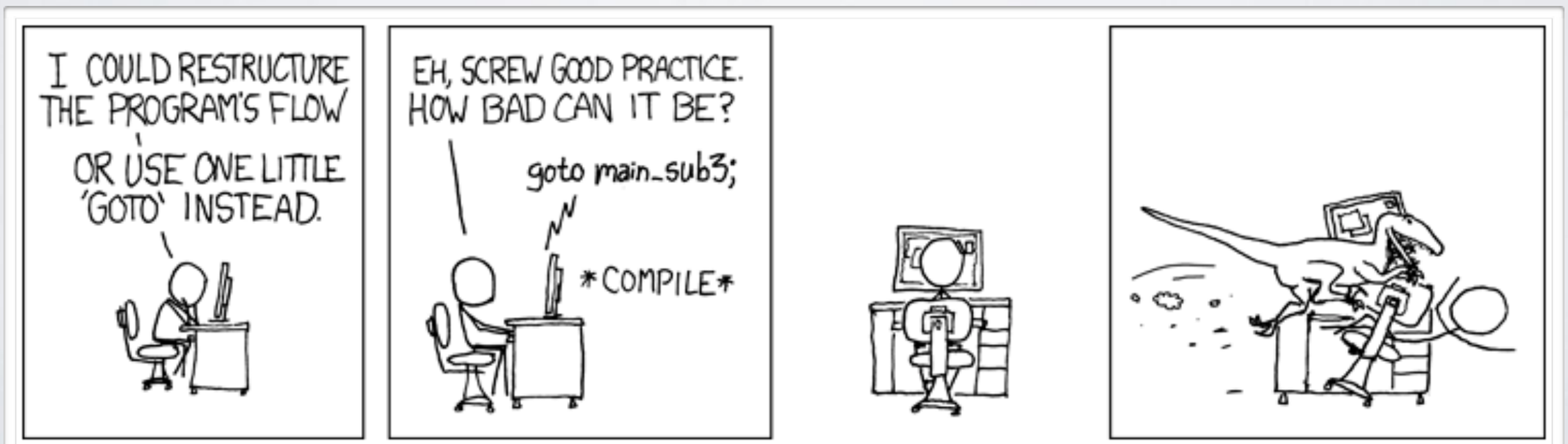
ОСНОВЫ ПРОГРАММНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Лекция № 6

9 октября 2017 г.



СОСТАВНЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ

ЗАПИСИ

Объединяют разнотипные данные (элементы, поля), относящиеся к одному объекту из предметной области.

```
struct Point {
    double x, y, z;
};

struct Planet {
    const char *name;
    double mass;
    double radius;
    /* .... */
};
```

```
struct Order {
    struct User *user;
    struct Date date;
    int nitems;
    struct OrderItem *items;
};

struct Order o;
o.nitems = 37;

struct Order *po = &o;
use(po->nitems);
```

ЗАПИСИ В ПАМЯТИ

Запись представляется участком памяти фиксированного размера. Элементы хранятся поблизости друг с другом.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
x				y	-	-	-	z							

```
struct Stuff {
    int x;
    char y;
    double z;
};
```

```
sizeof(struct Stuff) // => 16
offsetof(struct Stuff, x) // => 0
offsetof(struct Stuff, y) // => 4
offsetof(struct Stuff, z) // => 8
```

МАССИВЫ

- Множество однотипных данных:
  - Набор временных отсчетов.
  - Векторы и матрицы.
  - Набор строк.

- Элементы массива хранятся в смежных ячейках памяти.

ОДНОМЕРНЫЙ МАССИВ

```
int a[5];
```

Индекс	0	1	2	3	4
Адрес	A_0	?	?	?	?

- A_0 – адрес начала массива, **s** – размер элемента массива.
- **A(n)** – адрес **n**-го элемента массива:
  - $A(n) = A_0 + n \cdot s$

