

Московский Авиационный Институт  
(Национальный Исследовательский Университет)  
Факультет информационных технологий и прикладной математики  
Кафедра вычислительной математики и программирования

**Лабораторная работа №5 по курсу**  
**«Операционные системы»**

**Тема работы**  
**“ Работа с динамическими библиотеками”**

Студент: Прохоров Данила  
Михайлович                      Группа: М8О-208Б-20  
Вариант: 16  
Преподаватель: Миронов Евгений Сергеевич  
Оценка: \_\_\_\_\_  
Дата: \_\_\_\_\_  
Подпись: \_\_\_\_\_

Москва, 2021

## **Содержание**

1. Репозиторий
2. Постановка задачи
3. Общие сведения о программе
4. Общий метод и алгоритм решения
5. Исходный код
6. Демонстрация работы программы
7. Выводы

## Репозиторий

<https://github.com/dmprokhorov/OS>

## Постановка задачи

Задача: создать динамические библиотеки, вычисляющие:

А) Количество простых чисел между двумя неотрицательными числами (PrimeCount).

Б) НОД 2 чисел (GCF).

Первая библиотека:

I) Находит (А) наивным алгоритмом: проверяет делимость текущего числа на все предыдущие числа.

II) Находит (Б) алгоритмом Евклида.

Вторая библиотека:

I) Для нахождения (А) применяется решето Эратосфена.

II) Находит (Б) алгоритмом наивным алгоритмом: пытается разделить А и В на все числа, меньшие А.

Присоединять библиотеки 2 способами:

1) На этапе компиляции.

А) При вводе команды 1 А В вычислить значение функции PrimeCount(A, B) и вывести его на консоль.

Б) При вводе команды 2 А В вычислить значение функции GCF(A, B) и вывести его на консоль.

2) Во время исполнения программы.

А) При вводе цифры 0 сменить реализацию контрактов функций.

Б) При вводе команды 1 А В вычислить значение функции PrimeCount(A, B) и вывести его на консоль.

В) При вводе команды 2 А В вычислить значение функции GCF(A, B) и вывести его на консоль.

## Общие сведения о программе

В программе используются следующие библиотеки:

- `<stdio.h>` - для вывода информации на консоль
- `<stdlib.h>` - для использования основных функций С.
- `<dlfcn.h>` - для использования функций для работы с динамическими библиотеками.
- `<stdbool.h>` - для использования макросов `true` и `false`.

В задании используются такие команды и строки, как:

- **`extern void swap(int*, int*)`** – определяет функцию `swap` как глобальную, доступную во всех модулях. Для этого используется спецификатор `extern` (также и с функциями `PrimeCount` и `GCF`).
- **`dlopen(const char* filename, int flags)`** – загружает динамическую библиотеку, путь к которой указан в строке `filename`, с одним обязательным флагом (в моём случае `RTLD_LAZY` – то есть неопределённые символы разрешаются в виде кода, содержащегося в исполняемой динамической библиотеке). Возвращает указатель на библиотеку, а в случае ошибки – `NULL`.
- **`dlerror()`** – получение понятного пользователю текста. Возвращает `NULL`, если с момента инициализации или последнего вызова не произошло ошибок при выполнении функций `dl`.
- **`void (*swap)(int*, int*);`**  
  
**`swap = dlsym(handle, «swap»)`** – указателю `swap` на функцию, имеющую тип `void` и принимающую 2 целочисленных указателя присваивается адрес, по которому загружается одноимённая функция

swap из библиотеки с дескриптором handle. Тоже самое с функциями PrimeCount и GCF.

- **fprintf(stderr, «%s\n», dlerror())** – вывод в стандартный поток ошибок результат команды dlerror().
- **dlclose(handle)** – уменьшает на единицу счётчик ссылок на указатель динамической библиотеки handle. Если нет других загруженных библиотек, использующих её символы или её счётчик равен 0, то динамическая библиотека выгружается из памяти.

