

# Семинар #6: Динамический массив. Домашнее задание.

## Задача 1. Новые функции для динамического массива

В папке `dynarray` лежит реализация динамического массива. Вам нужно написать ещё несколько функций для работы с этим динамическим массивом и протестировать их. Функции нужно написать в файле `dynarray.h`, а код для тестирования в файле `main.c`.

### 1.1. `int pop_back(Dynarray* pd)`

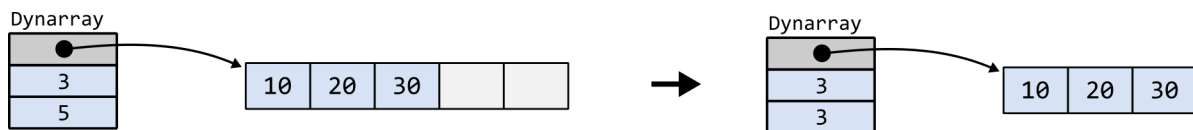
Функция должна будет удалять последний элемент массива и возвращать его. Вместимость массива в этой функции меняться не должна. В случае если массив пуст и удалять нечего функция должна напечатать сообщение об ошибке и выйти из программы.

### 1.2. `void resize(Dynarray* pd, size_t new_size)`

Функция должна будет изменять размер массива на `new_size`. Если `new_size` будет меньше, чем старый размер, то размер массива должен уменьшиться. При увеличении размера новые элементы массива должны быть равны нулю.

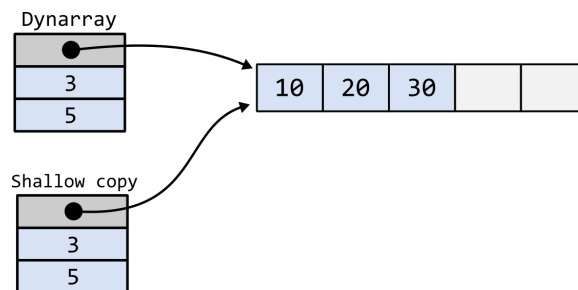
### 1.3. `void shrink_to_fit(Dynarray* pd)`

Функция должна делать вместимость массива равной её размеру.



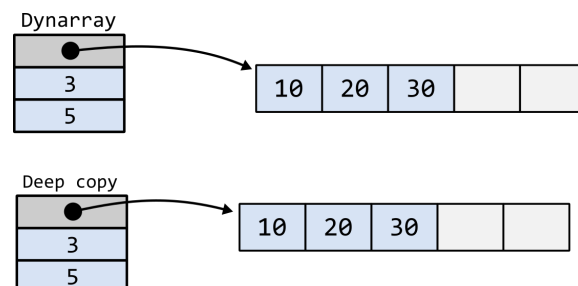
### 1.4. Поверхностная копия: `Dynarray shallow_copy(Dynarray* pd)`

Создаёт поверхностную копию динамического массива. При поверхностном копировании копируется только сам объект, а все ресурсы, связанные с этим объектом не копируются.



### 1.5. Глубокая копия: `Dynarray deep_copy(const Dynarray* pd)`

Создаёт глубокую копию динамического массива. При глубоком копировании копируется и сам объект и все ресурсы, связанные с этим объектом.



## Задача 2. Двусвязный список

Напишите свою реализацию структуры данных двусвязный список, хранящий элементы типа `int`. Узел такого списка будет выглядеть так:

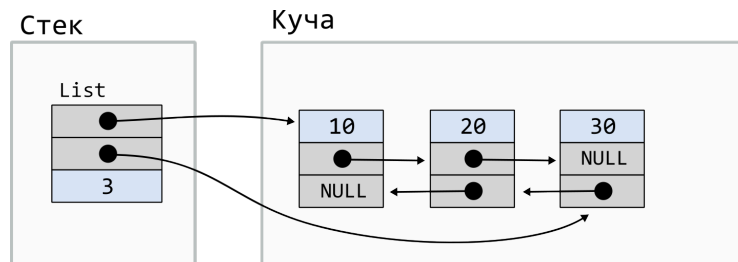
```
struct node
{
    int value;
    struct node* next;
    struct node* prev;
};
typedef struct node Node;
```

Структура для самого двусвязного списка и расположение двусвязного списка в памяти:

```
struct list
{
    Node* head;
    Node* tail;
    size_t size;
};
typedef struct list List;
```

Поля структуры `List`:

- `head` – указатель на первый узел двусвязного списка
- `tail` – указатель на последний узел двусвязного списка
- `size` – количество элементов в двусвязном списке



Вам нужно будет написать и протестировать следующие функции для работы с двусвязным списком. Реализация списка должна находиться в файле `list.h`. Это файл должен подключаться к файлу `main.c`, в котором и должно происходить тестирование списка.