ДВУМЕРНЫЙ МАССИВ

```
int a[2][3];
```

C-style

	j		
i	0	1	2
	3	4	5

или

FORTRAN-style

	j		
i	0	2	4
	1	3	5

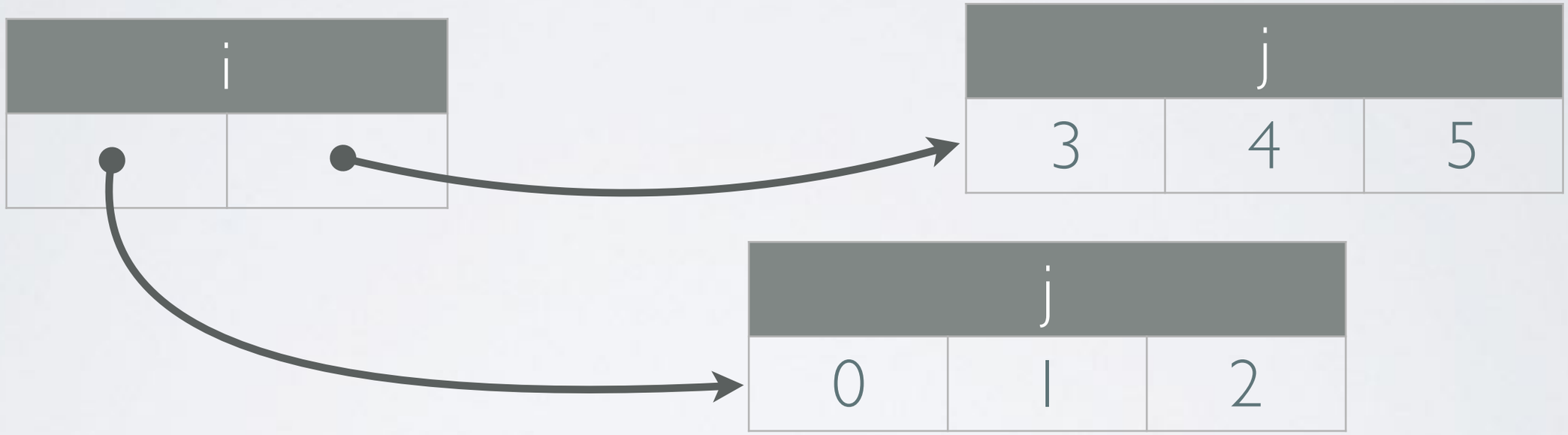
$n = 3i + j$

$n = 2j + i$

$$A(i, j) = A_0 + n \cdot s$$

МАССИВ МАССИВОВ

```
int a[2][3]; // Java
```

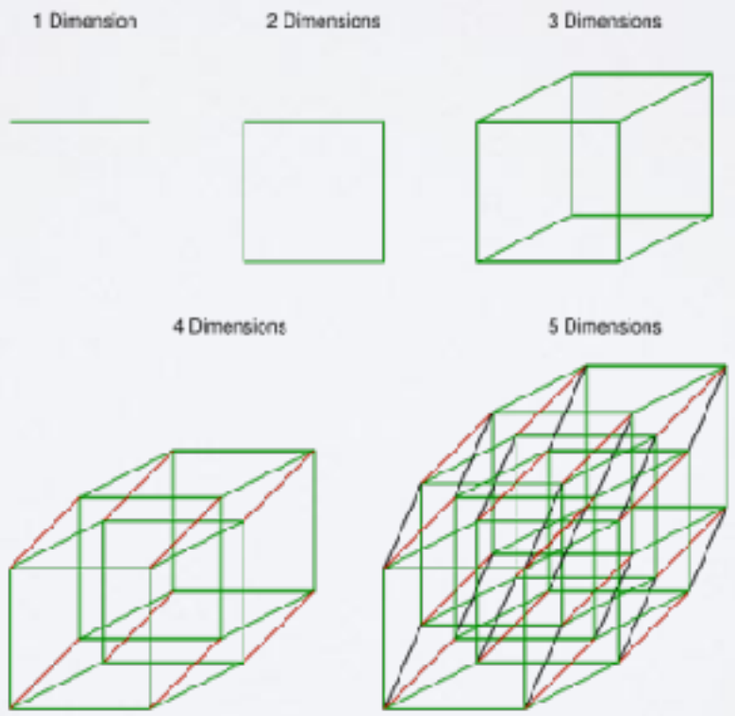


$$A(i, j) = *(A_0 + i \cdot s_p) + j \cdot s,$$

где s_p — размер указателя.

N-МЕРНЫЙ МАССИВ

- K размерностей: $A[N_K][N_{K-1}]....[N_1]$.
- $A(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1) = A_0 + s \cdot n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1)$.



