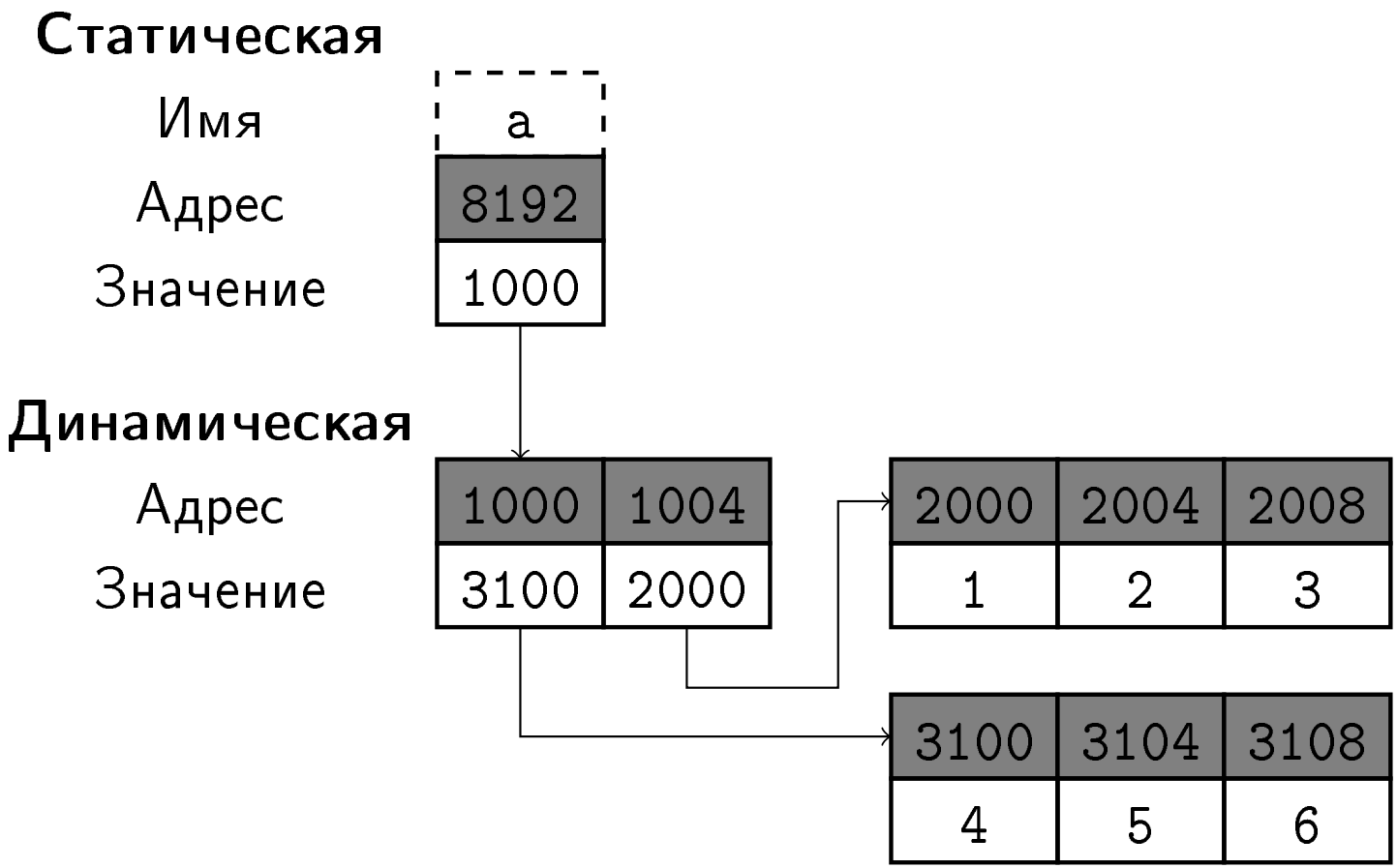


Динамические матрицы. Любимая плюшка линала

Перестановка строк!

```
1    int *tmp = a[0];
2    a[0] = a[1];
3    a[1] = tmp;
```

Динамические матрицы. Матрица 2x3



Отличия динамической и статической матрицы.

	статическая	динамическая
память (размер $n \times m$)	$n \cdot m \cdot s$	$n \cdot m \cdot s + (1 + n) \cdot p$
упаковка	плотно вся матрица	плотно отдельные строки
перестановка строк	O(n) действий	O(1) действий
размеры строк	одинаковые	не обязательно одинаковые

Единичная матрица.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  int main() {
4      int n, **a;
5      scanf("%d", &n);
6
7      a = malloc(n * sizeof(int *));
8      for (int i = 0; i < n; i++)
9          a[i] = malloc(n * sizeof(int));
10
11     for (int i = 0; i < n; i++)
12         for (int j = 0; j < n; j++)
13             if (i == j)
14                 a[i][i] = 1;
15             else
16                 a[i][j] = 0;
```

Единичная матрица.

```
17      for (i = 0; i < n; i++) {
18          for (j = 0; j < n; j++)
19              printf("%2d", a[i][j]);
20          putchar('\n');
21      }
22
23      for (i = 0; i < n; i++)
24          free(a[i]);
25      free(a);
26      return 0;
27  }
```