### 2.1. `List init(size_t n)`

Возвращает двусвязный список из `n` нулевых элементов. Если `n` равно нулю, то возвращает пустой двусвязный список, который должен выглядеть вот так:

List(пустой)

NULL
NULL
0

### 2.2. `void print(const List* pl)`

Печатает все элементы списка.

### 2.3. `void push_back(List* pl, int value)`

Добавляет элемент в конец списка.

### 2.4. `int pop_back(List* pl)`

Удаляет элемент из конца списка и возвращает его.

### 2.5. `void push_front(List* pl, int value)`

Добавляет элемент в начало списка.

## 2.6. `int pop_front(List* pl)`

Удаляет элемент из начала списка и возвращает его.

## 2.7. `Node* erase(List* pl, Node* p)`

Указатель `p` указывает на один из узлов списка. Функция должна удалять узел, на который указывает `p`, и возвращать указатель на узел, следующий после удалённого. В случае удаления последнего узла функция должна возвращать `NULL`.

## 2.8. `void splice(List* plist, Node* p, List* pother)`

Переносит все элементы из списка на который указывает `pother` в список на который указывает `plist`. Новые элементы должны быть вставлены сразу перед узлом на который указывает `p`. Порядок элементов не должен измениться. После выполнения этой операции список на который указывает `pother` должен стать пустым.

## 2.9. `void destroy(List* pl)`

Удаляет все элементы списка и зануляет все поля структуры `List`.

## 2.10. `void advance(Node** pp, size_t n)`

Функция должна принимать адрес указателя на один из узлов связного списка и изменяет этот указатель так, чтобы он указывал на `n` узлов вперёд. Если количество узлов до конца списка меньше, чем `n` то функция должна изменить значение указателя на `NULL`.

## 2.11. Тестирование

Протестируйте вашу реализацию списка, используя следующий код:

```
#include <stdio.h>
#include "list.h"
int main()
{
    List a = init(0);

    for (int i = 0; i < 5; ++i)
        push_back(&a, 10 * (i + 1));
    for (int i = 0; i < 5; ++i)
        push_front(&a, 100 * (i + 1));
    print(&a); // Напечатает 500 400 300 200 100 10 20 30 40 50
              //
    printf("%i\n", pop_front(&a)); // Напечатает 500
    printf("%i\n", pop_back(&a));  // Напечатает 50
    print(&a); // Напечатает 400 300 200 100 10 20 30 40
              //
    Node* p = a.head; //
    advance(&p, 3);    //
    p = erase(a, p);   //
    print(&a); // Напечатает 400 300 200 10 20 30 40
              //
    List b = init(0); //
    for (int i = 0; i < 3; ++i) //
        push_back(&a, 1000 * (i + 1)); //
    splice(&a, p, &b); //
              //
    print(&a); // Напечатает 400 300 200 1000 2000 3000 10 20 30 40
    print(&b); // Ничего не напечатает
}
```

### Задача 3. Счет

Напишите программу, которая будет вести себя по-разному в зависимости от того какая опция была передана при компиляции. Программа должна печатать числа от 1 до значения передаваемого на этапе компиляции макроса `COUNT`. То есть, если скомпилировать программу так:

```
gcc -DCOUNT=5 main.c
```

то программа при запуске должна напечатать числа от 1 до 5:

```
1 2 3 4 5
```

В случае же если опции `-DCOUNT` при компиляции программы передано не было, например при такой компиляции:

```
gcc main.c
```

