

Московский Авиационный Институт  
(Национальный Исследовательский Университет)  
Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”  
Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

**Лабораторная работа № 4 по курсу**  
**«Операционные системы»**

Группа: М8О-214Б-23

Студент: Шестаков К. Р.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: \_\_\_\_\_

Дата: 13.01.25

Москва, 2024

# Постановка задачи

## Вариант 5.

Исследовать два аллокатора памяти: необходимо реализовать два алгоритма аллокации памяти и сравнить их по следующим характеристикам:

- Фактор использования
- Скорость выделения блоков
- Скорость освобождения блоков
- Простота использования аллокатора

Требуется создать две динамические библиотеки, реализующие два аллокатора, соответственно. Библиотеки загружаются в память с помощью интерфейса ОС (dlopen / LoadLibrary) для работы с динамическими библиотеками. Выбор библиотеки, реализующей аллокатор, осуществляется чтением первого аргумента при запуске программы (argv[1]). Этот аргумент должен содержать путь до динамической библиотеки (относительный или абсолютный).

Если аргумент не передан или по переданному пути библиотеки не оказалось, то указатели на функции, реализующие API аллокатора ниже, должны быть присвоены функциям, которые оборачивают системный аллокатор ОС (mmap / VirtualAlloc) в этот API. Эти аварийные оберточные функции должны быть реализованы внутри программы, которая загружает динамические библиотеки (см. пример на GitHub Gist). Каждый аллокатор памяти должен иметь функции аналогичные стандартным функциям malloc free (realloc, опционально). Перед работой каждый аллокатор инициализируется свободными страницами памяти, выделенными стандартными средствами ядра (mmap / VirtualAlloc). Необходимо самостоятельно разработать стратегию тестирования для определения ключевых характеристик аллокаторов памяти. При тестировании нужно свести к минимуму потери точности из-за накладных расходов при измерении ключевых характеристик, описанных выше.

Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса и алгоритм двойников

## Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы Windows:

VirtualAlloc: Выделение блока виртуальной памяти заданного размера. Используется для получения памяти под аллокаторы и их нужды.

VirtualFree: Освобождение блока памяти, выделенного через VirtualAlloc.

LoadLibraryA: Загрузка динамической библиотеки (DLL) в память процесса. Применяется для загрузки библиотек с реализациями аллокаторов.

GetProcAddress: Получение адреса экспортируемой функции из загруженной DLL. Используется для доступа к функциям API аллокаторов.

FreeLibrary: Выгрузка динамической библиотеки из памяти процесса.

Работа программы main.c:

Программа тестирует два алгоритма аллокации памяти, реализованных в отдельных DLL.

**Выбор аллокатора:** При запуске проверяет аргумент командной строки. Если он есть и указывает на существующую DLL, загружает её (LoadLibraryA). В противном случае использует обертки вокруг VirtualAlloc/VirtualFree.

**Получение функций:** Из загруженной DLL (GetProcAddress) или из обертки получает указатели на функции API аллокатора (allocator\_create, allocator\_destroy, allocator\_alloc, allocator\_free).

**Инициализация:** Выделяет память (VirtualAlloc) и инициализирует выбранный аллокатор (allocator\_create).

**Бенчмарк:** Многократно выделяет (allocator\_alloc) и освобождает (allocator\_free) случайные блоки памяти случайных размеров, измеряя время выполнения этих операций.

**Деинициализация:** Деинициализирует аллокатор (allocator\_destroy) и выгружает DLL (FreeLibrary), если она загружалась.

**Вывод результатов:** Выводит информацию о времени выделения и освобождения памяти, а также факторе использования памяти.

## **Подробное описание каждого из исследуемых алгоритмов**

### **Алгоритм Buddy System (алгоритм двойников)**

#### **Описание:**

Алгоритм Buddy System (алгоритм двойников) является методом управления памятью, основанным на выделении блоков памяти размером, равным степени двойки. Основная идея заключается в рекурсивном разделении больших блоков свободной памяти на два равных блока-«близнеца» до тех пор, пока не будет найден блок подходящего размера для запроса.

#### **Выделение памяти:**

1. При поступлении запроса на выделение памяти ищется свободный блок, размер которого является наименьшей степенью двойки, большей или равной запрошенному размеру.
2. Если такого блока нет, ищется блок большего размера, который затем рекурсивно делится на пары «близнецов», пока не будет получен блок нужного размера.
3. Один из «близнецов» выделяется, а другой остается свободным.

#### **Освобождение памяти:**

1. При освобождении блока памяти проверяется, является ли его «близнец» также свободным.
2. Если да, то оба блока объединяются в блок большего размера, и этот процесс повторяется рекурсивно до тех пор, пока «близнец» не окажется занятым или не будет достигнут максимальный размер блока.

#### **Преимущества:**

- Простота реализации.

- Быстрое выделение и освобождение (операции деления и объединения сводятся к простым арифметическим и битовым операциям).

#### **Недостатки:**

- Внутренняя фрагментация (выделяется блок размером, кратным степени двойки, что может привести к неиспользуемому пространству внутри блока).
- Потенциальные проблемы с внешней фрагментацией в определенных сценариях.

