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-215Б-23

Студент: Самарский Я.В.

Преподаватель: Миронов Е.С.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: 29.11.24

Москва, 2024

**Постановка задачи**

**Вариант 24.**

Требуется создать динамические библиотеки, которые реализуют заданный вариантом функционал. Далее использовать данные библиотеки 2-мя способами:

1. Во время компиляции (на этапе «линковки»/linking)

2. Во время исполнения программы. Библиотеки загружаются в память с помощью интерфейса ОС для работы с динамическими библиотеками

В конечном итоге, в лабораторной работе необходимо получить следующие части:

1. Динамические библиотеки, реализующие контракты, которые заданы вариантом;
2. Тестовая программа (программа №1), которая используют одну из библиотек, используя информацию полученные на этапе компиляции;
3. Тестовая программа (программа №2), которая загружает библиотеки, используя только их относительные пути и контракты.
4. Провести анализ двух типов использования библиотек.

Пользовательский ввод для обоих программ должен быть организован следующим образом:

1. Если пользователь вводит команду «0», то программа переключает одну реализацию контрактов на другую (необходимо только для программы №2). Можно реализовать лабораторную работу без данной функции, но максимальная оценка в этом случае будет «хорошо»;
2. «1 arg1 arg2 … argN», где после «1» идут аргументы для первой функции, предусмотренной контрактами. После ввода команды происходит вызов первой функции, и на экране появляется результат её выполнения;
3. «2 arg1 arg2 … argM», где после «2» идут аргументы для второй функции, предусмотренной контрактами. После ввода команды происходит вызов второй функции, и на экране появляется результат её выполнения.

Функции

1. Подсчёт наибольшего общего делителя для двух натуральных чисел алгоритмом Евклида и наивным алгоритмом.
2. Подсчет площади плоской геометрической фигуры по двум сторонам. Фигуры прямоугольник и прямоугольный треугольник

**Общий метод и алгоритм решения**

Использованные системные вызовы:

● void\* dlopen(const char\* filename, int flag); – загружает динамическую библиотеку в память.   
● int dlclose(void\* handle); – освобождает ресурсы, связанные с загруженной библиотекой.   
● const char\* dlerror(); – возвращает последнюю ошибку, возникшую при работе с динамическими библиотеками

● void\* dlsym(void\* handle, char\* symbol); – получает адрес символа в библиотеке

**Алгоритм решения**

Программа состоит из нескольких частей, которые стоит рассмотреть по отдельности.

**Функции библиотеки**

Функция поиска НОД.

Данную функцию необходимо вычислить двумя реализациями. Через алгоритм Евклида и наивным алгоритм.

Алгоритм Евклида для поиска НОД заключается в том, что мы вычитаем из большего числа меньшее, пока они не станут равны.

Наивный алгоритм представляет из себя перебор натуральных чисел, начиная с наименьшего числа, до единицы и проверка делимости аргументов на это число.

Функция подсчета площади треугольника и прямоугольника тривиальны.

**Program 1**

Программа 1 должна использовать линковку динамических библиотек на этапе компиляции соответственно для подключения функций достаточно объявить их перед функцией main. Сама код достаточно прост, в зависимости от ввода пользователя запускаем вычисление либо НОД либо площади прямоугольника.

**Program 2**

Програма 2 использует динамическую загрузку библиотек в процессе выполнения, это означает, что при смене варианта реализации функций командой “0” необходимо выгрузить старую библиотеку и загрузить новую, так же необходимо заново получить адреса функций gcf и square. Обе программы Program 1 и Program 2 работают в цикле, который прерывается после ввода команды “-1”.

**CMakeLists.txt**

С помощью CMakeLists выполняется сборка и компиляция программы. CMakeLists.txt содержит две библиотеки и две программы, одна из которых связывается с библиотеками на этапе компиляции (линковки)

**Код программы**

Makefile

cmake\_minimum\_required(VERSION 3.22)

project(mai\_os)

set(CMAKE\_CXX\_STANDARD 20)

set(CMAKE\_BUILD\_TYPE Debug)

add\_library(LibImpl1 SHARED

        src/GCF\_Euclid.cpp

        src/Square\_Rectangle.cpp

)

add\_library(LibImpl2 SHARED

        src/GCF\_Naive.cpp

        src/Square\_Triangle.cpp

)

add\_executable(Program1

        src/Program1.cpp)

target\_link\_libraries(Program1 LibImpl1)

add\_executable(Program2

        src/Program2.cpp)

