Лекция 6
Стеки и очереди

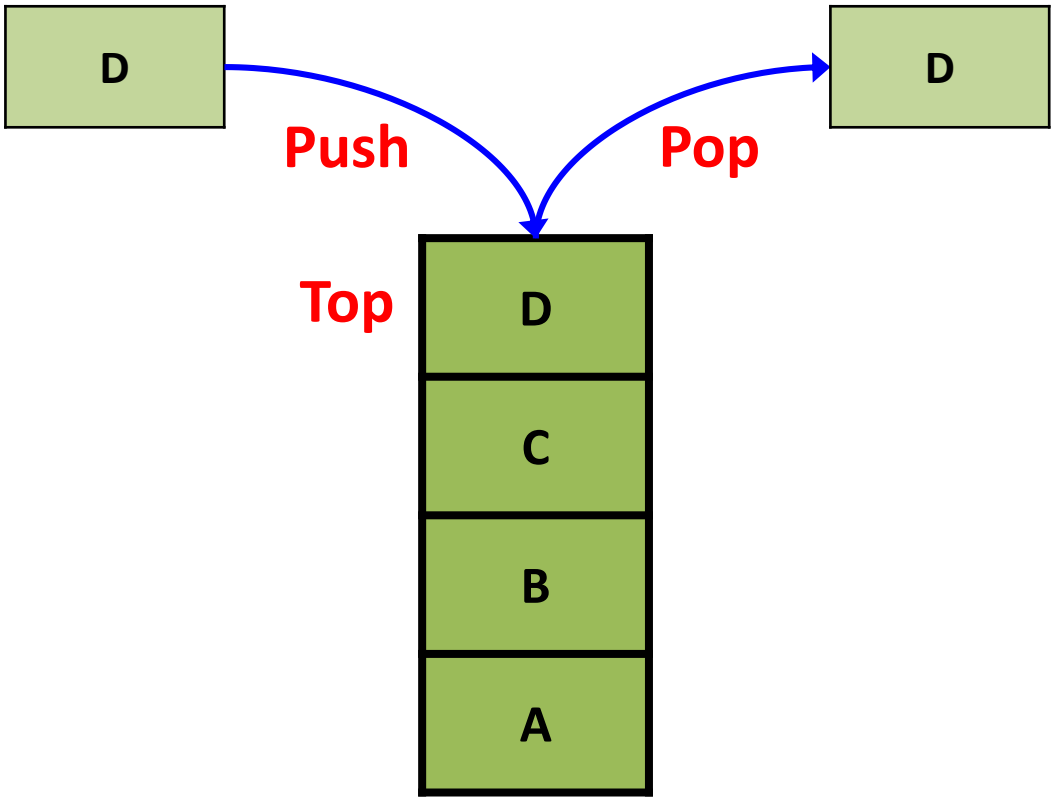
Курносов Михаил Георгиевич

E-mail: mkurnosov@gmail.com
WWW: www.mkurnosov.net

Курс «Структуры и алгоритмы обработки данных»
Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (Новосибирск)
Весенний семестр, 2016

Стек (Stack)

- **Стек (Stack)** – структура данных для хранения элементов
- Дисциплина доступа к элементам:
  “последним пришел – первым вышел” (Last In – First Out, LIFO)
- Элементы помещаются и извлекаются с головы стека (top)



Подходы к реализации стека

1. **На основе связных списков** (linked lists)