### **Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса**

#### **Описание:**

Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса (также известный как менеджер свободных списков) является более гибким подходом к управлению памятью. Он поддерживает список свободных блоков памяти переменного размера. Здесь используется вариант, основанный на разбиении страниц на блоки фиксированных размеров, кратных степени двойки, и поддержании списка свободных блоков для каждого размера.

#### **Выделение памяти:**

1. Запрошенный размер памяти выравнивается вверх до ближайшей степени двойки.
2. Вычисляется порядок блока (степень двойки, соответствующая размеру).
3. Проверяется наличие свободного блока соответствующего порядка.
4. Если свободный блок есть, он извлекается из списка свободных и возвращается пользователю.
5. Если свободного блока нет, выделяется новая страница памяти, которая разбивается на блоки нужного порядка. Первый блок возвращается пользователю, а остальные добавляются в список свободных.

#### **Освобождение памяти:**

1. По адресу освобождаемой памяти определяется страница, к которой она принадлежит.
2. Вычисляется порядок блока, соответствующий размеру блока на этой странице.
3. Освобождаемый блок добавляется в начало списка свободных блоков соответствующего порядка.
4. Проверяется, все ли блоки на странице свободны.
5. Если все блоки на странице свободны, они удаляются из списка свободных, а страница возвращается в список свободных страниц.

#### **Преимущества:**

- Более гибкое использование памяти по сравнению с Buddy System, так как блоки могут быть разных размеров, хотя и кратных степени двойки.
- Меньшая внутренняя фрагментация, чем у Buddy System, так как блок выделяется размером, максимально близким к запрошенному (но все равно кратным степени двойки).

#### **Недостатки:**

- Более сложная реализация, чем у Buddy System.
- Потенциально более медленное выделение и освобождение по сравнению с Buddy System из-за необходимости поиска по спискам свободных блоков и управления страницами.
- Внешняя фрагментация все равно возможна, хотя и в меньшей степени, чем у Buddy System, так как блоки одного порядка могут быть разбросаны по разным страницам.

## Сравнение характеристик

Характеристика	Алгоритм Buddy System	Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса
Фактор использования	Ниже (из-за внутренней фрагментации)	Выше
Скорость выделения блоков	Выше	Ниже (из-за поиска по спискам свободных)
Скорость освобождения блоков	Выше	Ниже (из-за управления страницами)
Простота использования аллокатора	Проще	Сложнее
Внутренняя фрагментация	Выше	Ниже
Внешняя фрагментация	Потенциально выше	Потенциально ниже, но все еще возможна

## Процесс тестирования

Для тестирования реализованных аллокаторов памяти был разработан следующий процесс:

1. **Динамическая загрузка библиотек:** Программа main.c принимает в качестве аргумента путь к динамической библиотеке. Используются системные вызовы LoadLibrary/FreeLibrary для загрузки и выгрузки библиотеки, а также GetProcAddress для получения указателей на функции API аллокатора (allocator\_create, allocator\_destroy, allocator\_alloc, allocator\_free).
2. **Инициализация аллокатора:** После загрузки библиотеки выделяется статический буфер памяти (MEMORY\_SIZE) с помощью VirtualAlloc. Затем вызывается функция allocator\_create из загруженной библиотеки для инициализации аллокатора в выделенном буфере.
3. **Серия выделений и освобождений:** Выполняется заданное количество (ALLOCATIONS) итераций. На каждой итерации генерируется случайный размер блока (rand() % MAX\_ALLOC\_SIZE + 1). Затем вызывается функция allocator\_alloc для выделения блока памяти этого размера. Выделенные блоки сохраняются в массиве allocations.
4. **Измерение времени выделения:** Измеряется общее время, затраченное на все операции выделения, с использованием высокоточного таймера (QueryPerformanceCounter для Windows).
5. **Освобождение выделенных блоков:** После всех выделений выполняется последовательное освобождение всех выделенных ранее блоков с помощью функции allocator\_free.
6. **Измерение времени освобождения:** Аналогично времени выделения, измеряется общее время, затраченное на операции освобождения.
7. **Расчет фактора использования:** После всех операций выделения рассчитывается общий объем успешно выделенной памяти и делится на общий размер доступной памяти (MEMORY\_SIZE) для определения фактора использования. В коде Мак-Кьюзика-Кэрелса и Buddy System нужно доделать подсчет общего объема успешно выделенной памяти.
8. **Деинициализация и выгрузка:** После тестирования вызываются функции allocator\_destroy для деинициализации аллокатора и FreeLibrary/dlclose для выгрузки динамической библиотеки.

9. **Тестирование системного аллокатора:** Если при запуске не был указан путь к динамической библиотеке или загрузка библиотеки не удалась, программа использует обертки вокруг системных функций VirtualAlloc/VirtualFree (Windows) или mmap/munmap (Linux/macOS) для имитации работы аллокатора. Это позволяет сравнить производительность пользовательских аллокаторов с системным.

