Практикум на ЭВМ
Динамические многомерные массивы. Динамические структуры.

Баев А.Ж.

Казахстанский филиал МГУ

02 октября 2019

Статические матрицы

```
1 int a[2];
2 int b[2][3][4];
```

Переменная a является указателем типа `int *`.
Переменная b является указателем типа `int (*)[3][4]`.

При передачи в функцию, статические массивы не передаются по значению — передаются соответствующие указатели. Следующие прототипы одинаковы:

```
1 void f(int array[2][3][4]);
2 void f(int (*array)[3][4]);
```

Почему можно опустить первую размерность?

Статические матрицы

Обратите внимание на круглые скобки.

```
1 int (*array)[3][4]
2 (int *) array[3][4]
3 int *array[3][4]
```

Статические матрицы — плотно упакованные

```
1  void *memset(void *s, int c, size_t n);
2  void *memcpy(void *dest, void *src, size_t n);
```

Инициализация всей матрицы.

```
1  #include <string.h>
2
3      const int n = 10, m = 20;
4
5      int A[n][m];
6      memset(A, 0, n * m * sizeof(int));
7
8      int B[n][m];
9      memcpy(B, A, n * m * sizeof(int));
10
11     int C[n * m];
12     memcpy(C, A, n * m * sizeof(int));
```

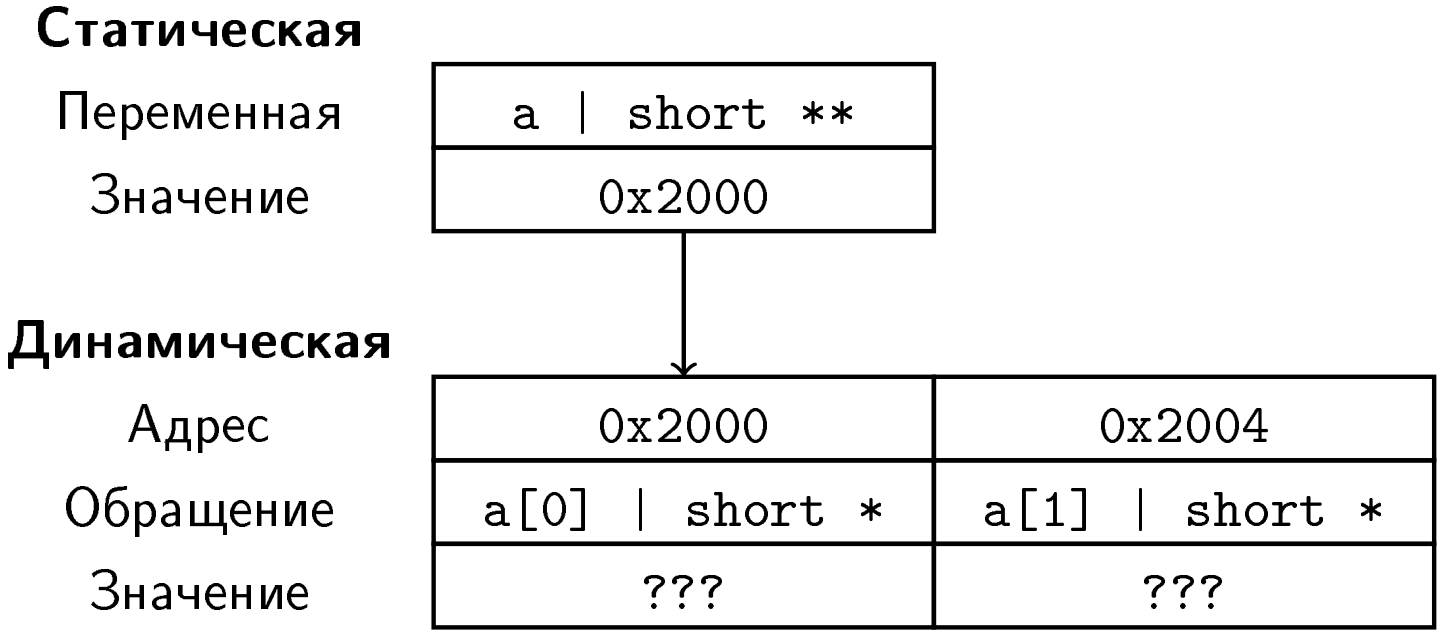
Динамические матрицы

1) уложить всю матрицу построчно в виде одного динамического массива (плотная упаковка);
2) создать дополнительный массив указателей на динамические массивы (неплотная упаковка).
Смотрим второе. Почему?