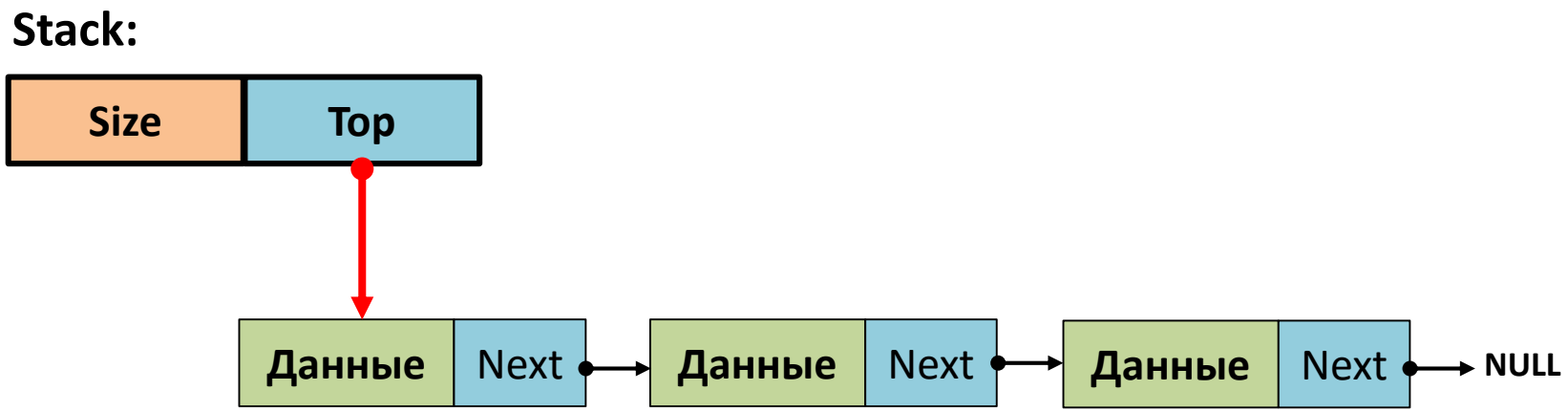
   Длина стека ограничена объемом доступной памяти

2. **На основе статических массивов**

   Длина стека фиксирована (задана его максимальная длина – количество элементов в массиве)

Реализация стека на основе связных списков

- Элементы стека хранятся в односвязном списке (singly linked list)
- Добавление элемент и удаление выполняется за время $O(1)$



Реализация стека на основе связных списков

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

#include "llist.h"              /* см. лекцию 3 */

struct stack {
    struct listnode *top;   /* Вершина стека */
    int size;
};
```

Реализация стека на основе связных списков

```
/*
 * Фрагмент файла llist.c
 */

struct listnode {
    int value;          /* Данные стека */

    struct listnode *next;
};
```

Реализация стека на основе связных списков

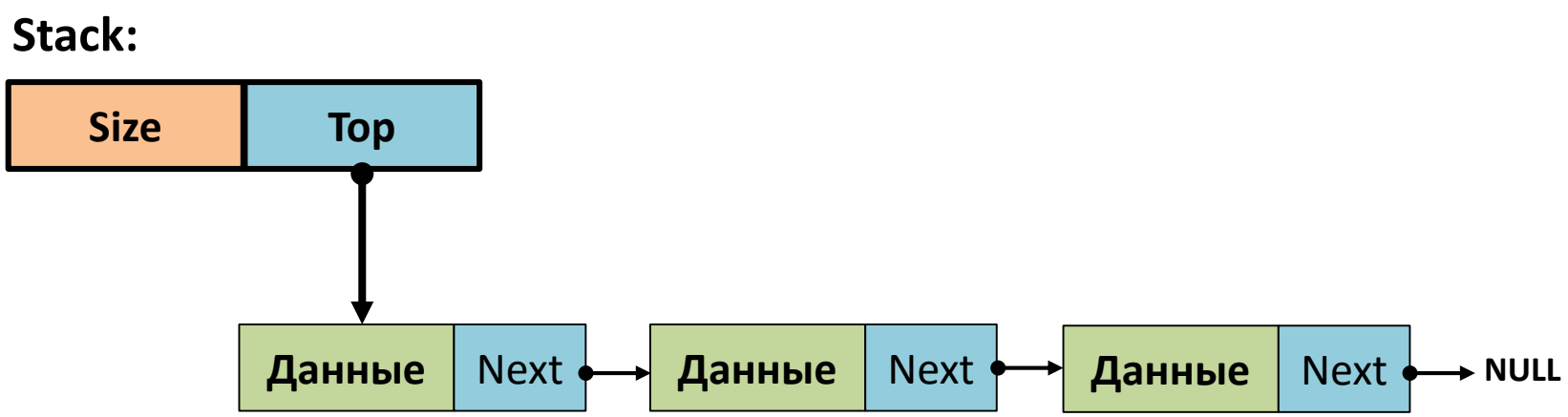
```
/* stack_create: Creates an empty stack */
struct stack *stack_create()
{
    struct stack *s = malloc(sizeof(*s));
    if (s != NULL) {
        s->size = 0;
        s->top = NULL;
    }
    return s;
}
```

$T_{Create} = O(1)$

Реализация стека на основе связных списков

```
/* stack_free: Removes stack */
void stack_free(struct stack *s)
{
    while (s->size > 0)
        stack_pop(s);    /* Delete All items */
    free(s);
}
```

$T_{Free} = O(n)$



Реализация стека на основе связных списков