## Обоснование подхода тестирования

Выбранный подход к тестированию основан на следующих принципах:

- **Реалистичная нагрузка:** Моделируется ситуация, когда приложение выполняет многократные выделения и освобождения блоков памяти различных размеров, что типично для многих программ. Использование случайных размеров выделяемых блоков приближает нагрузку к реальным условиям.
- **Изоляция аллокатора:** Использование динамических библиотек позволяет изолировать реализацию каждого аллокатора и избежать влияния других частей программы на результаты тестирования.
- **Измерение ключевых характеристик:** Основное внимание уделяется измерению времени выделения и освобождения памяти, поскольку это критически важные параметры производительности аллокаторов. Фактор использования также является важной характеристикой, показывающей эффективность использования доступной памяти.
- **Сравнение с системным аллокатором:** Предоставление возможности использовать системный аллокатор в качестве "резервного" варианта позволяет получить базовые показатели производительности и сравнить с ними пользовательские реализации. Это помогает оценить, насколько разработанные аллокаторы эффективнее (или менее эффективны) стандартных средств.
- **Минимизация накладных расходов измерения:** Измерение общего времени для большого количества операций (ALLOCATIONS) позволяет усреднить случайные колебания и уменьшить влияние накладных расходов, связанных с вызовами функций измерения времени.

## Результаты тестирования

Результаты тестирования представлены ниже:

Аллокатор	Время выделения (секунды)	Время освобождения (секунды)	Фактор использования
Мак-Кьюзика- Кэрелса	0.000356	0.000022	0.788512
Buddy System	0.000471	0.000024	0.364687
Системный (VirtualAlloc)	0.002516	0.000007	N/A

**Примечание:** Фактор использования для системного аллокатора не рассчитывается, так как в данном тесте он не выделяет память через allocator\_alloc, а напрямую использует VirtualAlloc (без обертки), в результате чего переменная total\_allocated не изменяется.

## Анализ результатов

Сравнительный анализ результатов тестирования аллокаторов памяти показал следующее:

- **Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса** показал более высокий фактор использования по сравнению с Buddy System, но немного медленнее по времени выделения. Это связано с тем, что данный алгоритм лучше утилизирует маленькие блоки в страницах, что уменьшает фрагментацию.
- **Buddy System** оказался незначительно медленнее по времени выделения, чем Мак-Кьюзика-Кэрелса. Его фактор использования ниже из-за выделения блоков размерами, кратными степеням двойки, что приводит к внутренней фрагментации.
- **Системный аллокатор** (в данном случае - обертка VirtualAlloc) показал наихудшее время выделения, так как выделяет по странице за раз, но лучшее время освобождения, т.к. освобождает сразу всю страницу.

## Код программы

### allocator.h

```
#ifndef ALLOCATOR_H
#define ALLOCATOR_H

#include <stddef.h>

typedef struct Allocator Allocator;

Allocator *allocator_create(void *const memory, const size_t size);
void allocator_destroy(Allocator *const allocator);
void *allocator_alloc(Allocator *const allocator, const size_t size);
void allocator_free(Allocator *const allocator, void *const memory);

#endif
```

### buddy.c

```
#include "allocator.h"

#include <stddef.h>

#include <windows.h>

#define MIN_ORDER 3

#define MAX_ORDER 20

typedef struct Block
{
    unsigned char order;

    unsigned char is_free;

    struct Block *next;
```

```

    struct Block *prev;

} Block;

struct Allocator
{
    void *memory;

    size_t size;

    Block *free_lists[MAX_ORDER - MIN_ORDER + 1];
};

static size_t align(size_t size)
{
    return (size + sizeof(void *) - 1) & ~(sizeof(void *) - 1);
}

static size_t get_block_size(int order)
{
    return 1 << order;
}

static int get_order(size_t size)
{
    int order = MIN_ORDER;

    size_t block_size = get_block_size(order);

    while (block_size < size)
    {
        order++;

        block_size = get_block_size(order);
    }

    return order;
}

```



```

static Block *get_buddy(Allocator *allocator, Block *block)
{
    size_t block_size = get_block_size(block->order);
    size_t offset = (char *)block - (char *)allocator->memory;
    size_t buddy_offset = offset ^ block_size;
    return (Block *)((char *)allocator->memory + buddy_offset);
}

static void add_to_free_list(Allocator *allocator, Block *block)
{
    int order = block->order;
    block->is_free = 1;
    block->next = allocator->free_lists[order - MIN_ORDER];
    block->prev = NULL;
    if (allocator->free_lists[order - MIN_ORDER] != NULL)
    {
        allocator->free_lists[order - MIN_ORDER]->prev = block;
    }
    allocator->free_lists[order - MIN_ORDER] = block;
}

static void remove_from_free_list(Allocator *allocator, Block *block)
{
    int order = block->order;
    if (block->prev != NULL)
    {
        block->prev->next = block->next;
    }
    else
    {
        allocator->free_lists[order - MIN_ORDER] = block->next;
    }
}

```

```

        if (block->next != NULL)
        {
            block->next->prev = block->prev;
        }
    }

Allocator *allocator_create(void *const memory, const size_t size)
{
    if (memory == NULL || size == 0)
    {
        return NULL;
    }

    Allocator *allocator = (Allocator *)memory;
    allocator->memory = (char *)memory + sizeof(Allocator);
    allocator->size = size - sizeof(Allocator);

    for (int i = 0; i <= MAX_ORDER - MIN_ORDER; i++)
    {
        allocator->free_lists[i] = NULL;
    }

    int order = MAX_ORDER;
    size_t block_size = get_block_size(order);
    while (block_size > allocator->size && order > MIN_ORDER)
    {
        order--;
        block_size = get_block_size(order);
    }

    Block *initial_block = (Block *)allocator->memory;
    initial_block->order = order;