Динамические матрицы. Матрица 2x3

Каждая строка матрицы — динамический массив. Где хранить указатели на эти строки? Еще в одном динамическом массиве!

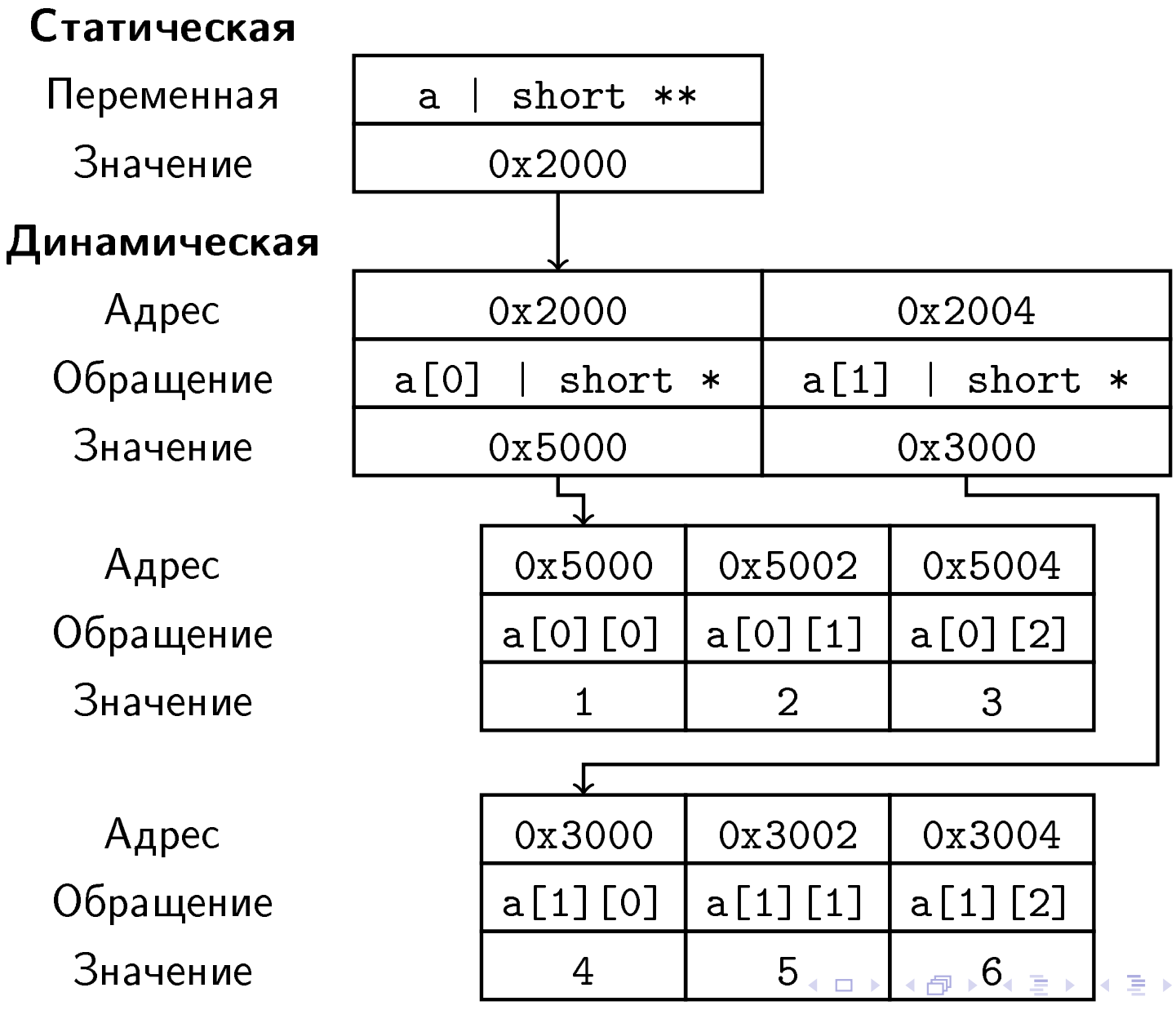
```
1    int **a = malloc(2 * sizeof(int *));
```