```
/* stack_size: Returns size of a stack */
int stack_size(struct stack *s)
{
    return s->size;
}
```

$T_{Size} = O(1)$

Реализация стека на основе связных списков

```
int main()
{
    struct stack *s;

    s = stack_create();
    printf("Stack size: %d\n", stack_size(s));

    stack_free(s);
    return 0;
}
```

Реализация стека на основе связных списков

```
/* stack_push: Pushes item to the stack */
int stack_push(struct stack *s, int value)
{
    s->top = list_addfront(s->top, value);
    if (s->top == NULL) {
        fprintf(stderr,
                "stack: Stack overflow\n");
        return -1;
    }
    s->size++;
    return 0;
}
```

$T_{Push} = O(1)$

Реализация стека на основе связных списков

```
/* stack_pop: Pops item from the stack */
int stack_pop(struct stack *s)
{
    struct listnode *next;
    int value;

    if (s->top == NULL) {
        fprintf(stderr, "stack: Stack underflow\n");
        return -1;
    }
    next = s->top->next;
    value = s->top->value;
    free(s->top);
    s->top = next;
    s->size--;
    return value;
}
```

$T_{Pop} = O(1)$

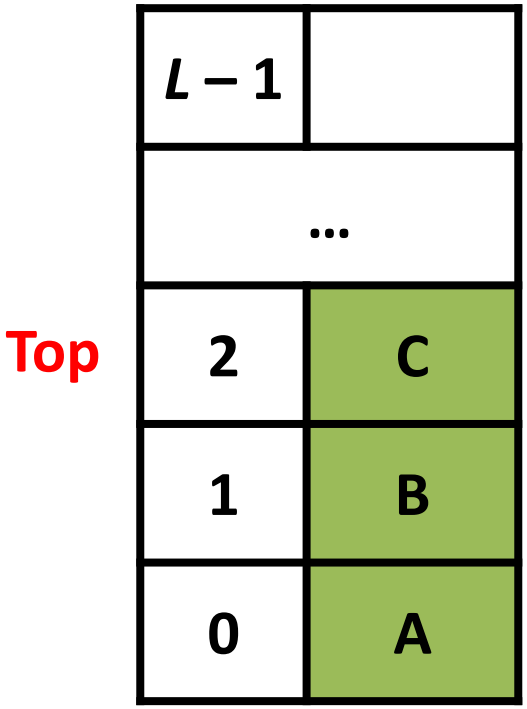
Реализация стека на основе связных списков

```
int main()
{
    struct stack *s;
    int i, val;

    s = stack_create();
    for (i = 1; i <= 10; i++) {
        stack_push(s, i);
    }
    for (i = 1; i <= 11; i++) {
        val = stack_pop(s);
        printf("pop: %d\n", val);
    }
    stack_free(s);

    return 0;
}
```

```
pop: 10
pop: 9
pop: 8
pop: 7
pop: 6
pop: 5
pop: 4
pop: 3
pop: 2
pop: 1
pop: -1
```

Реализация стека на основе массива

- Элементы стека хранятся в массиве фиксированной длины *L*
- Добавление элемент и удаление выполняется за время *O*(1)



Реализация стека на основе массива

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

struct stack {
    int *v;
    int top;
    int size;
    int maxsize;
};
```

Реализация стека на основе массива

```
/* stack_create: Creates an empty stack */
struct stack *stack_create(int maxsize)
{
    struct stack *s = malloc(sizeof(*s));
    if (s != NULL) {
        s->v = malloc(sizeof(int) * maxsize);
        if (s->v == NULL) {
            free(s);
            return NULL;
        }
        s->size = 0;
        s->top = 0;
        s->maxsize = maxsize;
    }
    return s;
}
```

$T_{Create} = O(1)$

Реализация стека на основе массива

```
/* stack_free: Removes stack */
void stack_free(struct stack *s)
{
    free(s->v);
    free(s);
}

/* stack_size: Returns size of a stack */
int stack_size(struct stack *s)
{
    return s->size;
}
```