**GCF\_Euclid.cpp**

extern "C" int gcf(int a, int b) {

if (a == b)

        return a;

    if (a > b)

        return gcf(a - b, b);

    return gcf(a, b - a);

}

**GCF\_Naive.cpp**

#include <algorithm>

extern "C" int gcf(int a, int b) {

    for (int i = std::min(a, b); i > 1; i--) {

        if ((a % i == 0) && (b % i == 0)) {

            return i;

        }

    }

    return 1;

}

**Square\_Rectangle.cpp**

extern "C" float square(float a, float b) {

    return a \* b;

}

**Square\_Triangle.cpp**

extern "C" float square(float a, float b) {

    return a \* b / 2;

}

**Program1.cpp**

#include <iostream>

extern "C" int gcf(int a, int b);

extern "C" float square(float a, float b);

int main() {

    while (true) {

        std::cout << "Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: ";

        int function\_no;

        std::cin >> function\_no;

        switch (function\_no) {

            case 1: {

                int a, b;

                std::cin >> a >> b;

                std::cout << gcf(a, b) << std::endl;

                break;

            }

            case 2: {

                float a, b;

                std::cin >> a >> b;

                std::cout << square(a, b) << std::endl;

                break;

            }

            default:

                return 0;

        }

    }

}

**Program\_2.cpp**

#include <iostream>

#include <dlfcn.h>

typedef int (\*gcf\_f)(int a, int b);

typedef float (\*square\_f)(float a, float b);

gcf\_f gcf = nullptr;

square\_f square = nullptr;

void\* lib = nullptr;

void load\_functions(std::string lib\_path){

    if (lib != nullptr)

        dlclose(lib);

    lib = dlopen(lib\_path.c\_str(), RTLD\_LAZY);

    if (lib == nullptr) {

        std::cerr << "Error loading library: " << dlerror() << std::endl;

        exit(1);

    }

    gcf = (gcf\_f)dlsym(lib, "gcf");

    square = (square\_f)dlsym(lib, "square");

    if (!gcf || !square) {

        std::cerr << "Failed to load symbols: " << dlerror() << std::endl;

        dlclose(lib);

        exit(1);

    }

}

int main() {

    load\_functions("./libLibImpl1.so");

    while (true) {

        std::cout << "Menu:\n"

                     "0 - Change library source\n"

                     "1 - Invoke gcf(int, int)\n"

                     "2 - Invoke square(float, float)\n"

                     "Enter:" << std::endl;

        int function\_no;

        std::cin >> function\_no;

        switch (function\_no) {

            case 0: {

                std::cout << "Enter library path (eg. ./libLibImpl1.so):" << std::endl;

                std::string lib\_path;

                std::cin.ignore(255, '\n');

                std::getline(std::cin, lib\_path);

                load\_functions(lib\_path);

                break;

            }

            case 1: {

                int a, b;

                std::cin >> a >> b;

                std::cout << gcf(a, b) << std::endl;

                break;

            }

            case 2: {

                float a, b;

                std::cin >> a >> b;

                std::cout << square(a, b) << std::endl;

                break;

            }

            default:

                return 0;

        }

    }

}

**Протокол работы программы**

**Тестирование:**

**Тест 1:**

$ ./Program1

Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: 1 4 6

2

Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: 1 2 3

1

Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: 1 6 15

3

Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments:

**Тест 2:**

$ ./Program2

Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

Enter:

2 4 5

20

Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

Enter:

0

Enter library path (eg. ./libLibImpl1.so):

./libLibImpl2.so

Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

Enter:

2 4 5

10

Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

Enter:

**Strace**

Program 1

$ echo -e "1 6 15\n2 4 5\n-1" | strace ./Program1

execve("./Program1", ["./Program1"], 0x7fff7b5411c0 /\* 31 vars \*/) = 0

brk(NULL) = 0x5648c3e56000

arch\_prctl(0x3001 /\* ARCH\_??? \*/, 0x7ffccf6bcbf0) = -1 EINVAL (Invalid argument)

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f5873277000

access("/etc/ld.so.preload", R\_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/glibc-hwcaps/x86-64-v3/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/glibc-hwcaps/x86-64-v3", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/glibc-hwcaps/x86-64-v2/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/glibc-hwcaps/x86-64-v2", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/tls", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

newfstatat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/x86\_64", 0x7ffccf6bbe10, 0) = -1 ENOENT (No such file or directory)

**openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=16752, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 16424, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f5873272000

mmap(0x7f5873273000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7f5873273000

mmap(0x7f5873274000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f5873274000

mmap(0x7f5873275000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f5873275000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=18647, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 18647, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f587326d000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=2260296, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 2275520, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f5873041000

mprotect(0x7f58730db000, 1576960, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f58730db000, 1118208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x9a000) = 0x7f58730db000

mmap(0x7f58731ec000, 454656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ab000) = 0x7f58731ec000

mmap(0x7f587325c000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x21a000) = 0x7f587325c000

mmap(0x7f587326a000, 10432, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f587326a000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784

pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48, 848) = 48

pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68, 896) = 68

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=2220400, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784

mmap(NULL, 2264656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f5872e18000

mprotect(0x7f5872e40000, 2023424, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f5872e40000, 1658880, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f5872e40000

mmap(0x7f5872fd5000, 360448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1bd000) = 0x7f5872fd5000

mmap(0x7f587302e000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7f587302e000

mmap(0x7f5873034000, 52816, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f5873034000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=940560, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 942344, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f5872d31000

mmap(0x7f5872d3f000, 507904, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe000) = 0x7f5872d3f000

mmap(0x7f5872dbb000, 372736, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x8a000) = 0x7f5872dbb000

mmap(0x7f5872e16000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe4000) = 0x7f5872e16000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=125488, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 127720, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f5872d11000

mmap(0x7f5872d14000, 94208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7f5872d14000

mmap(0x7f5872d2b000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1a000) = 0x7f5872d2b000

mmap(0x7f5872d2f000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1d000) = 0x7f5872d2f000

close(3) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f5872d0f000

mmap(NULL, 12288, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f5872d0c000

arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7f5872d0c740) = 0

set\_tid\_address(0x7f5872d0ca10) = 17803

set\_robust\_list(0x7f5872d0ca20, 24) = 0

rseq(0x7f5872d0d0e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

mprotect(0x7f587302e000, 16384, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f5872d2f000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f5872e16000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f587325c000, 45056, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f5873275000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x5648ae664000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f58732b1000, 8192, PROT\_READ) = 0

prlimit64(0, RLIMIT\_STACK, NULL, {rlim\_cur=8192\*1024, rlim\_max=RLIM64\_INFINITY}) = 0

munmap(0x7f587326d000, 18647) = 0

getrandom("\x07\x88\x93\x44\x21\xa4\xf0\x2e", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

brk(NULL) = 0x5648c3e56000

brk(0x5648c3e77000) = 0x5648c3e77000

futex(0x7f587326a77c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0xc), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

write(1, "Select function (1 - gcf(int, in"..., 83Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: ) = 83

newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFIFO|0600, st\_size=0, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

read(0, "1 6 15\n2 4 5\n-1\n", 4096) = 16

write(1, "3\n", 23

) = 2

write(1, "Select function (1 - gcf(int, in"..., 83Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: ) = 83

write(1, "20\n", 320

) = 3

write(1, "Select function (1 - gcf(int, in"..., 83Select function (1 - gcf(int, int), 2 - square(float, float)) and write arguments: ) = 83

lseek(0, -1, SEEK\_CUR) = -1 ESPIPE (Illegal seek)

exit\_group(0) = ?

+++ exited with 0 +++

Program 2

32647 execve("./Program\_1", ["./Program\_1"], 0x7fff8e156d18 /\* 26 vars \*/) = 0

echo -e "2 4 5\n0\n./libLibImpl2.so\n2 4 5\n-1" | strace ./Program2

execve("./Program2", ["./Program2"], 0x7ffc4df78290 /\* 31 vars \*/) = 0

brk(NULL) = 0x55e6405dd000

arch\_prctl(0x3001 /\* ARCH\_??? \*/, 0x7ffce9a61850) = -1 EINVAL (Invalid argument)

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f47550d1000

access("/etc/ld.so.preload", R\_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=18647, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 18647, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f47550cc000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=2260296, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 2275520, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f4754ea0000

mprotect(0x7f4754f3a000, 1576960, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f4754f3a000, 1118208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x9a000) = 0x7f4754f3a000

mmap(0x7f475504b000, 454656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ab000) = 0x7f475504b000

mmap(0x7f47550bb000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x21a000) = 0x7f47550bb000

mmap(0x7f47550c9000, 10432, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f47550c9000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=125488, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 127720, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f4754e80000

mmap(0x7f4754e83000, 94208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7f4754e83000

mmap(0x7f4754e9a000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1a000) = 0x7f4754e9a000

mmap(0x7f4754e9e000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1d000) = 0x7f4754e9e000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784

pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48, 848) = 48

pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68, 896) = 68

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=2220400, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784

mmap(NULL, 2264656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f4754c57000