C-STYLE

- Уменьшаем порядок задачи на единицу ($K \to K-1$), «откусывая» последнюю размерность:
  - $n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1) = n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_2, 0) + n_1$
  - $n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_2, 0) = n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_2) \cdot N_1$
- В итоге:
  - $n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1) = (((\ldots(n_K \cdot N_{K-1} + n_{K-1})\ldots)) \cdot N_2 + n_2) \cdot N_1 + n_1$

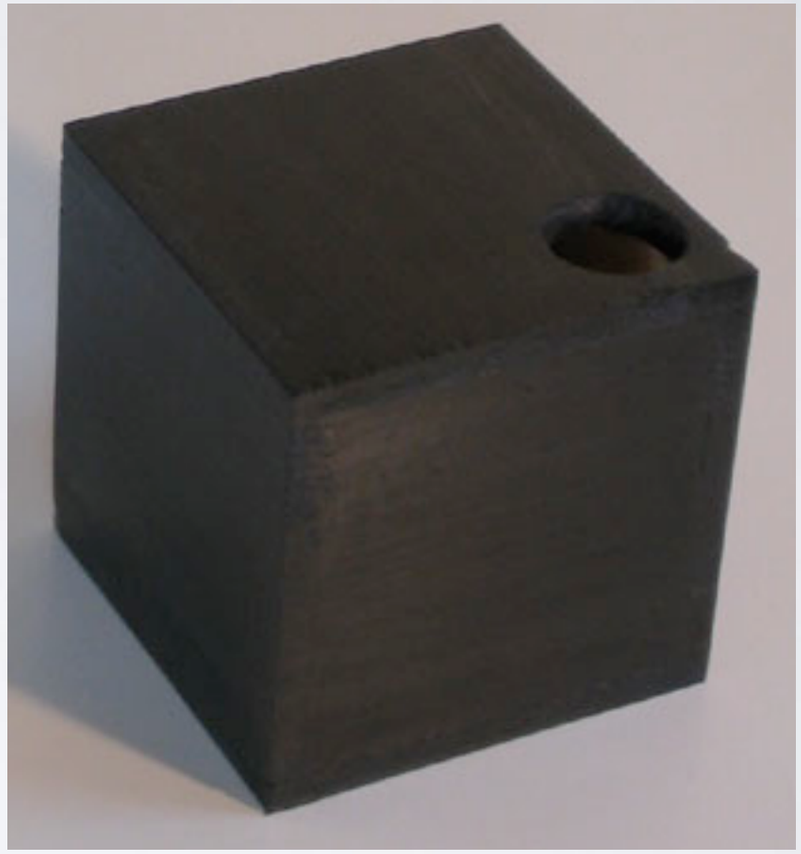
FORTRAN-STYLE

- «Откусываем» первую размерность:
  - $n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1) = n_K + n(0, n_{K-1}, \ldots, n_1)$
  - $n(0, n_{K-1}, \ldots, n_1) = N_K \cdot n(n_{K-1}, \ldots, n_1)$
- В итоге:
  - $n(n_K, n_{K-1}, \ldots, n_1) = n_K + N_K \cdot (n_{K-1} + N_{K-1} \cdot ((\ldots(n_2 + N_2 \cdot n_1)\ldots)))$

ДВА СПОСОБА СМОТРЕТЬ НА ДАННЫЕ

«Белый ящик»
(прозрачный)

Устройство



«Черный ящик»
(непрозрачный)

Операции

ОПЕРАЦИИ НАД ДАННЫМИ

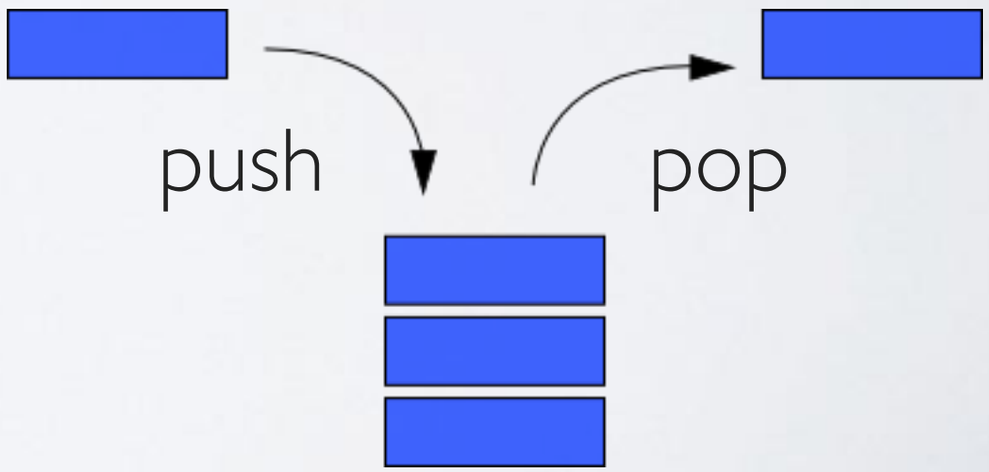
- Записи:
  - Прочитать элемент по имени.
  - Изменить элемент по имени.
  - ~~*Добавить новый элемент.*~~
  - ~~*Удалить элемент.*~~
- Массив:
  - Прочитать элемент по индексу.
  - Изменить элемент по индексу.
  - ~~*Изменить размер массива.*~~
  - ~~*Добавить элемент.*~~
  - ~~*Удалить элемент.*~~