$T_{Free} = O(1)$

$T_{Size} = O(1)$

Реализация стека на основе массива

```
/* stack_push: Pushes item to the stack */
int stack_push(struct stack *s, int value)
{
    if (s->top < s->maxsize) {
        s->v[s->top++] = value;
        s->size++;
    } else {
        fprintf(stderr, "stack: Stack overflow\n");
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

$T_{Push} = O(1)$

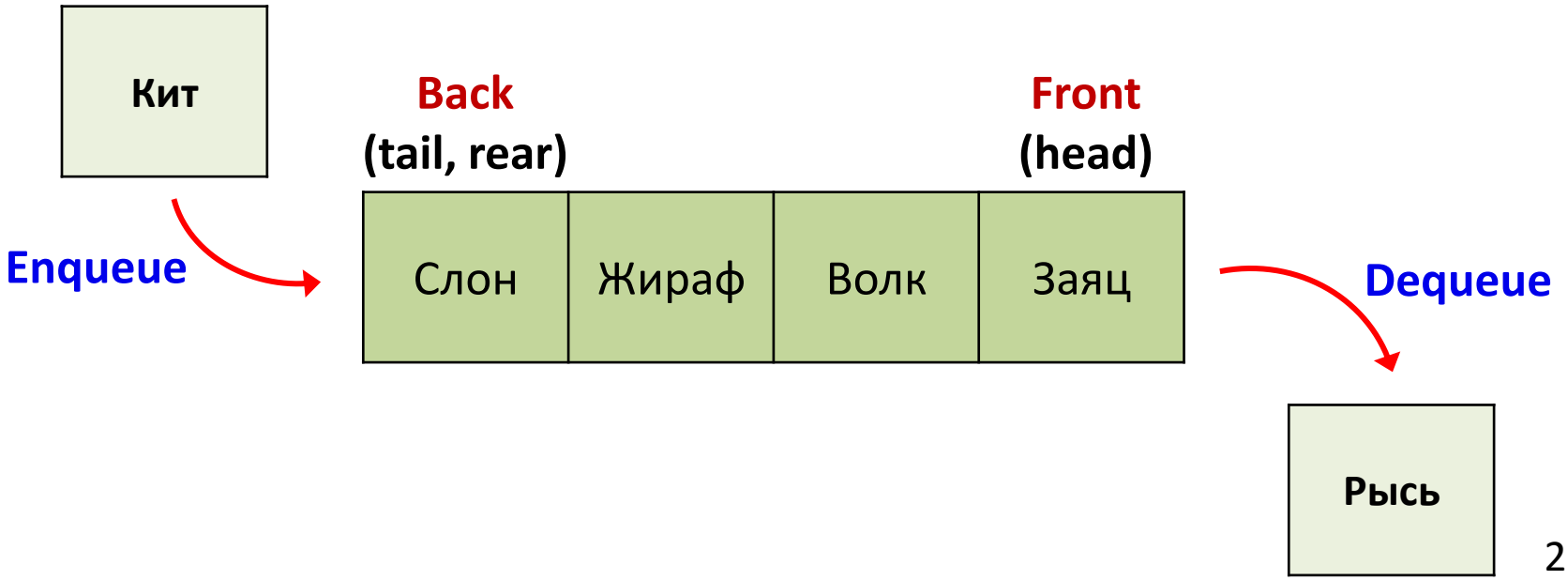
Реализация стека на основе массива