программа при запуске должна напечатать:

```
No Count!
```

# Необязательные задачи (не входят в ДЗ, никак не учитываются)

## Задача 1. Очередь

```
#define CAPACITY 7
typedef int Data;

struct queue
{
    int front;
    int back;
    Data values[CAPACITY];
};
typedef struct queue Queue;

// .....

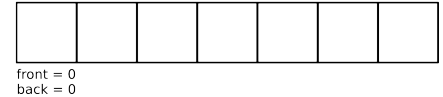
int main()
{
    Queue a;
    queue_init(&a);
    enqueue(&a, 100);
    for (int i = 0; i < 20; ++i)
    {
        enqueue(&a, i);
        dequeue(&a);
    }
    enqueue(&a, 200);
    queue_print(&a);
}
```

Очередь — абстрактный тип данных с дисциплиной доступа к элементам «первый пришёл — первый вышел».

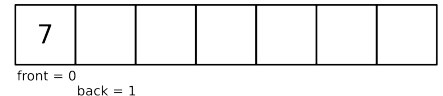
Реализация с помощью массива:

```
Queue b;
b.front = 0;
b.back = 0;
```

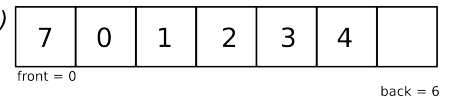
values:



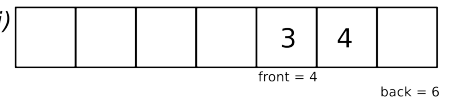
```
enqueue(&b, 7);
```



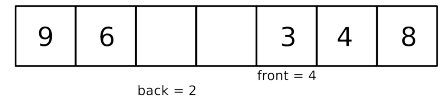
```
for (int i=0;i<5;++i)
    enqueue(&b, i);
```



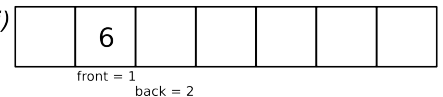
```
for (int i=0;i<4;++i)
    dequeue(&b);
```



```
enqueue(&b, 8);
enqueue(&b, 9);
enqueue(&b, 6);
```



```
for (int i=0;i<4;++i)
    dequeue(&b);
```



### Задача #3: Очередь на основе статического массива:

1. Написать функцию `void queue_init(Queue* q)`, которая будет задавать начальные значения полей `front` и `back`.
2. Написать функцию `void enqueue(Queue* q, Data x)` - добавляет `x` в очередь. Для эффективной реализации очереди, нужно использовать как можно меньше операций и как можно эффективней использовать выделенную память. Поэтому, при заполнении массива, если начало массива свободно, то элементы можно хранить там. (смотрите рисунок)
3. Написать функцию `Data dequeue(Queue* q)` - удаляет элемент из очереди и возвращает его. Для эффективной реализации очереди сдвигать оставшиеся элементы не нужно. Вместо этого можно просто увеличить поле `front`.
4. Написать функцию `int queue_is_empty(const Queue* q)`, которая возвращает 1 если очередь пуста и 0 иначе.
5. Написать функцию `int queue_get_size(const Queue* q)`, которая возвращает количество элементов.
6. Написать функцию `int queue_is_full(const Queue* q)`, которая возвращает 1 если очередь заполнена и 0 иначе. Очередь считается полной, если `size == capacity - 1`.
7. Написать функции `Data queue_get_front(const Queue* q)` и `Data queue_get_back(const Queue* q)`, которые возвращают элементы, находящиеся в начале и в конце очереди соответственно, но не изменяют очередь.

8. Написать функцию `void queue_print(const Queue* q)`, которая распечатывает все элементы очереди.
9. Что произойдёт, если вызвать `enqueue` при полной очереди или `dequeue` при пустой? Обработайте эти ситуации. Программа должна печатать сообщение об ошибке и завершаться с аварийным кодом завершения. Чтобы завершить программу таким образом можно использовать функцию `exit` из библиотеки `stdlib.h`.
10. Протестируйте очередь на следующих тестах:

- (a) В очередь добавляется 4 элемента, затем удаляется 2. Вывести содержимое очереди с помощью `queue_print()`
- (b) В очередь добавляется очень много элементов (больше чем `CAPACITY`). Программа должна напечатать сообщение об ошибке.
- (c) В очередь добавляется 3 элемента, затем удаляется 2, затем добавляется очень много элементов (больше чем `CAPACITY`). Программа должна напечатать сообщение об ошибке.
- (d) В очередь добавляется 3 элемента, затем удаляется 4. Программа должна напечатать сообщение об ошибке.
- (e) В очередь добавляется 2 элемента, затем выполняется следующий цикл:

```
for (int i = 0; i < 10000; ++i)
{
    enqueue(&a, i);
    dequeue(&a);
}
```

Вывести содержимое очереди с помощью `queue_print()`

#### Задача #4: Очередь на основе динамического массива:

Описание такой очереди выглядит следующим образом:

```
struct queue
{
    int capacity;
    int front;
    int back;
    Data* values;
};
typedef struct queue Queue;
```

- 1. Скопируйте код очереди со статическим массивом в новый файл и измените описание структуры как показано выше. Макрос `CAPACITY` больше не нужен, его можно удалить.
- 2. Измените функцию `void queue_init(Queue* q)` на `void queue_init(Queue* q, int initial_capacity)`. Теперь она должна присваивать `capacity` начальное значение `initial_capacity` и выделять необходимую память под массив `values`.
- 3. Измените функцию `void enqueue(Queue* q)`. Теперь, при заполнении очереди должно происходить перевыделение памяти с помощью функции `realloc`. Заполнение очереди достигается когда размер очереди становится равным `capacity - 1` (а не `capacity`, потому что при полном заполнении вместимости `front` будет равняться `back` и мы не сможем понять полная эта очередь или пустая). После перевыделения нужно переместить элементы массива на новые места и изменить `front` и `back`. Если `front != 0`, то нужно переместить элементы массива от `front` до конца старого массива `values` в конец нового массива `values`. (смотрите рисунок ниже)
- 4. Добавьте функцию `void queue_destroy(Queue* q)`, которая будет освобождать память, выделенную под массив `values`.
- 5. Протестируйте очередь: в очередь добавляется много элементов ( $\gg 10^3 > \text{initial\_capacity}$ ). Программа **не** должна напечатать сообщение об ошибке (если только совокупный размер элементов не превышает размер доступной оперативной памяти).

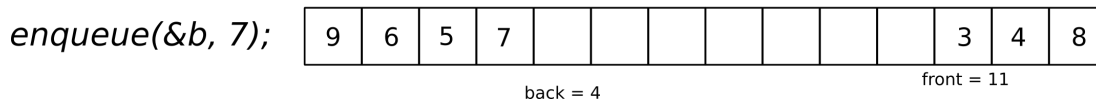
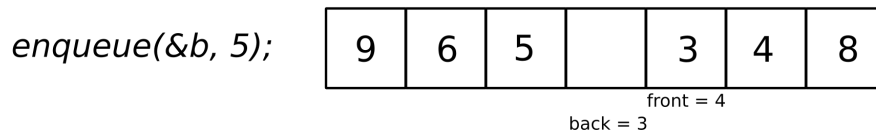
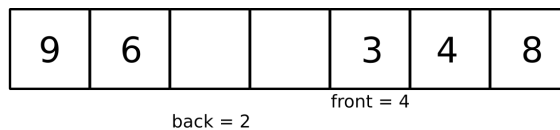
6. В случае, если `malloc` или `realloc` не смогли выделить запрашиваемый объём памяти (например, по причине того, что этот объём больше, чем вся доступная оперативная память или по какой-нибудь иной причине), то они возвращают значение `NULL`. Программа должна это учитывать и завершаться с ошибкой, если нельзя выделить нужный объём памяти.

### Схема перевыделения памяти для очереди на основе динамического массива:

Очередь будет считаться заполненной:

- Если `front == 0`, а `back == capacity - 1`
- Или если `front != 0`, а `front - back == 1`. (А не `front - back == 0`, потому что при полном заполнении вместимости `front` будет равняться `back` и мы не сможем понять полная эта очередь или пустая).

Когда очередь заполнена и мы хотим добавить в неё ещё один элемент, то её нужно увеличить. Делается это так, как представлено на схеме ниже:



- Если `front == 0`, то нужно просто увеличить очередь с помощью `realloc`.
- Если `front != 0`, то нужно ещё и перекопировать хвост очереди в конец и изменить `front`.