```

```

        add_to_free_list(allocator, initial_block);

    return allocator;
}

void allocator_destroy(Allocator *const allocator)
{
}

void *allocator_alloc(Allocator *const allocator, const size_t size)
{
    if (allocator == NULL || size == 0)
    {
        return NULL;
    }

    size_t alloc_size = align(size + sizeof(Block));
    int order = get_order(alloc_size);

    if (order > MAX_ORDER)
    {
        return NULL;
    }

    for (int i = order; i <= MAX_ORDER; i++)
    {
        if (allocator->free_lists[i - MIN_ORDER] != NULL)
        {
            Block *block = allocator->free_lists[i - MIN_ORDER];

            remove_from_free_list(allocator, block);

            while (block->order > order)

```

```

        {
            block->order--;

            Block *buddy = get_buddy(allocator, block);

            buddy->order = block->order;

            add_to_free_list(allocator, buddy);
        }

        block->is_free = 0;

        return (char *)block + sizeof(Block);
    }
}

return NULL;
}

void allocator_free(Allocator *const allocator, void *const memory)
{
    if (allocator == NULL || memory == NULL)
    {
        return;
    }

    Block *block = (Block *)((char *)memory - sizeof(Block));

    block->is_free = 1;

    while (block->order < MAX_ORDER)
    {
        Block *buddy = get_buddy(allocator, block);

        if (!buddy->is_free || buddy->order != block->order)
        {
            break;
        }
    }
}

```

```

        remove_from_free_list(allocator, buddy);

        if (block > buddy)
        {
            Block *temp = block;

            block = buddy;
            buddy = temp;
        }

        block->order++;
    }

    add_to_free_list(allocator, block);
}

```

### mckusick karels.c

```

#include "allocator.h"
#include <stddef.h>
#include <stdint.h>
#include <limits.h>

#define PAGE_SIZE 4096
#define MAX_ORDER 12

typedef struct Page
{
    union
    {
        struct Page *next_free;
        size_t block_size;
    };
} Page;

typedef struct FreeBlock
{
    struct FreeBlock *next;
} FreeBlock;

struct Allocator
{
    size_t num_pages;
    Page *pages;
}

```

```

FreeBlock *free_lists[MAX_ORDER + 1];
Page *free_pages;
};

static size_t align_up(size_t size, size_t alignment)
{
    return (size + alignment - 1) & ~(alignment - 1);
}

static int get_order(size_t size)
{
    for (int order = 0; order <= MAX_ORDER; ++order)
    {
        if ((1UL << order) >= size)
        {
            return order;
        }
    }
    return -1;
}

Allocator *allocator_create(void *const memory, const size_t size)
{
    if (size < sizeof(Allocator))
        return NULL;
    Allocator *allocator = (Allocator *)memory;
    allocator->num_pages = size / PAGE_SIZE;
    allocator->pages = (Page *)((char *)memory + sizeof(Allocator));
    allocator->free_pages = NULL;

    for (size_t i = 0; i < allocator->num_pages; ++i)
    {
        allocator->pages[i].next_free = allocator->free_pages;
        allocator->free_pages = &allocator->pages[i];
    }

    for (int i = 0; i <= MAX_ORDER; ++i)
    {
        allocator->free_lists[i] = NULL;
    }

    return allocator;
}

void allocator_destroy(Allocator *const allocator)
{
}

void *allocator_alloc(Allocator *const allocator, const size_t size)
{
    if (size == 0 || size > (1UL << MAX_ORDER))
        return NULL;

    size_t aligned_size = align_up(size, sizeof(void *));

```

```

int order = get_order(aligned_size);
if (order == -1)
    return NULL;

if (allocator->free_lists[order] != NULL)
{
    FreeBlock *block = allocator->free_lists[order];
    allocator->free_lists[order] = block->next;
    return block;
}

if (allocator->free_pages == NULL)
{
    return NULL;
}

Page *free_page = allocator->free_pages;
allocator->free_pages = free_page->next_free;

size_t block_size = 1UL << order;
free_page->block_size = block_size;
size_t num_blocks = PAGE_SIZE / block_size;
char *page_start = (char *)free_page;

for (size_t i = 0; i < num_blocks; ++i)
{
    FreeBlock *block = (FreeBlock *)(page_start + i * block_size);
    if (i == 0)
    {
        allocator->free_lists[order] = block;
    }
    if (i < num_blocks - 1)
    {
        block->next = (FreeBlock *)(page_start + (i + 1) * block_size);
    }
    else
    {
        block->next = NULL;
    }
}

FreeBlock *block = allocator->free_lists[order];
allocator->free_lists[order] = block->next;
return block;
}

void allocator_free(Allocator *const allocator, void *const memory)
{
    if (memory == NULL)
        return;
    Page *page = NULL;
    for (size_t i = 0; i < allocator->num_pages; ++i)
    {
        char *page_start = (char *)&allocator->pages[i];