```
/* stack_pop: Pops item from the stack */
int stack_pop(struct stack *s)
{
    if (s->top == 0) {
        fprintf(stderr,
                "stack: Stack underflow\n");
        return -1;
    }
    s->size--;
    return s->v[--s->top];
}
```

$T_{Pop} = O(1)$

Очередь (Queue)

- **Очередь (Queue)** – структура данных для хранения элементов (контейнер)
- Дисциплина доступа к элементам:
  “первым пришел – первым вышел” (First In – First Out, FIFO)
- Элементы добавляются в хвост (tail), извлекаются с головы (head)



Очередь (Queue)

- Очереди широко используется в алгоритмах обработки данных:
  - очереди печати
  - буфер ввода с клавиатуры
  - алгоритмы работы с графами

Очередь (Queue)

Операция	Описание
Enqueue(*q*, *x*)	Добавляет элемент *x* в очередь *q*
Dequeue(*q*)	Извлекает элемент из очереди *q*
Size(*q*)	Возвращает количество элементов в очереди *q*
Clear(*q*)	Очищает очередь *q*

Подходы к реализации очереди

1. **На основе связных списков**

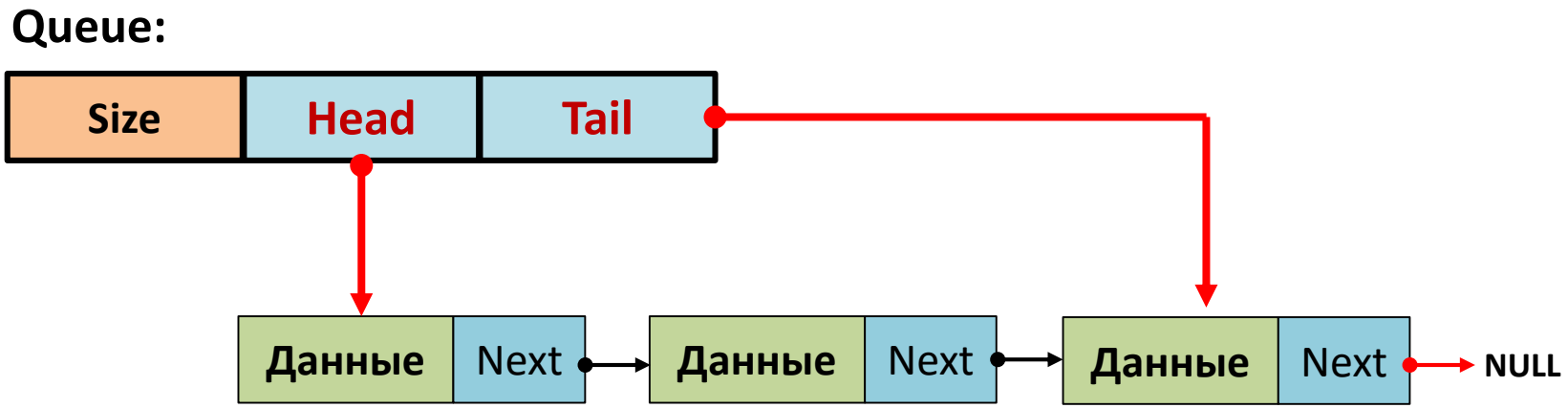
   Длина очереди ограничена лишь объемом доступной памяти

2. **На основе статических массивов**

   Длина очереди фиксирована (задана максимальная длина)

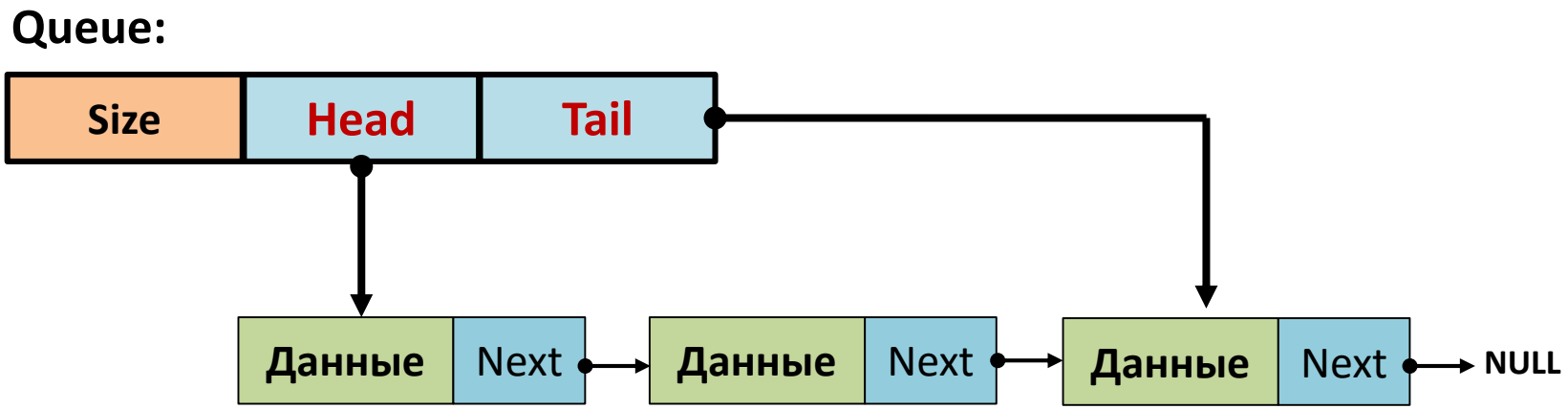
Реализация очереди на основе связных списков

- Элементы очереди хранятся в односвязном списке (singly linked list)
- Для быстрого (за время $O(1)$) добавления и извлечения элементов из списка поддерживается указатель на последний элемент (tail)
- Новые элементы добавляются в конец списка



Реализация очереди на основе связных списков

- **Преимущества**: длина очереди ограничена лишь объемом доступной памяти
- **Недостатки** (по сравнению с реализацией на основе массивов): работа с очередью немного медленнее, требуется больше памяти для хранения одного элемента



Реализация очереди на основе связных списков

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

#include "llist.h"

struct queue {
    struct listnode *head;
    struct listnode *tail;
    int size;
};
```

