

**Отчёт по лабораторной работе № 5**

Дисциплина: Низкоуровневое программирование

Тема: программирование на языке C

Вариант: 5

Выполнил студент гр. 3530901/90002 \_\_\_\_\_ Е. В. Бурков  
(подпись)

Принял преподаватель \_\_\_\_\_ Д. С. Степанов  
(подпись)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 г.

## Содержание

Формулировка задачи.....	3
Вариант задания .....	4
Описание реализованной библиотеки .....	5
Описание форматов файлов, параметров командной строки .....	8
Руководство программиста .....	10
Вывод .....	11
Список использованной литературы и источников .....	12

## **Формулировка задачи**

1. Разработать статическую библиотеку, реализующую определенный вариантом задания абстрактный тип данных.

2. Разработать демонстрационную программу – консольное приложение, обеспечивающее ввод данных из файла (файлов), их обработку и вывод в файл (файлы); имена файлов передаются в качестве параметров командной строки.

## **Требования к ПО**

1. Язык разработки – С.

2. Реализация абстрактного типа данных должна использовать динамическое выделение памяти, при этом должна быть предусмотрена функция деинициализации, обеспечивающая освобождение всей выделенной памяти.

3. Библиотека и демонстрационная программа должны быть снабжены модульными тестами.

4. Разработанный исходный код должен компилироваться gcc без ошибок и предупреждений со следующими параметрами: -std=c11 -pedantic -Wall -Wextra.

5. Сборка библиотеки, демонстрационной программы и модульных тестов должна осуществляться утилитой make.

## Вариант задания

Вариант 5: двоичная куча.

Двоичная куча или пирамида (англ. Binary heap) — такое двоичное подвешенное дерево, для которого выполнены следующие три условия:

- Значение в любой вершине не больше (если куча для минимума), чем значения её потомков.
- На  $i$ -ом слое  $2^i$  вершин, кроме последнего. Слои нумеруются с нуля.
- Последний слой заполнен слева направо (как показано на рисунке)

