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: Голосов Г.С.

Преподаватель: Миронов Е.С.

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

Дата: 06.03.25

Москва, 2025

**Постановка задачи**

**Вариант 14.**

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:

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

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.

Функция 1: Рассчет производной функции cos(x) в точке A с приращением deltaX.

Сигнатура: Float Derivative(float A, float deltaX).

Реализация 1: df(x)/dx = (f(A + deltaX) – f(A))/deltaX.

Реализация 2: df(x)/dx = (f(A + deltaX) – f(A-deltaX))/(2\*deltaX).

Функция 2: Перевод числа x из десятичной системы счисления в другую

Сигнатура: Char\* translation(long x)

Реализация 1: Другая система счисления двоичная

Реализация 2: Другая система счисления троичная

**Общий метод и алгоритм решения**

* void\* dlopen(const char\* filename, int flag); - загружает динамическую библиотеку в память
* int dlclose(void\* handle); - выгружает динамическую библиотеку из памяти
* void\* dlsym(void\* handle, const char\* symbol); - получает адрес символа из библиотеки
* char\* dlerror(void); - возвращает строку с описанием последней ошибки

Алгоритм решения:

1. Создаем файлы с реализацией функций (по одному на каждую, в итоге 4)
2. Создаем первую программу, которой будем передавать данные библиотеки на этапе компиляции
3. Создаем вторую программу, в которой дополнительно прописываем логику для загрузки и выгрузки динамических библиотек

**Prog1**

Программа 1 линкуется на этапе компиляции с первой библиотекой (libimpl1.so) и напрямую вызывает функции Derivative и translation из неё. Для подключения функций просто объявляем их перед main. Далее в зависимости от ввода пользователя считаем производную или переводим число в двоичную систему.

**Prog2**

Программа 2 использует динамическую загрузку библиотек в процессе выполнения. При запуске она загружает libimpl1.so с помощью dlopen.

При вводе команды «0» происходит переключение – закрывается текущая библиотека и загружается другая (libimpl2.so или обратно libimpl1.so).

Функции извлекаются через dlsym и затем вызываются по тому же контракту.

**Makefile**

С помощью Makefile выполняется сборка и компиляция программы. Для успешной компиляции нужно описать все цели, реквизиты и указать команды. Для компиляции С++ используем компилятор g++. Так как мы берем на себя линковку, то при компиляции нужно использовать флаг -c, чтобы получить объектный файл.

**Код программы**

**Makefile**

all: prog1 prog2 libimpl1.so libimpl2.so clean

# Program 1 (линковка на этапе компиляции)

prog1: prog1.o libimpl1.so

    g++ -o prog1 prog1.o -L. -limpl1 -Wl,-rpath,.

prog1.o: prog1.cpp

    g++ -c prog1.cpp

# Program 2 (динамическая загрузка)

prog2: prog2.o

    g++ -o prog2 prog2.o -ldl

prog2.o: prog2.cpp

    g++ -c prog2.cpp

# Combined Library for Implementation 1

libimpl1.so: math\_lib1.o convert\_lib1.o

    g++ -shared -o libimpl1.so math\_lib1.o convert\_lib1.o

math\_lib1.o: math\_lib1.cpp

    g++ -c -fPIC math\_lib1.cpp

convert\_lib1.o: convert\_lib1.cpp

    g++ -c -fPIC convert\_lib1.cpp

# Combined Library for Implementation 2

libimpl2.so: math\_lib2.o convert\_lib2.o

    g++ -shared -o libimpl2.so math\_lib2.o convert\_lib2.o

math\_lib2.o: math\_lib2.cpp

    g++ -c -fPIC math\_lib2.cpp

convert\_lib2.o: convert\_lib2.cpp

    g++ -c -fPIC convert\_lib2.cpp

# Clean: удаление объектных файлов

clean:

    rm -f \*.o

**math\_lib1.cpp**

#include <cmath>

extern "C" float Derivative(float A, float deltaX) {

    return (cos(A + deltaX) - cos(A)) / deltaX;

}

**math\_lib2.cpp**

#include <cmath>

extern "C" float Derivative(float A, float deltaX) {

    return (cos(A + deltaX) - cos(A - deltaX)) / (2 \* deltaX);

}

**convert\_lib1.cpp**

#include <cstdlib>

extern "C" char\* translation(long x) {

    if (x == 0) {

        char\* result = new char[2];

        result[0] = '0';

        result[1] = '\0';

        return result;