mprotect(0x7f4754c7f000, 2023424, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f4754c7f000, 1658880, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f4754c7f000

mmap(0x7f4754e14000, 360448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1bd000) = 0x7f4754e14000

mmap(0x7f4754e6d000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7f4754e6d000

mmap(0x7f4754e73000, 52816, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f4754e73000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=940560, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 942344, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f4754b70000

mmap(0x7f4754b7e000, 507904, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe000) = 0x7f4754b7e000

mmap(0x7f4754bfa000, 372736, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x8a000) = 0x7f4754bfa000

mmap(0x7f4754c55000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe4000) = 0x7f4754c55000

close(3) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f4754b6e000

arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7f4754b6f3c0) = 0

set\_tid\_address(0x7f4754b6f690) = 16387

set\_robust\_list(0x7f4754b6f6a0, 24) = 0

rseq(0x7f4754b6fd60, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

mprotect(0x7f4754e6d000, 16384, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f4754c55000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f4754e9e000, 4096, PROT\_READ) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f4754b6c000

mprotect(0x7f47550bb000, 45056, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x55e6150c5000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f475510b000, 8192, PROT\_READ) = 0

prlimit64(0, RLIMIT\_STACK, NULL, {rlim\_cur=8192\*1024, rlim\_max=RLIM64\_INFINITY}) = 0

munmap(0x7f47550cc000, 18647) = 0

getrandom("\x78\xbe\x55\xbd\xfa\xf8\xab\x04", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

brk(NULL) = 0x55e6405dd000

brk(0x55e6405fe000) = 0x55e6405fe000

futex(0x7f47550c977c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

**openat(AT\_FDCWD, "./libLibImpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=16752, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

getcwd("/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug", 128) = 50

mmap(NULL, 16424, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f47550cc000

mmap(0x7f47550cd000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7f47550cd000

mmap(0x7f47550ce000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f47550ce000

mmap(0x7f47550cf000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f47550cf000

close(3) = 0

mprotect(0x7f47550cf000, 4096, PROT\_READ) = 0

newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0xc), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

write(1, "Menu:\n", 6Menu:

) = 6

write(1, "0 - Change library source\n", 260 - Change library source

) = 26

write(1, "1 - Invoke gcf(int, int)\n", 251 - Invoke gcf(int, int)

) = 25

write(1, "2 - Invoke square(float, float)\n", 322 - Invoke square(float, float)

) = 32

write(1, "Enter:\n", 7Enter:

) = 7

newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFIFO|0600, st\_size=0, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

read(0, "2 4 5\n0\n./libLibImpl2.so\n2 4 5\n-"..., 4096) = 34

write(1, "20\n", 320

) = 3

write(1, "Menu:\n0 - Change library source\n"..., 89Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

) = 89

write(1, "Enter:\n", 7Enter:

) = 7

write(1, "Enter library path (eg. ./libLib"..., 43Enter library path (eg. ./libLibImpl1.so):

) = 43

munmap(0x7f47550cc000, 16424) = 0

**openat(AT\_FDCWD, "./libLibImpl2.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=32608, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

getcwd("/home/user/projects/mai\_os/lab4/cmake-build-debug", 128) = 50

mmap(NULL, 16432, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f47550cc000

mmap(0x7f47550cd000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7f47550cd000

mmap(0x7f47550ce000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f47550ce000

mmap(0x7f47550cf000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f47550cf000

close(3) = 0

mprotect(0x7f47550cf000, 4096, PROT\_READ) = 0

write(1, "Menu:\n0 - Change library source\n"..., 89Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

) = 89

write(1, "Enter:\n", 7Enter:

) = 7

write(1, "10\n", 310

) = 3

write(1, "Menu:\n0 - Change library source\n"..., 89Menu:

0 - Change library source

1 - Invoke gcf(int, int)

2 - Invoke square(float, float)

) = 89

write(1, "Enter:\n", 7Enter:

) = 7

lseek(0, -1, SEEK\_CUR) = -1 ESPIPE (Illegal seek)

exit\_group(0) = ?

+++ exited with 0 +++

**Вывод**

Данная лабораторная работа включает в себя два варианта загрузки библиотек. Динамическую загрузку в процессе выполнения программы и статическую при компиляции и линковки. Программа с линковкой во время компиляции работает быстрее, так как ей не требуется загружать необходимые библиотеки в процессе. Динамическая загрузка позволяет самому принимать решение о том, какие конкретно библиотеки требуются и загружать нужную, это сильно экономит память. Выполнение лабораторной работы помогло понять разницу между статическими и динамическими библиотеками.