«ПРОДВИНУТОСТЬ» СТРУКТУР ДАННЫХ

- Количество «степеней свободы» (возможных операций со структурой данных).
- Рост количества степеней свободы возможен:
  - за счет усложнения интерфейса;
  - за счет усложнения внутренней структуры;
  - за счет понижения быстродействия.

СТЕК

- Абстрактный тип данных.
- Базовые операции:
  - Вставка элемента (push).
  - Извлечение элемента (pop).
- Принцип LIFO (last-in, first-out) – «последним вошел, первым вышел».

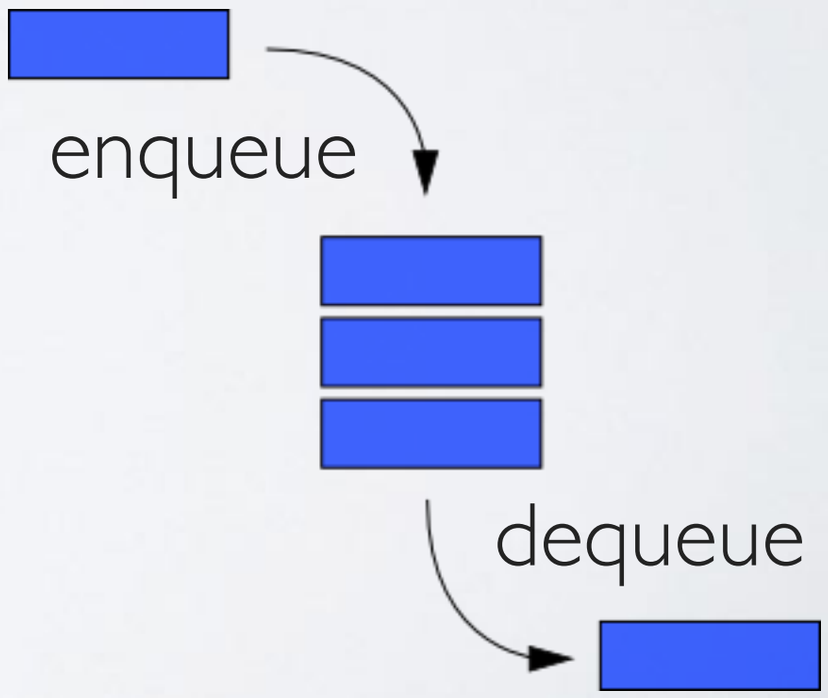


ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКА

- Машинный стек.
- Вычисление выражений в обратной польской записи:
  - (1+2*4+3) → 1 2 4 * + 3 +
  - Язык Forth, Postscript.
- Поиск пути в лабиринте.
- Задачи с иерархией элементов (обход дерева).