Реализация очереди на основе связных списков

```
/* queue_create: Creates an empty queue */
struct queue *queue_create()
{
    struct queue *q = malloc(sizeof(*q));
    if (q != NULL) {
        q->size = 0;
        q->head = NULL;
        q->tail = NULL;
    }
    return q;
}
```

$T_{Create} = O(1)$

Реализация очереди на основе связных списков

```
/* queue_free: Removes queue */
void queue_free(struct queue *q)
{
    while (q->size > 0)
        queue_dequeue(q);
    free(q);
}
```

$T_{Free} = O(n)$

Реализация очереди на основе связных списков

```
/* queue_size: Returns size of a queue */
int queue_size(struct queue *q)
{
    return q->size;
}

int main()
{
    struct queue *q;

    q = queue_create();

    queue_free(q);
    return 0;
}
```

$T_{Size} = O(1)$

Реализация очереди на основе связных списков

```
/* queue_enqueue: Add item to the queue */
void queue_enqueue(struct queue *q, int value)
{
    struct listnode *oldtail = q->tail;

    /* Create new node */
    q->tail = list_createnode(value);

    if (q->head == NULL) {
        /* List is empty */
        q->head = q->tail;
    } else {
        /* Add new node to the end of list */
        oldtail->next = q->tail;
    }
    q->size++;
}
```

$T_{Enqueue} = O(1)$

Реализация очереди на основе связных списков

```
int main()
{
    struct queue *q;
    int i;

    q = queue_create();
    for (i = 1; i <= 10; i++) {
        queue_enqueue(q, i);
    }
    printf("Queue size: %d\n", queue_size(q));

    queue_free(q);
    return 0;
}
```

Реализация очереди на основе связных списков

```
/* queue_dequeue: Gets item from the queue */
int queue_dequeue(struct queue *q)
{
    int value;
    struct listnode *p;

    if (q->size == 0)
        return -1;

    /* Delete first node */
    value = q->head->value;
    p = q->head->next;
    free(q->head);
    q->head = p;
    q->size--;
    return value;
}
```

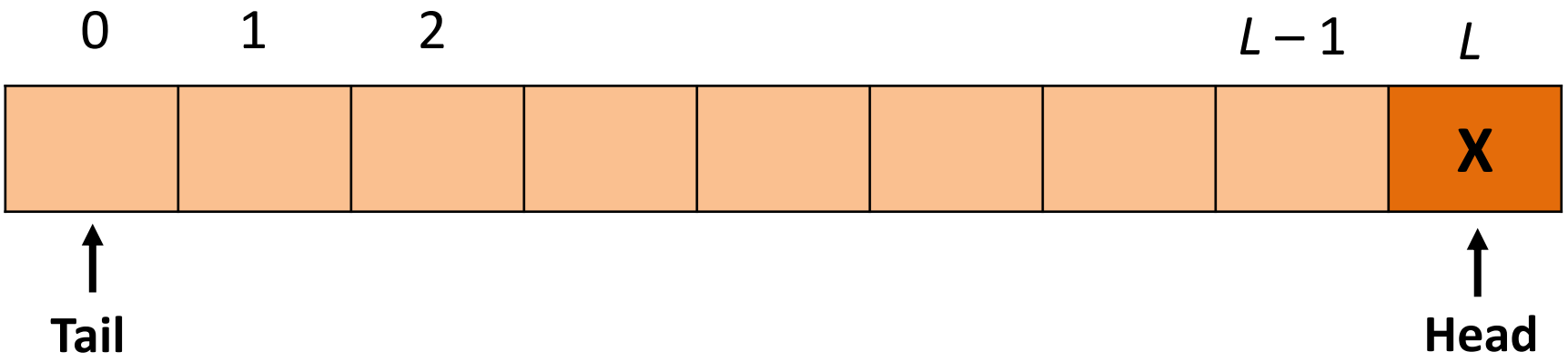
$T_{Dequeue} = O(1)$

Реализация очереди на основе связных списков

```
int main()
{
    struct queue *q;
    int i, j;

    q = queue_create();

    /* ... */
    for (i = 1; i <= 11; i++) {
        j = queue_dequeue(q);
         printf("%d: next element: %d\n", i, j);
    }

    queue_free(q);
    return 0;
}
```