```

```

    char *page_end = page_start + PAGE_SIZE;
    if (memory >= (void *)page_start && memory < (void *)page_end)
    {
        page = &allocator->pages[i];
        break;
    }
}

if (page == NULL || page->block_size == 0)
{
    return;
}

int order = get_order(page->block_size);
if (order == -1)
    return;
FreeBlock *block_to_free = (FreeBlock *)memory;
block_to_free->next = allocator->free_lists[order];
allocator->free_lists[order] = block_to_free;

size_t block_size = 1UL << order;
size_t num_blocks = PAGE_SIZE / block_size;
char *page_start = (char *)page;
int is_page_free = 1;
for (size_t i = 0; i < num_blocks; ++i)
{
    FreeBlock *block = allocator->free_lists[order];
    while (block != NULL)
    {
        if ((void *)block == (void *)(page_start + i * block_size))
        {
            break;
        }
        block = block->next;
    }
    if (block == NULL)
    {
        is_page_free = 0;
        break;
    }
}

if (is_page_free)
{
    FreeBlock **head = &allocator->free_lists[order];
    while (*head != NULL)
    {
        if (*head >= (FreeBlock *)page_start && *head < (FreeBlock *) (page_start +
PAGE_SIZE))
        {
            *head = (*head)->next;
        }
        else

```



```

        {
            head = &(*head)->next;
        }
    }

    page->next_free = allocator->free_pages;
    allocator->free_pages = page;
    page->block_size = 0;
}
}

```

## main.c

```

#include "allocator.h"

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

#include <time.h>

#include <windows.h>

#define MEMORY_SIZE (1 << 20)

#define ALLOCATIONS 10000

#define MAX_ALLOC_SIZE 4096

typedef Allocator *(*allocator_create_func)(void *const memory, const size_t
size);

typedef void (*allocator_destroy_func)(Allocator *const allocator);

typedef void *(*allocator_alloc_func)(Allocator *const allocator, const size_t
size);

typedef void (*allocator_free_func)(Allocator *const allocator, void *const
memory);

static void *sys_alloc(size_t size)
{
    return VirtualAlloc(NULL, size, MEM_COMMIT | MEM_RESERVE, PAGE_READWRITE);
}

static void sys_free(void *ptr, size_t size)
{
    VirtualFree(ptr, 0, MEM_RELEASE);
}

```

```

}

long long get_current_time_ns()
{
    LARGE_INTEGER count, freq;

    QueryPerformanceCounter(&count);

    QueryPerformanceFrequency(&freq);

    return (long long)((double)count.QuadPart / freq.QuadPart * 1000000000.0);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    void *memory = sys_alloc(MEMORY_SIZE);

    if (memory == NULL)
    {
        fprintf(stderr, "Failed to allocate memory\n");

        return 1;
    }

    allocator_create_func create_func = NULL;
    allocator_destroy_func destroy_func = NULL;
    allocator_alloc_func alloc_func = NULL;
    allocator_free_func free_func = NULL;

    HMODULE lib = NULL;

    if (argc > 1)
    {
        lib = LoadLibraryA(argv[1]);

        if (lib == NULL)
        {

```

```

        fprintf(stderr, "Failed to load library: %s\n", argv[1]);

        fprintf(stderr, "Error code: %lu\n", GetLastError());

    }

    else

    {

        create_func = (allocator_create_func)GetProcAddress(lib,
"allocator_create");

        destroy_func = (allocator_destroy_func)GetProcAddress(lib,
"allocator_destroy");

        alloc_func = (allocator_alloc_func)GetProcAddress(lib,
"allocator_alloc");

        free_func = (allocator_free_func)GetProcAddress(lib,
"allocator_free");

        if (create_func == NULL || destroy_func == NULL || alloc_func == NULL
|| free_func == NULL)

        {

            fprintf(stderr, "Failed to get function addresses\n");

            FreeLibrary(lib);

            lib = NULL;

        }

    }

}

if (create_func == NULL)

{

    create_func = (allocator_create_func)sys_alloc;

    destroy_func = (allocator_destroy_func)sys_free;

    alloc_func = (allocator_alloc_func)sys_alloc;

    free_func = (allocator_free_func)sys_free;

}

Allocator *allocator = create_func(memory, MEMORY_SIZE);

if (allocator == NULL && lib != NULL)

```

```

{
    fprintf(stderr, "Failed to create allocator\n");
    FreeLibrary(lib);
    sys_free(memory, MEMORY_SIZE);
    return 1;
}

void *allocations[ALLOCATIONS];
size_t allocation_sizes[ALLOCATIONS];
size_t total_allocated = 0;
int allocation_indices[ALLOCATIONS];

// Initialize allocation indices
for (int i = 0; i < ALLOCATIONS; i++)
{
    allocation_indices[i] = i;
}

long long start_alloc = get_current_time_ns();
for (int i = 0; i < ALLOCATIONS; i++)
{
    size_t size = rand() % MAX_ALLOC_SIZE + 1;
    allocations[i] = alloc_func(allocator, size);
    if (allocations[i] != NULL)
    {
        allocation_sizes[i] = size;
        total_allocated += size;
    }
    else
    {
        allocation_sizes[i] = 0;
    }
}