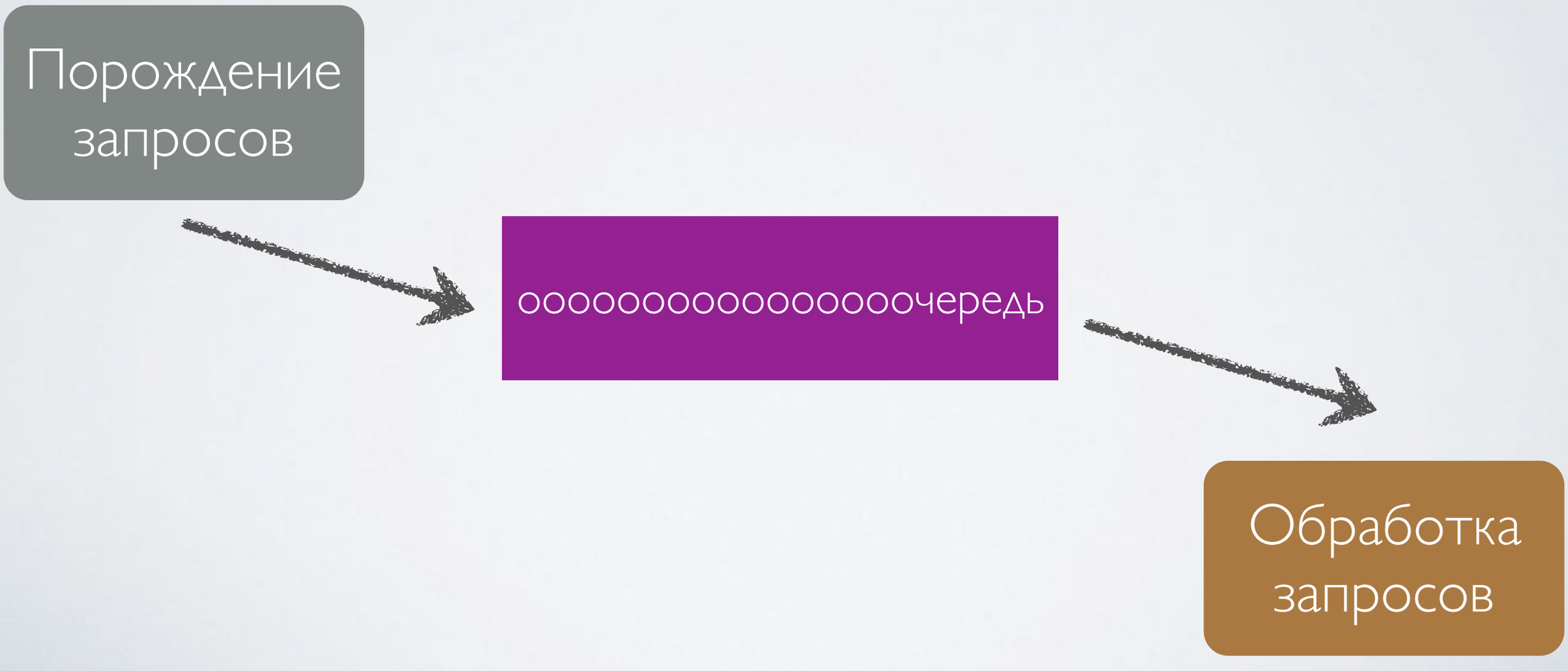
ОЧЕРЕДЬ

- Абстрактный тип данных.
- Базовые операции:
  - Вставка элемента (enqueue).
  - Извлечение элемента (dequeue).
- Принцип FIFO (first-in, first-out) – «первым вошел, первым вышел».



ПРИМЕНЕНИЕ ОЧЕРЕДЕЙ

Обработка отложенных запросов.



СТЕК ЧЕРЕЗ СТАТИЧЕСКИЙ МАССИВ

- Статический массив достаточно большого размера.

```
int stack[99999];
int sp = 0;

stack[sp] = 10;
sp++;

stack[sp] = 20;
sp++;

sp--;
stack[sp]; // => 20
```