### Общий метод и алгоритм решения

Реализуются 2 библиотеки с заданными алгоритмами вычисления функций. В первой программе с помощью ключевого слова extern функции swap, PrimeCount и GCF импортируются из присоединённой на этапе компиляции библиотеки.

Во второй программе для загрузки библиотеки, присоединённой на этапе выполнения используется команда dlopen. Когда библиотека выгружается или сменяется контекст (а тогда по-любому она выгружается), то используется команда dlclose, так же как и в конце программы. Для загрузки определённых функций из программы (в моём случае всех) используется команда dlsym.

### Исходный код

#### 1) Файл functions1.c

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

extern void swap(int* a, int* b);
extern int PrimeCount(int A, int B);
extern int GCF (int A, int B);

void swap (int *a, int *b)
{
    *a += *b;
    *b = *a - *b;
    *a -= *b;
}

int PrimeCount (int A, int B)
{
```

```

    if ((A < 0) || (B < 0))
    {
        return -1;
    }
    if (A > B)
    {
        swap(&A, &B);
    }
    int amount = 0;
    bool prime = true;
    for (int i = A; i <= B; i++)
    {
        if (i > 1)
        {
            for (int j = 2; j * j <= i; j++)
            {
                if (!(i % j))
                {
                    prime = false;
                    break;
                }
            }
            if (prime)
            {
                amount++;
            }
            prime = true;
        }
    }
    return amount;
}

int GCF (int A, int B)
{
    A = abs(A);
    B = abs(B);
    if (A < B)
    {
        swap(&A, &B);
    }
    while (B)
    {
        A %= B;
        swap(&A, &B);
    }
    return A;
}

```

## 2) Файл functions2.c

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

extern void swap(int* a, int* b);
extern int PrimeCount(int A, int B);
extern int GCF(int A, int B);

void swap (int *a, int *b)
{
    *a += *b;
    *b = *a - *b;
    *a -= *b;
}

int PrimeCount (int A, int B)
{
    if ((A < 0) || (B < 0))
    {
        return -1;
    }
    if (A > B)
    {
        swap(&A, &B);
    }
    bool* sieve = (bool*)calloc((B + 1), sizeof(bool));
    int amount = 0;
    sieve[0] = true;
    if (B > 0)
    {
        sieve[1] = true;
    }
    for (int i = 2; i <= B; i++)
    {
        if (sieve[i])
        {
            continue;
        }
        else
        {
            if (i >= A)
            {
                amount++;
            }
            for (int j = i * 2; j <= B; j += i)
            {
                sieve[j] = true;
            }
        }
    }
    free(sieve);
    return amount;
}

int GCF (int A, int B)
{
    A = abs(A);
    B = abs(B);
```

```

        if (A > B)
        {
            swap(&A, &B);
        }
        int g = 1;
        for (int i = 2; i <= A; i++)
        {
            if ((!(A % i)) && (!(B % i)))
            {
                g = i;
            }
        }
        return g;
    }
}

```

### 3) Файл task1.c

```

#include <stdio.h>

extern void swap(int*, int*);
extern int PrimeCount(int, int);
extern int GCF(int, int);

int main()
{
    int ind, A, B;
    while ((scanf("%d", &ind)) != EOF)
    {
        if (ind == 1)
        {
            scanf("%d %d", &A, &B);
            int result = PrimeCount(A, B);
            if (result == -1)
            {
                printf("A and B must be non-negative numbers\n");
            }
            else
            {
                printf("%d\n", result);
            }
        }
        else if (ind == 2)
        {
            scanf("%d %d", &A, &B);
            printf("%d\n", GCF(A, B));
        }
    }
    return 0;
}

```

### 4) Файл task2.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <dlfcn.h>
#include <stdbool.h>

const char* path1 = "libfunctions1.so";
const char* path2 = "libfunctions2.so";
void (*swap)(int*, int*);

```