```

```

}

long long end_alloc = get_current_time_ns();

for (int i = ALLOCATIONS - 1; i > 0; i--)
{
    int j = rand() % (i + 1);

    int temp = allocation_indices[i];

    allocation_indices[i] = allocation_indices[j];

    allocation_indices[j] = temp;
}

long long start_free = get_current_time_ns();
for (int i = 0; i < ALLOCATIONS; i++)
{
    int index = allocation_indices[i];

    if (allocations[index] != NULL)
    {
        free_func(allocator, allocations[index]);
    }
}

long long end_free = get_current_time_ns();

if (allocator != NULL && create_func != (allocator_create_func)sys_alloc)
{
    destroy_func(allocator);
}

if (lib != NULL)
{
    FreeLibrary(lib);
}

```

```

    if (create_func == (allocator_create_func)sys_alloc)
    {
        sys_free(memory, MEMORY_SIZE);
    }

    printf("Total allocated: %zu bytes\n", total_allocated);

    printf("Allocation time: %f seconds\n", (double)(end_alloc - start_alloc) /
1000000000.0);

    printf("Free time: %f seconds\n", (double)(end_free - start_free) /
1000000000.0);

    if (total_allocated > 0)
    {
        printf("Usage factor: %f\n", (double)total_allocated / MEMORY_SIZE);
    }
    else
    {
        printf("Usage factor: N/A (no successful allocations)\n");
    }

    return 0;
}

```

## Протокол работы программы

Компиляция и запуск:

```

gcc -shared -o mckusick_karels.dll mckusick_karels.c "-Wl,--out-implib,libmckusick_karels.a"
gcc -shared -o buddy.dll buddy.c "-Wl,--out-implib,libbuddy.a"
gcc main.c -o main.exe -L. -lmckusick_karels -lbuddy

```

### Тестирование:

PS D:\code\osi\lab4> .\main.exe mckusick\_karels.dll

Total allocated: 826815 bytes

Allocation time: 0.000356 seconds

Free time: 0.000022 seconds

Usage factor: 0.788512

PS D:\code\osi\lab4> .\main.exe buddy.dll

Total allocated: 382402 bytes

Allocation time: 0.000471 seconds

Free time: 0.000024 seconds

Usage factor: 0.364687

PS D:\code\osi\lab4> .\main.exe

Total allocated: 0 bytes

Allocation time: 0.002516 seconds

Free time: 0.000007 seconds

Usage factor: N/A (no successful allocations)

**nttrace:**

## buddy.log

Loaded DLL at 00007FF8B8110000 C:\Windows\SYSTEM32\ntdll.dll

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc38 [0x00007ff5d44c0000], ZeroBits=0x000000004785ff430, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0x4785ff398, DataCount=1) => 0

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc30 [0x00007ff5d64c0000], ZeroBits=0x000000004785ff438, pSize=0x1000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=null, DataCount=0) => 0

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dca0 [0x00007ff4d44a0000], ZeroBits=0x000000004785ff3e0, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0x4785ff348, DataCount=1) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785feee0 [0x000001d86d360000], ZeroBits=0, pSize=0x4785feee8 [0x00180000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0

NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785feee0 [0x000001d86d360000], pSize=0x4785feed8 [0x00080000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785feec8 [0x000001d86d3e0000], ZeroBits=0, pSize=0x4785feec0 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fed30 [0x000001d86d3e2000], ZeroBits=0, pSize=0x4785fedd8 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785ff510 [0x000001d86d300000], pSize=0x4785ff518 [0x00020000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fe960 [0x000001d86d3e4000], ZeroBits=0, pSize=0x4785fea08 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B6FE0000 C:\Windows\System32\KERNEL32.DLL

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x5c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1d86d3e3e70 [0x00007ff8b6fe0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1d86d3e3dd0 [0x000c2000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B5E30000 C:\Windows\System32\KERNELBASE.dll

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x40, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1d86d3e4550 [0x00007ff8b5e30000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1d86d3e44b0 [0x002fe000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0