    }

    bool isNegative = (x < 0);

    if (isNegative) {

        x = -x;

    }

    // Максимальное количество цифр для двоичного представления 64-битного числа – 64

    const int MAX\_DIGITS = 65; // 64 цифры + 1 для '\0'

    char\* temp = new char[MAX\_DIGITS];

    int pos = 0;

    // Преобразуем число в двоичное представление (цифры записываются в обратном порядке)

    while (x > 0) {

        temp[pos++] = (x % 2) + '0';

        x /= 2;

    }

    // Вычисляем итоговый размер строки: если число отрицательное, добавляем 1 символ для знака

    int resultSize = pos + (isNegative ? 2 : 1);

    char\* result = new char[resultSize];

    int j = 0;

    if (isNegative) {

        result[j++] = '-';

    }

    // Переворачиваем цифры из temp

    for (int i = pos - 1; i >= 0; i--) {

        result[j++] = temp[i];

    }

    result[j] = '\0';

    delete[] temp;

    return result;

}

**\_lib2.cpp**

#include <cstdlib>

extern "C" char\* translation(long x) {

    if (x == 0) {

        char\* result = new char[2];

        result[0] = '0';

        result[1] = '\0';

        return result;

    }

    bool isNegative = (x < 0);

    if (isNegative) {

        x = -x;

    }

    // Для системы счисления с основанием 3 достаточно 42 цифр

    const int MAX\_DIGITS = 42;

    char\* temp = new char[MAX\_DIGITS];

    int pos = 0;

    while (x > 0) {

        temp[pos++] = (x % 3) + '0';

        x /= 3;

    }

    int resultSize = pos + (isNegative ? 2 : 1);

    char\* result = new char[resultSize];

    int j = 0;

    if (isNegative) {

        result[j++] = '-';

    }

    for (int i = pos - 1; i >= 0; i--) {

        result[j++] = temp[i];

    }

    result[j] = '\0';

    delete[] temp;

    return result;

}

**Prog1.cpp**

#include <iostream>

extern "C" float Derivative(float A, float deltaX);

extern "C" char\* translation(long x);

int main() {

    int prog;

    while (true) {

        std::cout << "Input program code:\n 1 -> Calculate derivative\n 2 -> Translation\n-1 -> Exit\n";

        std::cin >> prog;

        switch (prog) {

            case 1: {

                std::cout << "Enter A and deltaX: ";

                float A, deltaX;

                std::cin >> A >> deltaX;

                std::cout << "Calculated derivative: " << Derivative(A, deltaX) << "\n\n";

                break;

            }

            case 2: {

                long x;

                std::cout << "Enter x: ";

                std::cin >> x;

                std::cout << "Translated number: " << translation(x) << "\n\n";

                break;

            }

            case -1:

                std::cout << "Exit\n";

                return 0;

            default:

                std::cout << "Invalid input. Try again.\n";

        }

    }

}

**Prog2.cpp**

#include <iostream>

#include <dlfcn.h>

int main() {

    int prog = 1;

    int real = 1;

    void \*lib = nullptr;

    typedef float (\*DerivativeFunc)(float, float);

    typedef char\* (\*TranslationFunc)(long);

    DerivativeFunc Derivative;

    TranslationFunc translation;

    // Начальная загрузка объединённой библиотеки для реализации 1

    lib = dlopen("./libimpl1.so", RTLD\_LAZY);

    if (!lib) {

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

        return 1;

    }

    std::cout << "Library is loaded\n";

    Derivative = (DerivativeFunc) dlsym(lib, "Derivative");

    translation = (TranslationFunc) dlsym(lib, "translation");

    if (!Derivative || !translation) {

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

        dlclose(lib);

        return 1;

    }

    while (true) {

        std::cout << "Input program code:\n 0 -> Library switch\n 1 -> Calculate derivative\n 2 -> Translation\n-1 -> Exit\n";

        std::cin >> prog;

        switch (prog) {

            case 0:

                dlclose(lib); // Закрываем текущую библиотеку

                if (real == 1) {

                    lib = dlopen("./libimpl2.so", RTLD\_LAZY);

                    real = 2;

                } else {

                    lib = dlopen("./libimpl1.so", RTLD\_LAZY);

                    real = 1;

                }

                if (!lib) {

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

                    return 1;