Динамические матрицы. Матрица 2x3

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

Динамические матрицы. Матрица 2x3



Динамические матрицы. Матрица 2x3

Очистка

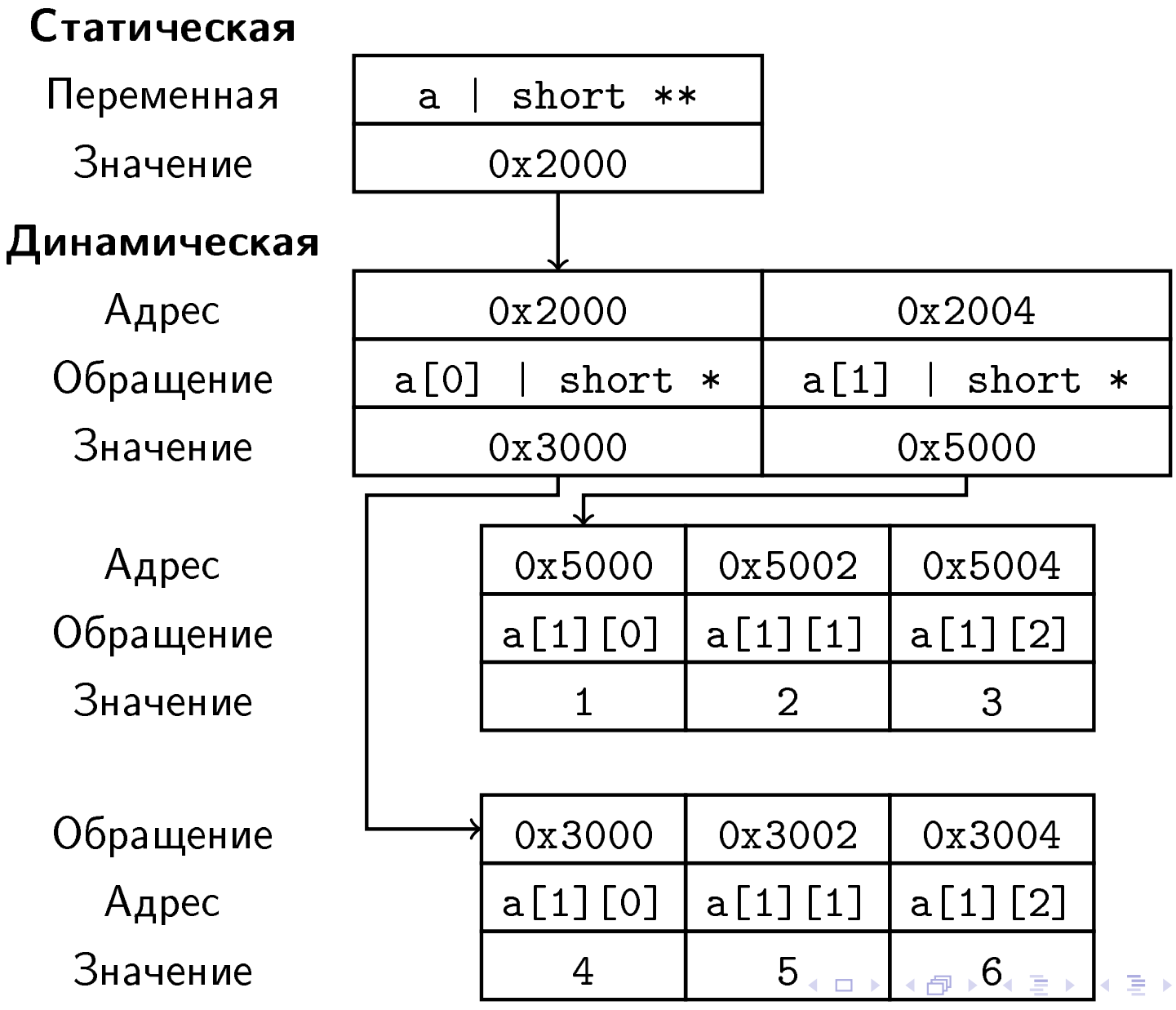
```
1     free(a[0]);
2     free(a[1]);
3     free(a);
```

Динамические матрицы. Любимая плюшка линала

Перестановка строк!

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

Динамические матрицы. Матрица 2x3



Отличия динамической и статической матрицы.