NtCreateSection(SectionHandle=0x4785feab0 [0x5c],

DesiredAccess=DELETE|READ\_CONTROL|WRITE\_DAC|WRITE\_OWNER|0x1f,

ObjectAttributes=null, SectionSize=0x4785feaa0 [65536], Protect=4, Attributes=0x08000000, FileHandle=0) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x40, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x4785feaa8 [0x00007ff4d43a0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x4785feab8 [0x00100000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0x00500000, Protect=2) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fe490 [0x000001d86d3e5000], ZeroBits=0, pSize=0x4785fe538 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fe3b0 [0x000001d86d3e6000], ZeroBits=0, pSize=0x4785fe458 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x7c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x4785feae0 [0x000001d86d310000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x4785feae8 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x80, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x4785feae0 [0x000001d86d360000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x4785feae8 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x84, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x4785feae0 [0x000001d86d370000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x4785feae8 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fe4f0 [0x000001d86d3e7000], ZeroBits=0, pSize=0x4785fe598 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B6250000 C:\Windows\System32\msvcrt.dll



```

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0xa4, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1d86d3e6f10
[0x00007ff8b6250000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1d86d3e3dd0
[0x00009e000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fec00 [0x000001d86d5b0000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785fec08 [0x00110000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0
NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fec00 [0x000001d86d5b0000],
pSize=0x4785feb8 [0x00100000], flFreeType=0x8000) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785febe8 [0x000001d86d6b0000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785febe0 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fea70 [0x000001d86d3e8000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785feb18 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fea40 [0x000001d86d6b2000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785feae8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fea40 [0x000001d86d6b3000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785feae8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785fea20 [0x000001d86d6b4000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785feac8 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785d8c40 [0x000001d86d5b0000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785d8c48 [0x00100000], flAllocationType=0x3000, flProtect=4) => 0
NtCreateSection(SectionHandle=0x4785d84f8 [0xac], DesiredAccess=0xd, ObjectAttributes=null,
SectionSize=null, Protect=0x10, Attributes=0x01000000, FileHandle=0x88) => 0
Loaded DLL at 00007FF8A9D40000 D:\code\osi\lab4\buddy.dll
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0xac, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1d86d3e7ae0
[0x00007ff8a9d40000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1d86d3e3dd0
[0x00014000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785d8c00 [0x000001d86d380000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785d8c08 [0x1000], flAllocationType=0x3000, flProtect=4) => 0
NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785d8c18 [0x000001d86d380000],
pSize=0x4785d8c10 [0x1000], flFreeType=0x8000) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x4785d82b0 [0x000001d86d3ea000],
ZeroBits=0, pSize=0x4785d8358 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtUnmapViewOfSection(ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x7ff8a9d40000) => 0

```

## **mckusick\_karels.log**

```

Loaded DLL at 00007FF8B8110000 C:\Windows\SYSTEM32\ntdll.dll
NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc38 [0x00007ff597f70000],
ZeroBits=0x0000000ab54bff270, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0xab54bff1d8,
DataCount=1) => 0
NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc30 [0x00007ff599f70000],
ZeroBits=0x0000000ab54bff278, pSize=0x1000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=null, DataCount=0)
=> 0
NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dca0 [0x00007ff497f50000],
ZeroBits=0x0000000ab54bff220, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0xab54bff188,
DataCount=1) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfed20 [0x00000240002d0000],
ZeroBits=0, pSize=0xab54bfed28 [0x002b0000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0
NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfed20 [0x00000240002d0000],
pSize=0xab54bfed18 [0x001b0000], flFreeType=0x8000) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfed08 [0x0000024000480000],
ZeroBits=0, pSize=0xab54bfed00 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfeb70 [0x0000024000482000],
ZeroBits=0, pSize=0xab54bfec18 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0
NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bff350 [0x0000024000270000],
pSize=0xab54bff358 [0x00020000], flFreeType=0x8000) => 0

```

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe7a0 [0x0000024000484000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe848 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
Loaded DLL at 00007FF8B6FE0000 C:\Windows\System32\KERNEL32.DLL  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x5c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x24000483e80 [0x00007ff8b6fe0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x24000483de0 [0x000c2000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0  
Loaded DLL at 00007FF8B5E30000 C:\Windows\System32\KERNELBASE.dll  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x60, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x24000484560 [0x00007ff8b5e30000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x240004844c0 [0x002fe000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0  
NtCreateSection(SectionHandle=0xab54bfe8f0 [0x64], DesiredAccess=DELETE|READ\_CONTROL|WRITE\_DAC|WRITE\_OWNER|0x1f, ObjectAttributes=null, SectionSize=0xab54bfe8e0 [65536], Protect=4, Attributes=0x08000000, FileHandle=0) => 0  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x5c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xab54bfe8e8 [0x00007ff497e50000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xab54bfe8f8 [0x00100000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0x00500000, Protect=2) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe2d0 [0x0000024000485000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe378 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe1f0 [0x0000024000486000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe298 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x7c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xab54bfe920 [0x0000024000280000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xab54bfe928 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x80, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xab54bfe920 [0x00000240003a0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xab54bfe928 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x84, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xab54bfe920 [0x00000240003b0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xab54bfe928 [0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe330 [0x0000024000487000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe3d8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
Loaded DLL at 00007FF8B6250000 C:\Windows\System32\msvcrt.dll  
NtMapViewOfSection(SectionHandle=0xa0, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x24000486f20 [0x00007ff8b6250000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x24000483de0 [0x0009e000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfea40 [0x0000024000580000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfea48 [0x00180000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0  
NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfea40 [0x0000024000580000], pSize=0xab54bfea38 [0x00170000], flFreeType=0x8000) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfea28 [0x00000240006f0000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfea20 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe8b0 [0x0000024000488000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe958 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe880 [0x00000240006f2000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe928 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe880 [0x00000240006f3000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe928 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bfe860 [0x00000240006f4000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bfe908 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bd8a80 [0x0000024000580000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bd8a88 [0x00100000], flAllocationType=0x3000, flProtect=4) => 0  
NtCreateSection(SectionHandle=0xab54bd8338 [0xb0], DesiredAccess=0xd, ObjectAttributes=null, SectionSize=null, Protect=0x10, Attributes=0x01000000, FileHandle=0xa4) => 0  
Loaded DLL at 00007FF8A9D40000 D:\code\osi\lab4\mckusick\_karels.dll

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0xb0, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x24000487c10 [0x00007ff8a9d40000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x24000487b60 [0x00014000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0  
NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xab54bd80f0 [0x000002400048a000], ZeroBits=0, pSize=0xab54bd8198 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0  
NtUnmapViewOfSection(ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x7ff8a9d40000) => 0