                }

                std::cout << "Library switched successfully!\n";

                // Перезагружаем символы

                Derivative = (DerivativeFunc) dlsym(lib, "Derivative");

                translation = (TranslationFunc) dlsym(lib, "translation");

                if (!Derivative || !translation) {

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

                    dlclose(lib);

                    return 1;

                }

                break;

            case 1: {

                float A, deltaX;

                std::cout << "Enter A and deltaX: ";

                std::cin >> A >> deltaX;

                if (real == 1)

                    std::cout << "Calculating derivative using first method\n";

                else

                    std::cout << "Calculating derivative using second method\n";

                std::cout << "Derivative: " << Derivative(A, deltaX) << "\n\n";

                break;

            }

            case 2: {

                long x;

                std::cout << "Enter x: ";

                std::cin >> x;

                if (real == 1)

                    std::cout << "Translating to binary\n";

                else

                    std::cout << "Translating to ternary\n";

                std::cout << "Result is: " << translation(x) << "\n\n";

                break;

            }

            case -1:

                std::cout << "Exit\n";

                dlclose(lib);

                return 0;

            default:

                std::cout << "Invalid input. Try again.\n";

        }

    }

}

**Протокол работы программы**

**Prog1**

tobiklosj@LAPTOP-C3C2PI9E:~/labs\_OS/lab4$ ./prog1

Input program code:

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

1

Enter A and deltaX: 0.5 0.01

Calculated derivative: -0.483805

Input program code:

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: 129

Translated number: 10000001

**Prog2**

Library is loaded

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

1

Enter A and deltaX: 0.5 0.01

Calculating derivative using first method

Derivative: -0.483805

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: 129

Translating to binary

Result is: 10000001

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

0

Library switched successfully!

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

1

Enter A and deltaX: 0.5 0.01

Calculating derivative using second method

Derivative: -0.479417

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: 156

Translating to ternary

Result is: 12210

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

0

Library switched successfully!

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: 10

Translating to binary

Result is: 1010

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: 0

Translating to binary

Result is: 0

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: -1231

Translating to binary

Result is: -10011001111

0

Library switched successfully!

Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

2

Enter x: -15

Translating to ternary

Result is: -120

**Strace**

**Prog1**

tobiklosj@LAPTOP-C3C2PI9E:~/labs\_OS/lab4$ strace -f ./prog1

execve("./prog1", ["./prog1"], 0x7ffd79485008 /\* 26 vars \*/) = 0

brk(NULL) = 0x560f0c038000

arch\_prctl(0x3001 /\* ARCH\_??? \*/, 0x7ffc74d0dee0) = -1 EINVAL (Invalid argument)

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f2d2122c000

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

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libimpl1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./libimpl1.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=15672, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

getcwd("/home/tobiklosj/labs\_OS/lab4", 128) = 29

mmap(NULL, 16448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f2d21227000

mmap(0x7f2d21228000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7f2d21228000

mmap(0x7f2d21229000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f2d21229000

mmap(0x7f2d2122a000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f2d2122a000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./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=37419, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 37419, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f2d2121d000

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) = 0x7f2d20ff1000

mprotect(0x7f2d2108b000, 1576960, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f2d2108b000, 1118208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x9a000) = 0x7f2d2108b000

mmap(0x7f2d2119c000, 454656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ab000) = 0x7f2d2119c000

mmap(0x7f2d2120c000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x21a000) = 0x7f2d2120c000

mmap(0x7f2d2121a000, 10432, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f2d2121a000

close(3) = 0

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./tls/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

openat(AT\_FDCWD, "./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\0\315A\vq\17\17\tLh2\355\331Y1\0m"..., 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) = 0x7f2d20dc8000

mprotect(0x7f2d20df0000, 2023424, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7f2d20df0000, 1658880, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f2d20df0000

mmap(0x7f2d20f85000, 360448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1bd000) = 0x7f2d20f85000

mmap(0x7f2d20fde000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7f2d20fde000

mmap(0x7f2d20fe4000, 52816, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f2d20fe4000

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) = 0x7f2d20ce1000

mmap(0x7f2d20cef000, 507904, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe000) = 0x7f2d20cef000

mmap(0x7f2d20d6b000, 372736, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x8a000) = 0x7f2d20d6b000

mmap(0x7f2d20dc6000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe4000) = 0x7f2d20dc6000