1. матрица размера $n \times m$, где каждый элемент имеет размер s, а указатель — размер p. В случае со статической памятью: $n \cdot m \cdot s$. В случае с динамической памятью: $(1 + n) \cdot p$ для указателей и $n \cdot m \cdot s$ для самой матрицы.
2. динамические матрицы хранятся кусками по строкам, а статические — цельном блоком. Перестановка строк $O(1)$.
3. размеры разных строк могут быть разными.

Подумать.

1. Какие присваивания допустимы между указанными переменными (среди всех возможных пар)?

```
1    int a[2][3];
2    int (*b)[3];
3    int *c[3];
4    int **d;
```

2. Динамическая матрица из 3×4. Строки и столбцы — динамические.
3. Динамическая матрица из 3×4. Строки — статические, столбцы — динамические.
4. Динамическая матрица из 3×4. Строки — динамические, столбцы — статические.

Аргументы командной строки.

```
1 $ gcc prog.c -o prog -Wall
2 $ ./prog sum 1 2.0 3e4
```

Здесь 4 аргумента:

```
1 int main(int argc, char** argv);
```

При запуске вашей программы, параметр argc будет содержать количество параметров командной строки, включая название программы (5).
Аргумент argv — это массив строк, которые сформированы из аргументов, включая название программы:

```
1 argv[0] == "./prog"
2 argv[1] == "sum"
3 argv[2] == "1"
4 argv[3] == "2.0"
5 argv[4] == "3e4"
```

Перевод строковых данных.

```c
#include <stdlib.h>

double atof(const char *nptr);
int atoi(const char *nptr);
long atol(const char *nptr);
long long atoll(const char *nptr);
```

```c
#include <stdio.h>

int sprintf(char *str, const char *format, ...);
```

Подумать.

1. Написать программу, которая печатает свой исходный код, при условии, что он лежит рядом и имеет такое же название (prog и prog.c).
2. Написать программу, которая печатает свой бинарный код.

Указатель на структуру.

Оператор звезда и точка или оператор стрелка.

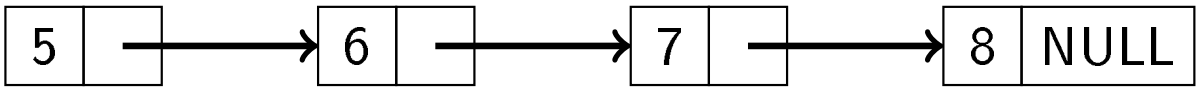
```
1  struct Point {
2      int x, y;
3  };
4  ...
5      struct Point point = {2, 3};
6      struct Point *ptr = &point;
7      (*ptr).x = 5;
8      ptr->y = 6;
```

Указатель на структуру.

Оператор «звезда и точка» или оператор «стрелка».

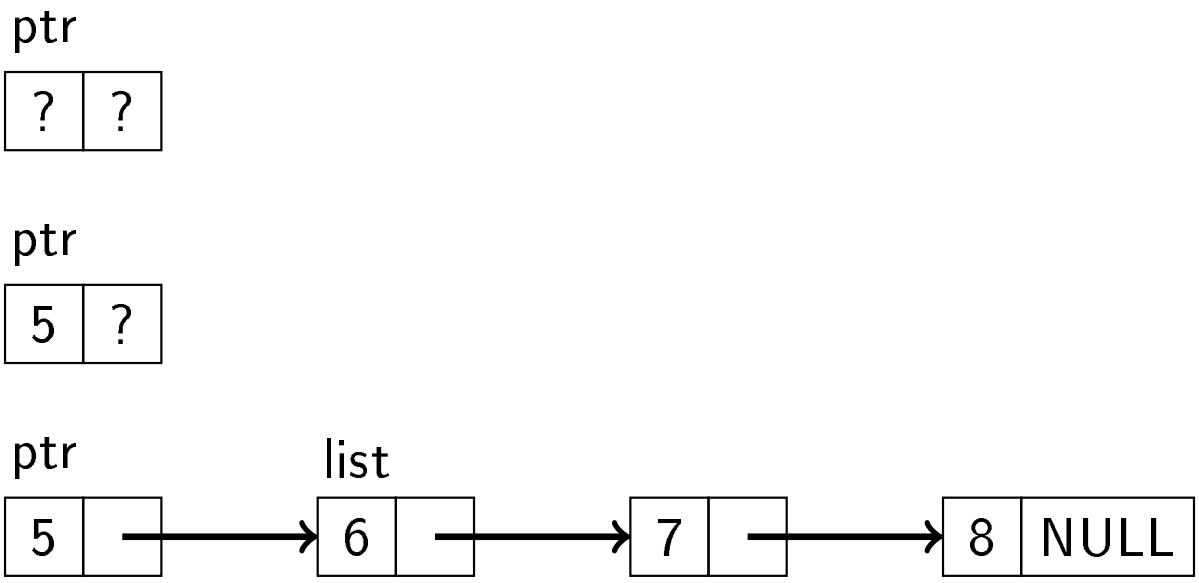
```
1 struct Point {
2     int x, y;
3 };
4 ...
5     struct Point point = malloc(sizeof(struct Point))
6     (*ptr).x = 5;
7     ptr->y = 6;
```