## Tree representation

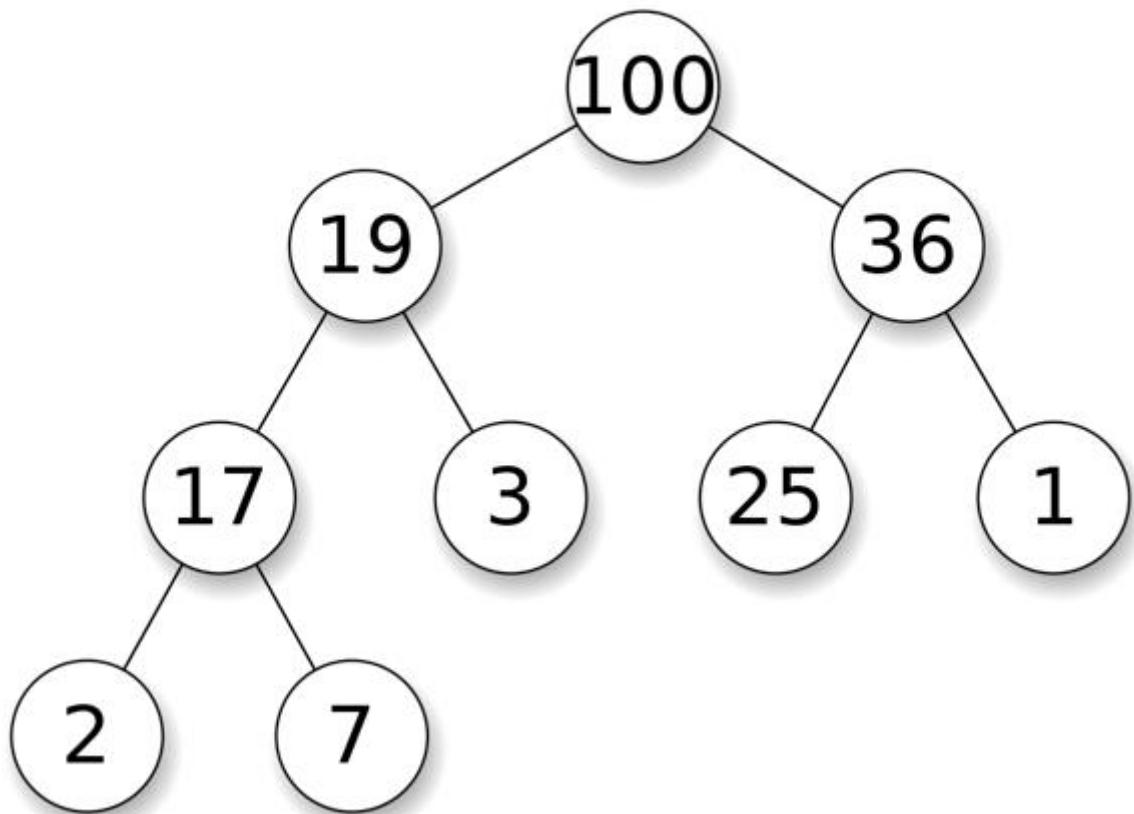


Рис. 1 Бинарная куча максимума

## Описание реализованной библиотеки

Реализуемая куча представляет из себя динамическую структуру данных. Каждая куча хранит динамический массив, в котором находятся значения вершин.

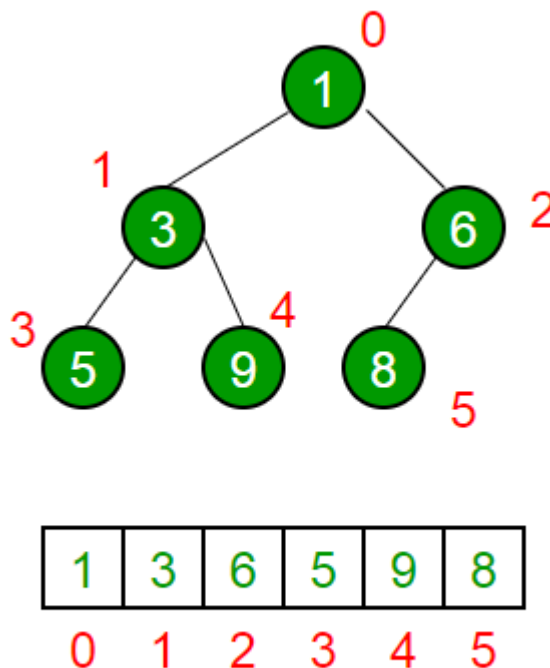


Рис. 2 Представление кучи в массиве

Функции входящие в API библиотеки помечены жёлтым.

### Основные структуры

```
typedef int key_heap;  
typedef unsigned int value_heap;
```

```
typedef struct {  
    key_heap key;  
    value_heap value;  
} pair_heap;
```

```
typedef struct {  
    pair_heap *array;  
    size_t size;  
    unsigned int data;  
    bool max;  
} heap;
```

Была выделена структура для пары ключ + значение и структура самой кучи. В ней указать на массив, в котором находятся вершины кучи, размер кучи, размер выделенной памяти и булева, которая отвечает за вид кучи (max/min).

Создание кучи
---------------

<pre>heap *heapInit(const unsigned int start_data)</pre>
--

Выделение памяти для структуры h и массива. Для массива размер равен start\_data.

Создание max/min-кучи
-----------------------

<pre>heap *maxHeap(const unsigned int start_data) heap *minHeap(const unsigned int start_data)</pre>
--

Просеивание вверх
-------------------

<pre>void heapShiftUp(heap *h, size_t i)</pre>
--

Данный метод необходим для восстановления свойств кучи, когда при добавлении элемента в конец кучи его надо поднять вверх.

Просеивание вниз
------------------

<pre>void heapShiftDown(heap *h, size_t i)</pre>
--

Данный метод необходим для восстановления свойств кучи, когда происходит извлечение корня (при данной процедуре на место корня ставится последнее число и его нужно просеять вниз, чтобы восстановить свойства кучи).

Добавление элемента в кучу
----------------------------

<pre>void heapAdd(heap *h, pair_heap p)</pre>
---

Извлечение корня из кучи
--------------------------

<pre>pair_heap heapRoot(heap *h)</pre>
--

Восстановление свойств кучи
-----------------------------

<pre>void buildHeap(heap *h)</pre>
------------------------------------

### Построение кучи из массива

```
heap *minHeapArray(pair_heap *p, size_t size)
heap *maxHeapArray(pair_heap *p, size_t size)
```

### Пирамидальная сортировка

```
void heapSort(pair_heap *array, size_t size)
```

Отсортировать массив. В данном методе используется куча минимума.