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) = 0x7f2d20cc1000

mmap(0x7f2d20cc4000, 94208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7f2d20cc4000

mmap(0x7f2d20cdb000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1a000) = 0x7f2d20cdb000

mmap(0x7f2d20cdf000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1d000) = 0x7f2d20cdf000

close(3) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f2d20cbf000

mmap(NULL, 12288, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f2d20cbc000

arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7f2d20cbc740) = 0

set\_tid\_address(0x7f2d20cbca10) = 20821

set\_robust\_list(0x7f2d20cbca20, 24) = 0

rseq(0x7f2d20cbd0e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

mprotect(0x7f2d20fde000, 16384, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f2d20cdf000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f2d20dc6000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f2d2120c000, 45056, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f2d2122a000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x560edeaa5000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7f2d21266000, 8192, PROT\_READ) = 0

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

munmap(0x7f2d2121d000, 37419) = 0

getrandom("\xe4\xf1\x31\x56\x21\x94\x8d\x30", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

brk(NULL) = 0x560f0c038000

brk(0x560f0c059000) = 0x560f0c059000

futex(0x7f2d2121a77c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x2), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

write(1, "Input program code:\n", 20Input program code:

) = 20

write(1, " 1 -> Calculate derivative\n", 27 1 -> Calculate derivative

) = 27

write(1, " 2 -> Translation\n", 18 2 -> Translation

) = 18

write(1, "-1 -> Exit\n", 11-1 -> Exit

) = 11

newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x2), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

read(0, 2

"2\n", 1024) = 2

write(1, "Enter x: ", 9Enter x: ) = 9

read(0, 12

"12\n", 1024) = 3

write(1, "Translated number: 1100\n\n", 25Translated number: 1100

) = 25

write(1, "Input program code:\n 1 -> Calcul"..., 76Input program code:

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 76

read(0, 1

"1\n", 1024) = 2

write(1, "Enter A and deltaX: ", 20Enter A and deltaX: ) = 20

read(0, 0.5 0.01

"0.5 0.01\n", 1024) = 9

write(1, "Calculated derivative: -0.483805"..., 34Calculated derivative: -0.483805

) = 34

write(1, "Input program code:\n 1 -> Calcul"..., 76Input program code:

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 76

read(0, -1

"-1\n", 1024) = 3

write(1, "Exit\n", 5Exit

) = 5

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

exit\_group(0) = ?

+++ exited with 0 +++

**Prog2**

tobiklosj@LAPTOP-C3C2PI9E:~/labs\_OS/lab4$ strace -f ./prog2

execve("./prog2", ["./prog2"], 0x7ffc8148fe58 /\* 26 vars \*/) = 0

brk(NULL) = 0x564118386000

arch\_prctl(0x3001 /\* ARCH\_??? \*/, 0x7fffd58f9d10) = -1 EINVAL (Invalid argument)

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa7ddd19000

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=37419, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

mmap(NULL, 37419, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7fa7ddd0f000

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) = 0x7fa7ddae3000

mprotect(0x7fa7ddb7d000, 1576960, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7fa7ddb7d000, 1118208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x9a000) = 0x7fa7ddb7d000

mmap(0x7fa7ddc8e000, 454656, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ab000) = 0x7fa7ddc8e000

mmap(0x7fa7ddcfe000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x21a000) = 0x7fa7ddcfe000

mmap(0x7fa7ddd0c000, 10432, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa7ddd0c000

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\0\315A\vq\17\17\tLh2\355\331Y1\0m"..., 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) = 0x7fa7dd8ba000

mprotect(0x7fa7dd8e2000, 2023424, PROT\_NONE) = 0

mmap(0x7fa7dd8e2000, 1658880, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7fa7dd8e2000

mmap(0x7fa7dda77000, 360448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1bd000) = 0x7fa7dda77000

mmap(0x7fa7ddad0000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7fa7ddad0000

mmap(0x7fa7ddad6000, 52816, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa7ddad6000

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) = 0x7fa7dd7d3000

mmap(0x7fa7dd7e1000, 507904, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe000) = 0x7fa7dd7e1000

mmap(0x7fa7dd85d000, 372736, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x8a000) = 0x7fa7dd85d000

mmap(0x7fa7dd8b8000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xe4000) = 0x7fa7dd8b8000