Динамическая структура — список.



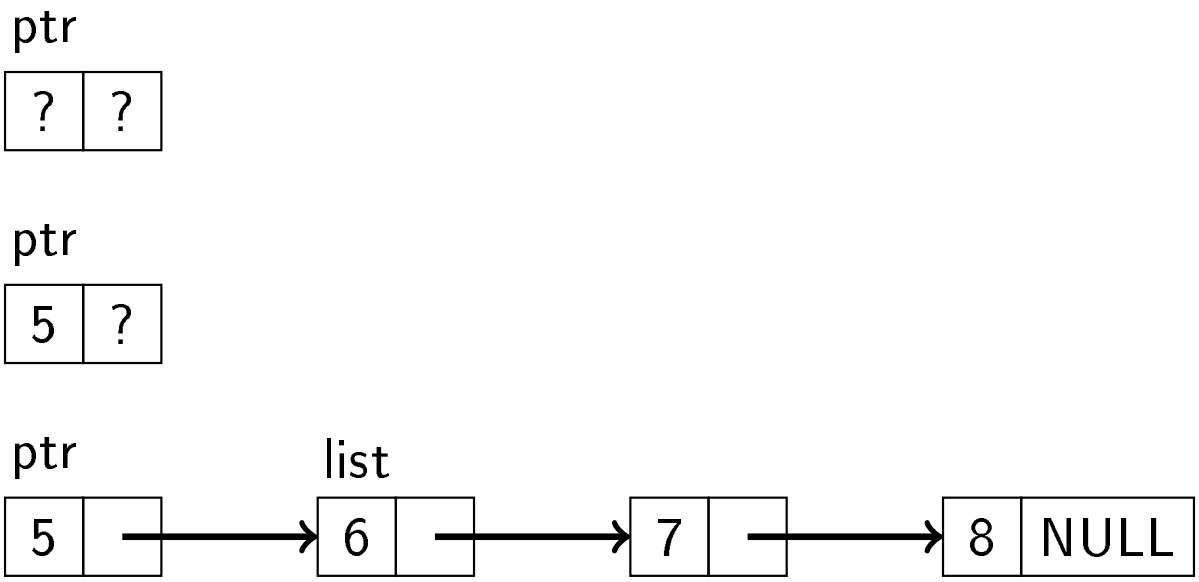

```
 1  typedef struct node *link;
 2
 3  struct node {
 4      int elem;
 5      link next;
 6  };
 7
 8  int main() {
 9      link list = NULL;
10      list = push_front(list, 6);
11      list = push_front(list, 5);
12      list = push_back(list, 7);
13      list = push_back(list, 8);
14      return 0;
15  }
```

Список. Добавить в начало.



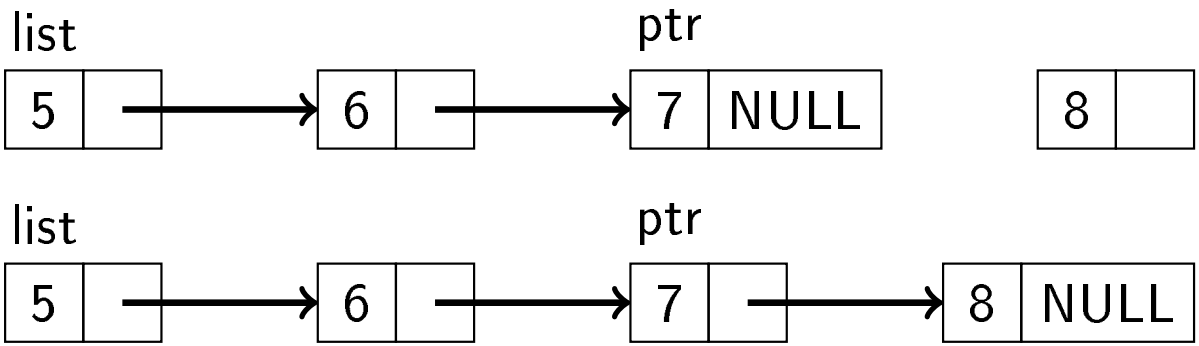

```
1 link push_front(link list, int elem) {
2     link ptr = malloc(sizeof(struct node));
3     ptr->elem = elem;
4     ptr->next = list;
5     return ptr;
6 }
```