Реализация очереди на основе циклических массивов

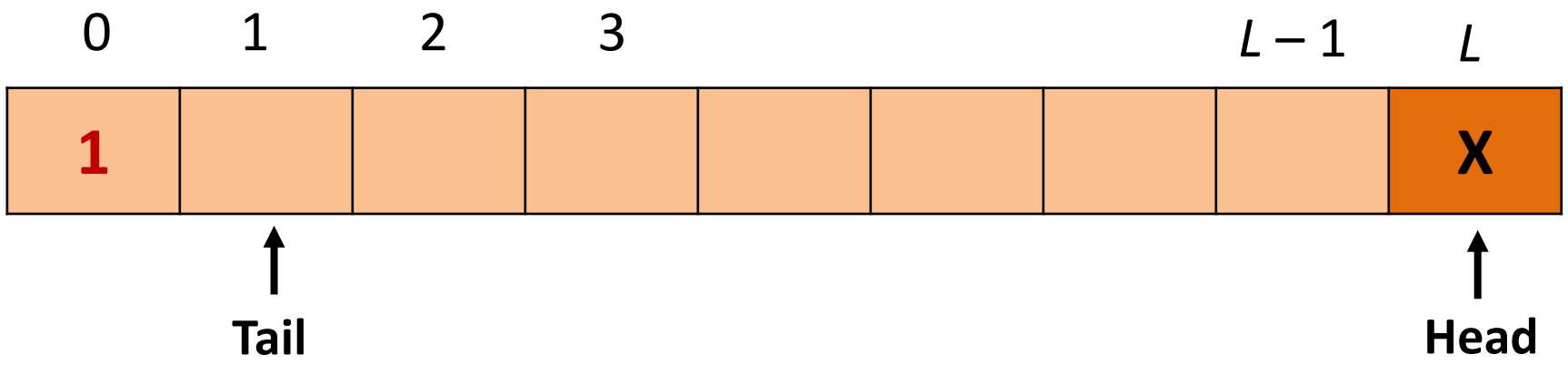
- Элементы очереди хранятся в массиве фиксированной длины [0..*L* – 1]
- Массив логически представляется в виде кольца (circular buffer)
- В пустой очереди *Tail* = 0, *Head* = *L*



Реализация очереди на основе циклических массивов

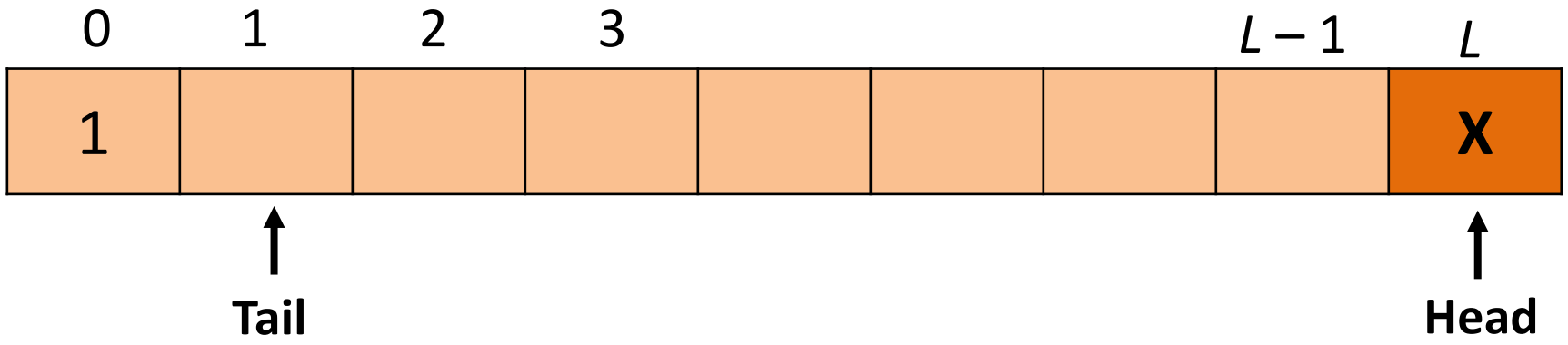
- При **добавлении** элемента в очередь значение *Tail* циклически увеличивается на 1
  (сдвигается на следующую свободную позицию)
- Если *Head* = *Tail* + 1, то очередь переполнена!