### Деинициализация кучи

```
void heapRemove(heap *h)
```

### Печать кучи на консоль

```
void printHeap(heap *h)
```

## Описание форматов файлов, параметров командной строки

В процессе выполнения работы была выделена программа, использующая статическую библиотеку кучи. Список доступных команд доступны при вызове программы с опцией “—help”.

```
D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>heap --help
Heap sort [-i] [input file] [-o] [output file]
Sorting array of integers
If you use input from CMD print any letter in the end
Heap (-max|-min) tree [-i] [input file] [-o] [output file]
Print heap
Heap (-max|-min) insert [-i] [input file] [-o] [output file]
Deleting max or min key in heap
```

Рис. 3 Перечень доступных команд

Для каждого действия есть одинаковый формат ввода. Опции -i и -o задают входной и выходной файл соответственно. Если при вызове программы таких опций не было, то будет использоваться консоль. При вводе с консоли необходимо заканчивать ввод любой буквой.

### Heap sort

Отсортировать исходный целых чисел массив и вывести его. Используется пирамидальная сортировка. Значения в массиве могут разделяться или пробелами, или отступами.

```
D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>heap sort -i input.txt -o output.txt
D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>
```

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
23	23	2	342	14 21 42 2

Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
2	2	14	21	23 23 42 342

Рис. 4 Примеры работы Heap sort



## Heap tree

Сформировать кучу из массива данных вида (ключ + значение) и вывести дерево данной кучи. Ключ и значение отделяются пробелами, пары отделяются отступами или пробелами.

```
D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>heap -max tree -i heap.txt.txt
\ -42 (4)
|
| -42 (2)
|   |
|   | -2 (3)
|       |
|       \ -32 (23)
|
| -4 (2)
```

Рис. 5 Пример работы Heap tree

## Heap extract

Изъять корень из кучи. Может использоваться для нахождения максимума минимума набора данных.

```
D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>heap -min tree -i heap.txt
\_ -1 (23)\_
|
| -32 (4)\_
|   |
|   | -42 (4)\_
|       |
|       \ -42 (2)\_
|
| -1 (2)\_
|   |
|   | -4 (1)\_
|       |
|       \ -222 (11)\_

D:\projects\lowlevelprog\lowlevelprog\lab5\heap\src>heap -min extract -i heap.txt -o heap.txt
key=-1 value=23 was extracted
```

Рис. 6 Пример работы Heap extract

## Руководство программиста

Для использования библиотеки и приложения необходимо клонировать git репозиторий проекта к себе на машину.

```
git clone https://github.com/wooftown/lowlevelprog.git
```

После при помощи утилиты make собираем библиотеку. Необходимо в корневом каталоге проекта в консоли выполнить:

```
make
```

(При использовании Linux заметь переменные RM, а также расширение исполняемых файлов). Для сборки приложения в корневой папке вводится:

```
make cmd
```

После этой команды запуститься мейк-файл из папки src, который проверит, собрана ли библиотека и после скомпилирует консольное приложение.

```
make samples
```

После этой команды запуститься демонстрационная программа.

Для выполнения модульных тестов

```
make test
```

Данная команда запускает мейк-файл из папки test. Данный файл запускает модульные тесты и выводит их результаты в консоль.

## **Вывод**

В процессе выполнения лабораторной работы была реализована статически линкуемая библиотека с функциональностью бинарной кучи. Была реализована консольная утилита, использующая нашу библиотеку. Были написаны модульные тесты. Реализованы мейк-файлы для сборки библиотеки, приложения, выполнения тестов и демонстрации работы программы. Все файлы представлены в репозитории <https://github.com/wooftown/lowlevelprog> .

## **Список использованной литературы и источников**

- Язык программирования Си 3-е издание Брайан Керниган, Деннис Ритчи
- C Interfaces and Implementations: Techniques for Creating Reusable Software by David Hanson
- [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Двоичная\\_куча](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Двоичная_куча)
- <https://github.com/ennorehling/cutest>