СТЕК ЧЕРЕЗ ДИНАМИЧЕСКИЙ МАССИВ

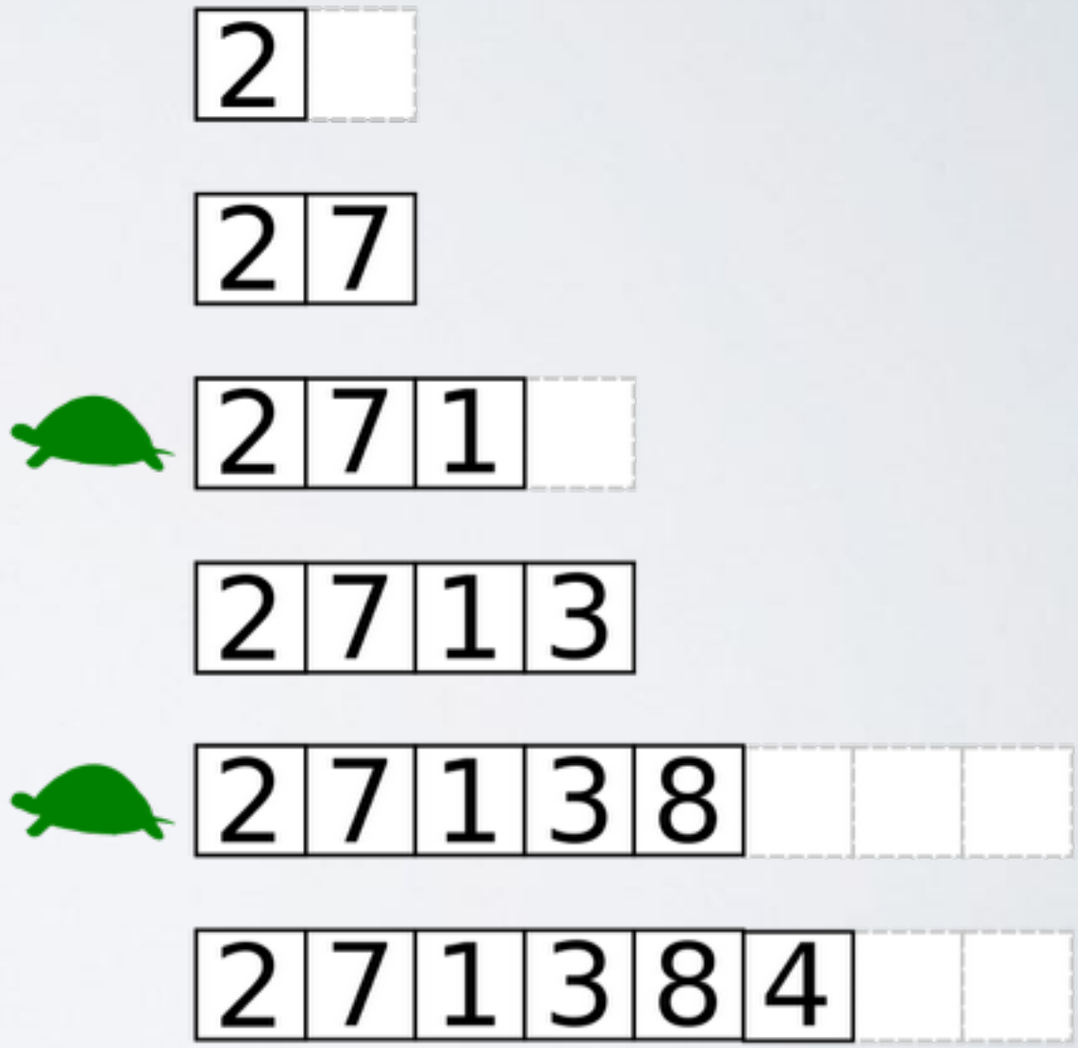
- Динамически расширяющийся массив.
  - Храним **N** элементов в массиве размера **M** (**N ≤ M**).
  - Если при добавлении **N** становится больше **M**, то увеличиваем массив до размера **2M**, копируя содержимое.
  - Если при удалении **N** становится меньше **M/4**, то уменьшаем массив до размера **M/2**, копируя содержимое.

СТЕК ЧЕРЕЗ ДИНАМИЧЕСКИЙ МАССИВ

- Временная сложность операции в стеке:
  - В лучшем случае потребуется просто изменить элемента массива: **O(1)**.
  - В худшем случае потребуется скопировать все **N** элементов и затем изменить один элемент: **O(N)**.

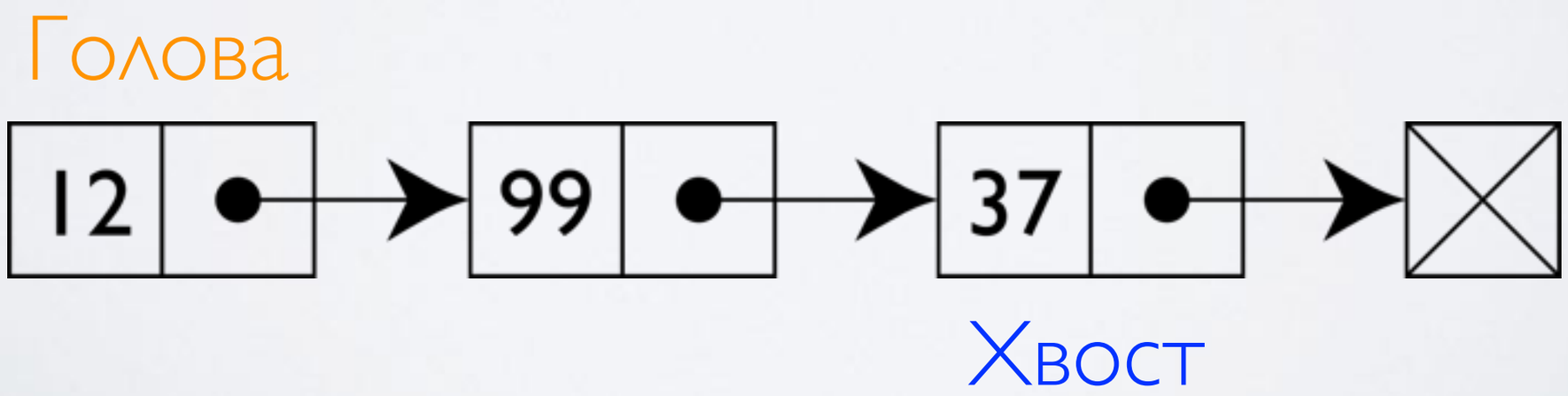
СТЕК ЧЕРЕЗ ДИНАМИЧЕСКИЙ МАССИВ

- Амортизационная сложность (среднее в худшем случае) операций добавления и удаления: **O(1)**.