Список. Типичная ошибка.



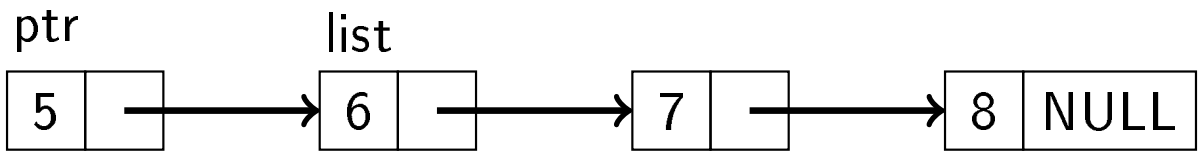

```
1 void push_front(link list, int elem) {
2     link ptr = malloc(sizeof(struct node));
3     ptr->elem = elem;
4     ptr->next = list;
5     list = ptr;
6 }
```

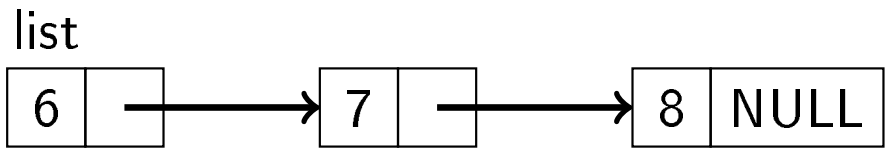
Список. Добавить в конец.




```
 1  link push_back(link list, int elem) {
 2      if (list == NULL) {
 3          return push_front(list, elem);
 4      }
 5      link ptr = list;
 6      while (ptr -> next != NULL) {
 7          ptr = ptr -> next;
 8      }
 9      ptr->next = push_front(NULL, elem);
10      return list;
11  }
```

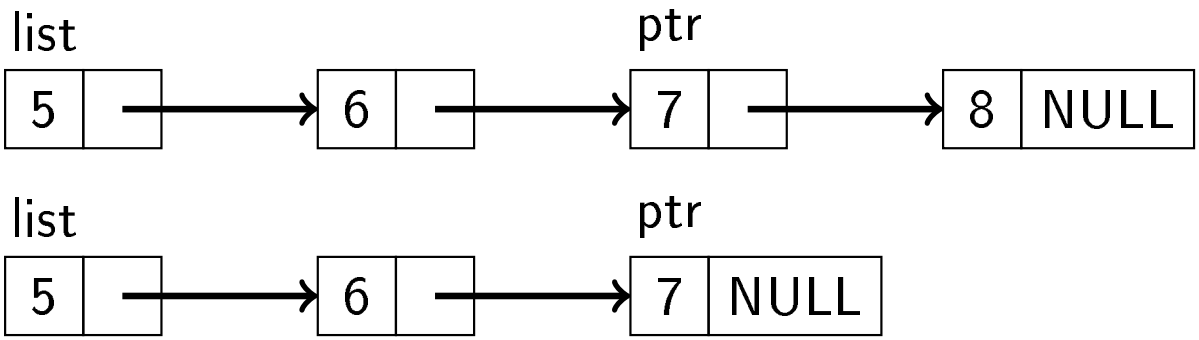
Список. Убрать из начала.






```
1 link pop_front(link ptr) {
2     link list = ptr->next;
3     free(ptr);
4     return list;
5 }
```

Список. Убрать из конца.




```
1  link pop_back(link list) {
2      if (list -> next == NULL) {
3          return pop_front(list);
4      }
5      link ptr = list;
6      while (ptr -> next -> next != NULL) {
7          ptr = ptr -> next;
8      }
9      ptr->next = pop_front(ptr->next);
10     return ptr;
11 }
```