Enqueue(1):

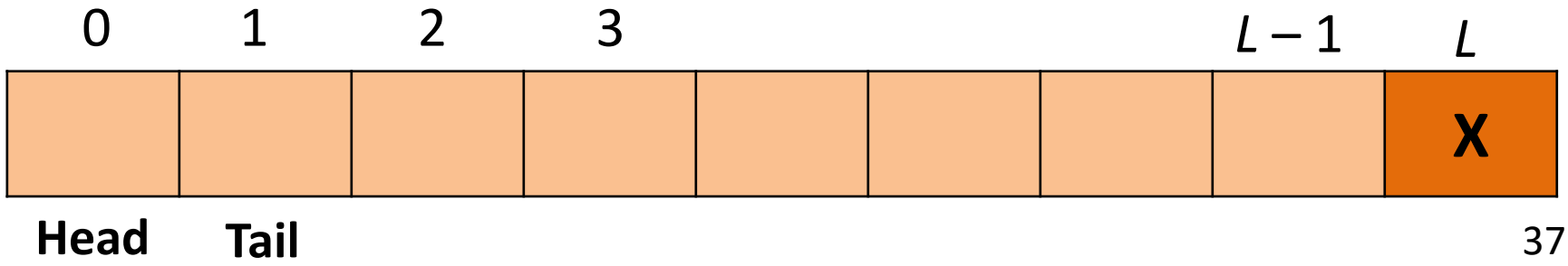


Реализация очереди на основе циклических массивов

- При **удалении** возвращается элемент с номером *Head* % *L*
- Значение *Head* циклически увеличивается на 1 (указывает на следующий элемент очереди)



Dequeue():



Реализация очереди на основе циклических массивов

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

struct queue {
    int *v;
    int head;
    int tail;
    int size;
    int maxsize;
};
```

Реализация очереди на основе циклических массивов

```
/* queue_create: Creates an empty queue */
struct queue *queue_create(int maxsize)
{
    struct queue *q = malloc(sizeof(*q));
    if (q != NULL) {
        q->v = malloc(sizeof(int) * (maxsize + 1));
        if (q->v == NULL) {
            free(q);
            return NULL;
        }
        q->maxsize = maxsize;
        q->size = 0;
        q->head = maxsize + 1;
        q->tail = 0;
    }
    return q;
}
```

$T_{Create} = O(1)$

Реализация очереди на основе циклических массивов

```
/* queue_free: Removes queue */
void queue_free(struct queue *q)
{
    free(q->v);
    free(q);
}

/* queue_size: Returns size of a queue */
int queue_size(struct queue *q)
{
    return q->size;
}
```

Реализация очереди на основе циклических массивов

```
/* queue_enqueue: Add item to the queue */
int queue_enqueue(struct queue *q, int value)
{

    if (q->head == q->tail + 1) {
        fprintf(stderr,
                "queue: Queue overflow\n");
        return -1;
    }

    q->v[q->tail++] = value;
    q->tail = q->tail % (q->maxsize + 1);
    q->size++;
    return 0;
}
```

$T_{Enqueue} = O(1)$

Реализация очереди на основе циклических массивов

```
/* queue_dequeue: Gets item from the queue */
int queue_dequeue(struct queue *q)
{
    if (q->head % (q->maxsize + 1) == q->tail)
    {
        /* Queue is empty */
        fprintf(stderr,
                "queue: Queue is empty\n");
        return -1;
    }

    q->head = q->head % (q->maxsize + 1);
    q->size--;
    return q->v[q->head++];
}
```

$T_{Dequeue} = O(1)$

Реализация очереди на основе циклических массивов

```
int main()
{
    struct queue *q;
    int i, val;

    q = queue_create(10);
    val = queue_dequeue(q);
    for (i = 1; i <= 11; i++) {
        queue_enqueue(q, i);
    }
    for (i = 1; i <= 5; i++) {
        val = queue_dequeue(q);
    }

    queue_free(q);
    return 0;
}
```

Домашнее чтение

- Найти и прочитать о двухсторонней очереди (**дек**, **deque** – double ended queue)
- [DSABook, Глава 7, Глава 8]