```

int (*PrimeCount)(int, int);
int (*GCF)(int, int);
void *handle = NULL;
bool first = true;

void Load()
{
    const char *path;
    if(first)
    {
        path = path1;
    }
    else
    {
        path = path2;
    }
    handle = dlopen(path, RTLD_LAZY);
    if(!handle)
    {
        fprintf(stderr, "%s\n", dlerror());
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
}

void Unload()
{
    dlclose(handle);
}

void loadContext()
{
    Load();
    swap = dlsym(handle, "swap");
    PrimeCount = dlsym(handle, "PrimeCount");
    GCF = dlsym(handle, "GCF");
    char* error;
    if((error = dlerror()))
    {
        fprintf(stderr, "%s\n", error);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
}

void Change()
{
    Unload();
    first ^= true;
}

```

```

        loadContext();
    }

    int main()
    {
        loadContext();
        int ind = 0;
        while (scanf("%d", &ind) != EOF)
        {
            if(!ind)
            {
                Change();
                printf("Contract was changed. ");
                if(first)
                {
                    printf("Now context is first\n");
                }
                else
                {
                    printf("Now context is second\n");
                }
                continue;
            }
            if(ind == 1)
            {
                int A, B, result;
                scanf("%d %d", &A, &B);
                result = PrimeCount(A, B);
                if (result == -1)
                {
                    printf("A and B must be non-negative whole numbers\n");
                }
                else
                {
                    printf("%d\n", result);
                }
            }
            else if (ind == 2)
            {
                int A, B;
                scanf("%d %d", &A, &B);
                printf("%d\n", GCF(A, B));
            }
        }
        Unload();
    }
}

```

## Демонстрация работы программы

Программа запускается так:

```
gcc -fPIC -c functions1.c -o functions1.o
```

```
gcc -fPIC -c functions2.c -o functions2.o
```

```
gcc -shared -o libfunctions1.so functions1.o
```

```
gcc -shared -o libfunctions2.so functions2.o
```

```
gcc task1.c -L. -lfunctions1 -o main1.1 -Wl,-rpath -Wl,.
```

(подключение библиотеки на этапе компиляции; компилятор будет искать библиотеку libfunctions1.so по адресу . – то есть в текущей директории)

```
gcc task1.c -L. -lfunctions2 -o main1.2 -Wl,-rpath -Wl,.
```

```
gcc task2.c -ldl -o main2 -Wl,-rpath -Wl,.
```

(подключение библиотеки на этапе выполнения; компилятор будет искать библиотеки, упомянутые в программе по адресу . – то есть в текущей директории)

Тест 1 – библиотека с 1 реализацией функций подсоединяется к программе task1.c на этапе компиляции

Количество простых чисел между 3 и 7, как и между 7 и 3 равняется трём (это 3, 5 и 7).

НОД чисел 43 и 71 – 1 (числа взаимно-простые).

НОД чисел 44 и 1089 – 11.

```
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$ ./main1.1
1 3 7
3
1 7 3
3
2 43 71
1
2 44 1089
11
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$
```

Тест 2 – библиотека со 2 реализацией функций подсоединяется к программе task1.c на этапе компиляции

Результат аналогичен

```
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$ ./main1.2
1 3 7
3
1 7 3
3
2 43 71
1
2 44 1089
11
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$
```

Тест 3 – библиотеки с 1 и 2 реализациями функций подсоединяются к программе task2.c на этапе выполнения. Во время выполнения программы также сменится контекст.

Результаты такие же, как и с присоединением библиотек на этапе компиляции

```
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$ ./main2
1 3 7
3
1 7 3
3
2 43 71
1
2 44 1089
11
0
Contract was changed. Now context is second
1 3 7
3
1 7 3
3
2 43 71
1
2 44 1089
11
danila@danila-VirtualBox:~/operation_systems/OS5$
```

## Выводы

Несмотря на многочисленное применение команды gcc в операционной системе Ubuntu, я не имел опыта в присоединении библиотек, теперь этот минус устранён.

Также узнал, что при присоединении библиотеки на этапе компиляции нет необходимости помещать библиотеку в один из специальных каталогов, модифицировать переменные окружения и выполнять "ldconfig".