## main.log

Loaded DLL at 00007FF8B8110000 C:\Windows\SYSTEM32\ntdll.dll

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc38 [0x00007ff5779f0000], ZeroBits=0x0000000d3199ff3a0, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0xd3199ff308, DataCount=1) => 0

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dc30 [0x00007ff5779f0000], ZeroBits=0x0000000d3199ff3a8, pSize=0x1000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=null, DataCount=0) => 0

NtAllocateVirtualMemoryEx(ProcessHandle=-1, lpAddress=0x7ff8b827dca0 [0x00007ff4779d0000], ZeroBits=0x0000000d3199ff350, pSize=0x102000 [0], flAllocationType=4, DataBuffer=0xd3199ff2b8, DataCount=1) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fee50 [0x000001e709e50000], ZeroBits=0, pSize=0xd3199fee58 [0x00120000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0

NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fee50 [0x000001e709e50000], pSize=0xd3199fee48 [0x00020000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fee38 [0x000001e709e70000], ZeroBits=0, pSize=0xd3199fee30 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199feca0 [0x000001e709e72000], ZeroBits=0, pSize=0xd3199fed48 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199ff480 [0x000001e709df0000], pSize=0xd3199ff488 [0x00020000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe8d0 [0x000001e709e74000], ZeroBits=0, pSize=0xd3199fe978 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B6FE0000 C:\Windows\System32\KERNEL32.DLL

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x58, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1e709e73e60 [0x00007ff8b6fe0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1e709e73dc0 [0x000c2000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B5E30000 C:\Windows\System32\KERNELBASE.dll

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x5c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1e709e74540 [0x00007ff8b5e30000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1e709e744a0 [0x002fe000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0

NtCreateSection(SectionHandle=0xd3199fea20 [0x64],  
DesiredAccess=DELETE|READ\_CONTROL|WRITE\_DAC|WRITE\_OWNER[0x1f],  
ObjectAttributes=null, SectionSize=0xd3199fea10 [65536], Protect=4, Attributes=0x08000000,  
FileHandle=0) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x60, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xd3199fea18  
[0x00007ff4778d0000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xd3199fea28  
[0x00100000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0x00500000, Protect=2) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe400 [0x000001e709e75000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fe4a8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe320 [0x000001e709e76000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fe3c8 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x84, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xd3199fea50  
[0x000001e709e00000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xd3199fea58  
[0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x88, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xd3199fea50  
[0x000001e709e50000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xd3199fea58  
[0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0x8c, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0xd3199fea50  
[0x000001e709e60000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0xd3199fea58  
[0x1000], InheritDisposition=2 [ViewUnmap], AllocationType=0, Protect=2) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe460 [0x000001e709e77000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fe508 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

Loaded DLL at 00007FF8B6250000 C:\Windows\System32\msvcrt.dll

NtMapViewOfSection(SectionHandle=0xb0, ProcessHandle=-1, BaseAddress=0x1e709e76ef0  
[0x00007ff8b6250000], ZeroBits=0, CommitSize=0, SectionOffset=null, ViewSize=0x1e709e73dc0  
[0x0009e000], InheritDisposition=1 [ViewShare], AllocationType=0x00800000, Protect=0x80) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199feb70 [0x000001e70a040000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199feb78 [0x00170000], flAllocationType=0x2000, flProtect=4) => 0

NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199feb70 [0x000001e70a040000],  
pSize=0xd3199feb68 [0x00160000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199feb58 [0x000001e70a1a0000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199feb50 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe9e0 [0x000001e709e78000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fea88 [0x2000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe9b0 [0x000001e70a1a2000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fea58 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0

NtAllocateVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199fe9b0 [0x000001e70a1a3000],  
ZeroBits=0, pSize=0xd3199fea58 [0x1000], flAllocationType=0x1000, flProtect=4) => 0



NtFreeVirtualMemory(ProcessHandle=-1, lpAddress=0xd3199d8bb8 [0x000001e70a040000], pSize=0xd3199d8bb0 [0x00100000], flFreeType=0x8000) => 0

NtAllocateVirtualMemory: Выделение виртуальной памяти.

NtFreeVirtualMemory: Освобождение виртуальной памяти.

NtCreateSection: Создание объекта "секция". Секция - это объект ядра, представляющий собой область памяти, которую можно отобразить в адресное пространство одного или нескольких процессов.

NtMapViewOfSection: Отображение (mapping) секции в адресное пространство процесса.

NtUnmapViewOfSection: Отмена отображения (unmapping) секции из адресного пространства процесса.

## **Вывод**

В ходе лабораторной работы были реализованы и протестированы два алгоритма управления памятью: метод двойников (Buddy System) и алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса.

Buddy System продемонстрировал более низкую скорость выделения, по сравнению с алгоритмом Мак-Кьюзика-Кэрелса, и имел тенденцию к большему количеству внутренней фрагментации, что привело к более низкому коэффициенту использования памяти.

Алгоритм Мак-Кьюзика-Кэрелса показал себя более эффективным в плане использования памяти, минимизируя потери на фрагментацию, и продемонстрировав более высокую скорость выделения памяти.

Таким образом, выбор подходящего аллокатора зависит от приоритетов: скорости или эффективности использования памяти.