

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 использует одну из библиотек, используя информацию, полученную 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 обеих 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. Подсчёт 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

Программа 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\3\0>\0\1\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\3\0>\0\1\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\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\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"..., 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\3\0>\0\1\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\3\0>\0\1\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"..., 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"..., 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\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\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"..., 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\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\x8\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\3\0>\0\1\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\3\0>\0\1\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.