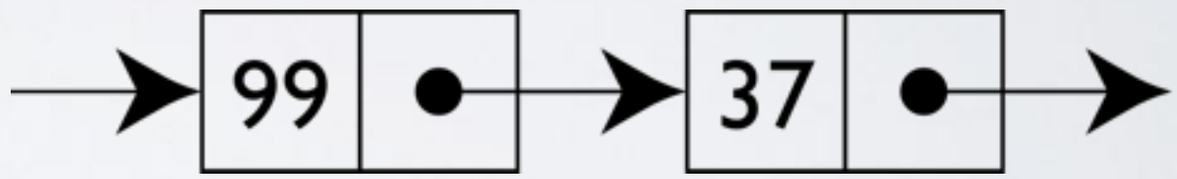
СВЯЗНЫЕ СПИСКИ

Связный список (linked list) – линейно упорядоченный набор элементов, каждый из которых содержит связь со следующим элементом.



ОПЕРАЦИИ СО СВЯЗНЫМ СПИСКОМ

- Вставка элемента в голову.
- Вставка в середину.
- Удаление элемента.
- Обход списка.
- Поиск элемента по критерию.



СВОЙСТВА СВЯЗНОГО СПИСКА

- Динамическая структура данных.
- Вставка и удаление выполняются за **O(1)**.
- Медленный поиск по номеру (индексирование): **O(n)**.

ДВУСВЯЗНЫЙ СПИСОК

Голова

Хвост

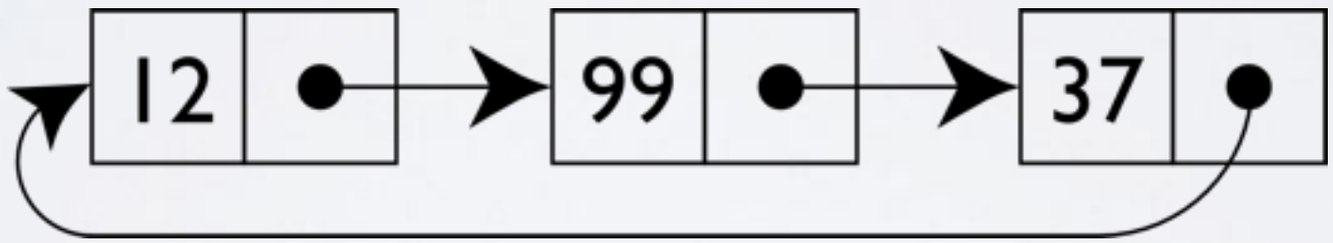
Преимущество: одинаковая легкость операций в обе стороны

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПИСКОВ

- Многочлены (символьная алгебра).
- Реализация стеков и очередей.
- Цепочки кластеров в файловых системах.

КОЛЬЦЕВОЙ СВЯЗНЫЙ СПИСОК

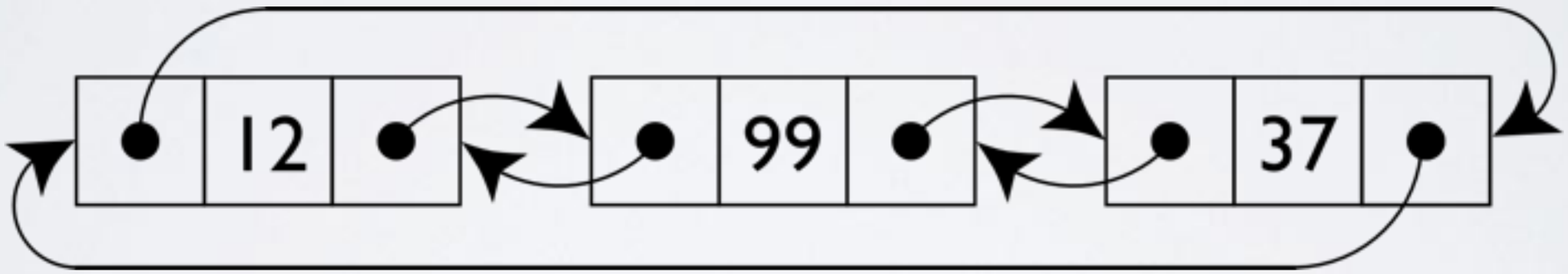
Голова?



ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ СПИСКОВ

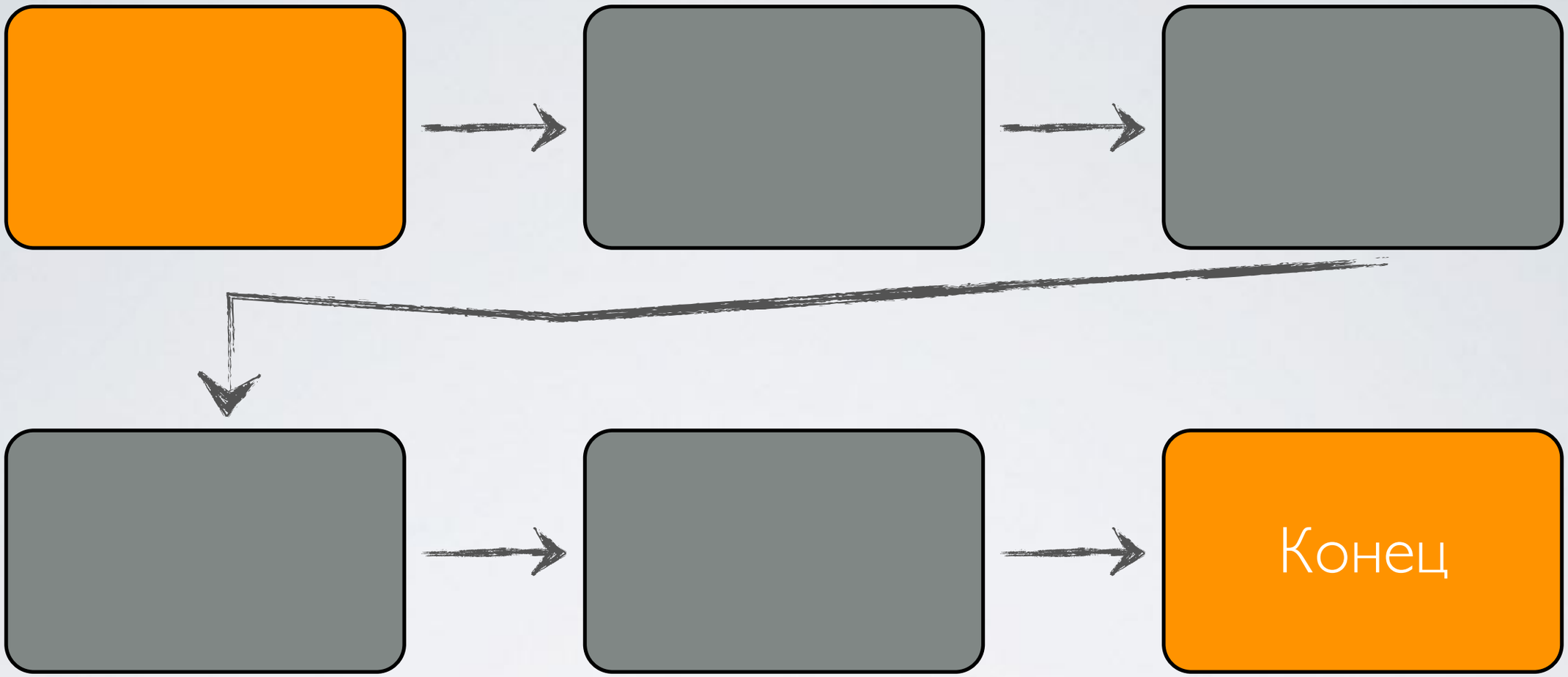
- Список вершин многоугольника.
- Список процессов в системе с разделением времени.
- Кольцо буферов ввода/вывода.

ДВУСВЯЗНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ СПИСОК



ИЕРАРХИЯ

- Абстрактные типы данных:
  - Последовательности (стек, очередь, дек)
  - Множества
  - Словари
  - Графы
- Структуры данных:
  - Массив
  - Списки
  - Деревья (дерево поиска, двоичная куча)
  - Хеш-таблицы



КОНЕЦ ШЕСТОЙ ЛЕКЦИИ

Чем больше степеней свободы, тем лучше.
Если не приходится за это слишком дорого платить.