Список. Вывод. Очистка.

```
1 void print(link list) {
2     putchar('[');
3     while (list != NULL) {
4         printf("%d␣", list->elem);
5         list = list -> next;
6     }
7     puts("]");
8 }
```

```
1 link clear(link list) {
2     link ptr;
3     while (list != NULL) {
4         ptr = list -> next;
5         free(list);
6         list = ptr;
7     }
8     return NULL;
9 }
```

Список. Генерируем список.

```
1  link range(int from, int to) {
2      link list = NULL;
3      int elem = to - 1;
4      while (elem >= from) {
5          list = push_front(list, elem);
6          elem--;
7      }
8      return list;
9  }
```

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
```

Отладка в gdb

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = push_front(list, 5);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb) break 80
2  Breakpoint 1 at 0x93e: file prog.c, line 80.
```

```
1  (gdb) run
2  Starting program: prog
3  Breakpoint 1, main () at prog.c:80
4  80          link list = NULL;
```

```
1  (gdb) display list
2  1: list = (link) 0x0
```

Отладка в gdb

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = push_front(list, 5);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb) next
2  81        list = push_front(list, 5);
3  1: list = (link) 0x0
```

```
1  (gdb)
2  82        print(list);
3  1: list = (link) 0x555555756260
```

Отладка в gdb

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = push_front(list, 5);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb)
2  [5 ]
3  83          list = clear(list);
4  1: list = (link) 0x555555756260
```

```
1  (gdb)
2  84          return 0;
3  1: list = (link) 0x0
```

Отладка в gdb. Без ошибок.

```
79      int main() {
80          link list = NULL;
81          list = push_front(list, 5);
82          print(list);
83          list = clear(list);
84          return 0;
85      }
```

```
(gdb) break 80
Breakpoint 1 at 0x93e: file prog.c, line 80.
```

```
(gdb) run
Starting program: prog
Breakpoint 1, main () at prog.c:80
80          link list = NULL;
```

```
(gdb) display list
1: list = (link) 0x0
```

Отладка в gdb. Без ошибок.

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = push_front(list, 5);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb) next
2  81        list = push_front(list, 5);
3  1: list = (link) 0x0
```

```
1  (gdb)
2  82        print(list);
3  1: list = (link) 0x555555756260
```

Отладка в gdb. Без ошибок.

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = push_front(list, 5);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb)
2  [5 ]
3  83          list = clear(list);
4  1: list = (link) 0x555555756260
```

```
1  (gdb)
2  84          return 0;
3  1: list = (link) 0x0
```

Отладка в gdb. Ошибки.

```
1  79      int main() {
2  80          link list = NULL;
3  81          list = pop_front(list);
4  82          print(list);
5  83          list = clear(list);
6  84          return 0;
7  85      }
```

```
1  (gdb) break 80
2  Breakpoint 1 at 0x93e: file prog.c, line 80.
```

```
1  (gdb) run
2  Starting program: prog
3  Breakpoint 1, main () at prog.c:80
4  80          link list = NULL;
```

```
1  (gdb) display list
2  1: list = (link) 0x0
```

Отладка в gdb. Ошибки.

```
79      int main() {
80          link list = NULL;
81          list = pop_front(list);
82          print(list);
83          list = clear(list);
84          return 0;
85      }
```

```
(gdb) next
81          list = pop_front(list);
1: list = (link) 0x0
```

```
(gdb)
Program received signal SIGSEGV,
Segmentation fault.
0x000055555554762 in pop_front (ptr=0x0)
at prog.c:19
19          link list = ptr->next;
```

Санитайзер

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

```
1  ==11053==ERROR: AddressSanitizer: SEGV on unknown
2      address 0x000000000008 (pc 0x55db755ccbfb
3      bp 0x7fff74e0dfc0 sp 0x7fff74e0dfa0 T0)
4  ==11053==The signal is caused by
5      a READ memory access.
6  ==11053==Hint: address points to the zero page.
7      #0 0x55db755ccbfa in pop_front ./prog.c:19
8      #1 0x55db755ccf91 in main ./prog.c:81
9      #2 0x7f5fc8a69b96 in __libc_start_main
10         (/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6+0x21b96)
11     #3 0x55db755cca59 in _start
12         (./prog+0xa59)
13 AddressSanitizer can not provide additional info.
14 SUMMARY: AddressSanitizer:
15     SEGV ./prog.c:19 in pop_front
16 ==11053==ABORTING
```