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) = 0x7fa7dd7b3000

mmap(0x7fa7dd7b6000, 94208, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7fa7dd7b6000

mmap(0x7fa7dd7cd000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1a000) = 0x7fa7dd7cd000

mmap(0x7fa7dd7d1000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1d000) = 0x7fa7dd7d1000

close(3) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa7dd7b1000

arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7fa7dd7b23c0) = 0

set\_tid\_address(0x7fa7dd7b2690) = 21845

set\_robust\_list(0x7fa7dd7b26a0, 24) = 0

rseq(0x7fa7dd7b2d60, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

mprotect(0x7fa7ddad0000, 16384, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7fa7dd7d1000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7fa7dd8b8000, 4096, PROT\_READ) = 0

mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa7dd7af000

mprotect(0x7fa7ddcfe000, 45056, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x5640de46e000, 4096, PROT\_READ) = 0

mprotect(0x7fa7ddd53000, 8192, PROT\_READ) = 0

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

munmap(0x7fa7ddd0f000, 37419) = 0

getrandom("\x26\x10\xd0\x95\x94\xf5\x50\xd8", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

brk(NULL) = 0x564118386000

brk(0x5641183a7000) = 0x5641183a7000

futex(0x7fa7ddd0c77c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

openat(AT\_FDCWD, "./libimpl1.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=15672, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

getcwd("/home/tobiklosj/labs\_OS/lab4", 128) = 29

mmap(NULL, 16448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fa7ddd14000

mmap(0x7fa7ddd15000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7fa7ddd15000

mmap(0x7fa7ddd16000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fa7ddd16000

mmap(0x7fa7ddd17000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fa7ddd17000

close(3) = 0

mprotect(0x7fa7ddd17000, 4096, PROT\_READ) = 0

newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x2), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

write(1, "Library is loaded\n", 18Library is loaded

) = 18

write(1, "Input program code:\n 0 -> Librar"..., 97Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 97

newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x2), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

read(0, 1

"1\n", 1024) = 2

write(1, "Enter A and deltaX: ", 20Enter A and deltaX: ) = 20

read(0, 0.5 0.01

"0.5 0.01\n", 1024) = 9

write(1, "Calculating derivative using fir"..., 42Calculating derivative using first method

) = 42

write(1, "Derivative: -0.483805\n\n", 23Derivative: -0.483805

) = 23

write(1, "Input program code:\n 0 -> Librar"..., 97Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 97

read(0, 2

"2\n", 1024) = 2

write(1, "Enter x: ", 9Enter x: ) = 9

read(0, 123

"123\n", 1024) = 4

write(1, "Translating to binary\n", 22Translating to binary

) = 22

write(1, "Result is: 1111011\n\n", 20Result is: 1111011

) = 20

write(1, "Input program code:\n 0 -> Librar"..., 97Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 97

read(0, 0

"0\n", 1024) = 2

munmap(0x7fa7ddd14000, 16448) = 0

openat(AT\_FDCWD, "./libimpl2.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=15672, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

getcwd("/home/tobiklosj/labs\_OS/lab4", 128) = 29

mmap(NULL, 16448, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fa7ddd14000

mmap(0x7fa7ddd15000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7fa7ddd15000

mmap(0x7fa7ddd16000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fa7ddd16000

mmap(0x7fa7ddd17000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fa7ddd17000

close(3) = 0

mprotect(0x7fa7ddd17000, 4096, PROT\_READ) = 0

write(1, "Library switched successfully!\n", 31Library switched successfully!

) = 31

write(1, "Input program code:\n 0 -> Librar"..., 97Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 97

read(0, 2

"2\n", 1024) = 2

write(1, "Enter x: ", 9Enter x: ) = 9

read(0, 42

"42\n", 1024) = 3

write(1, "Translating to ternary\n", 23Translating to ternary

) = 23

write(1, "Result is: 1120\n\n", 17Result is: 1120

) = 17

write(1, "Input program code:\n 0 -> Librar"..., 97Input program code:

0 -> Library switch

1 -> Calculate derivative

2 -> Translation

-1 -> Exit

) = 97

read(0, -1

"-1\n", 1024) = 3

write(1, "Exit\n", 5Exit

) = 5

munmap(0x7fa7ddd14000, 16448) = 0

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

exit\_group(0) = ?

+++ exited with 0 +++

**Вывод**

В ходе лабораторной работы была изучена работа с динамическими библиотеками и двумя вариантами их загрузки: динамической в процесее выполнения программы и статической при компиляции и линковке