4Московский 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: Шаталов М.А.

Преподаватель: Миронов Е.С.

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

Дата: 29.11.24

Москва, 2024

**Постановка задачи**

**Вариант 28.**

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. Рассчет значения числа Пи при заданной длине ряда (K) методами Лейбница и Валлиса
2. Подсчет площади плоской геометрической фигуры по двум сторонам. Фигуры прямоугольник и прямоугольный треугольник

**Общий метод и алгоритм решения**

Использованные системные вызовы:

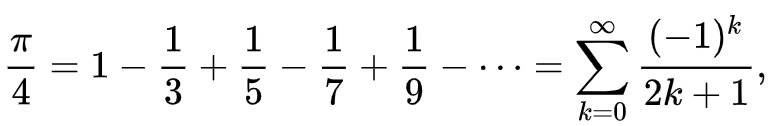
● void\* dlopen(const char\* filename, int flag); – загружает динамическую библиотеку в память.   
● int dlclose(void\* handle); – освобождает ресурсы, связанные с загруженной библиотекой.

**Алгоритм решения**

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

**Функции библиотеки**

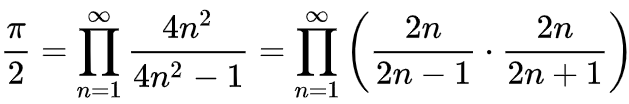
Функция числа Pi. Данную функцию необходимо вычислить двумя реализациями. Через формулу Лейбница и Валлиса. В математике формула Лейбница для π, названная в честь Готфрида Вильгельма Лейбница, утверждает, что:



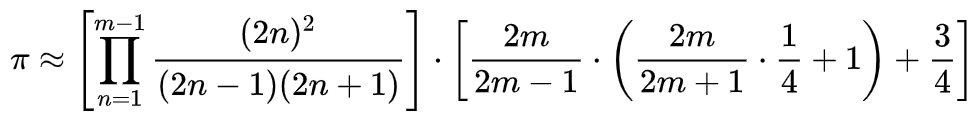
Это значит, что можно написать функцию, которая складывает n дробей и получает приближенное значение числа Пи.

Аналогично математик Валлис вывел формулу, выражающую число

Пи через бесконечное произведение рациональных дробей:



Проблема данной формулы заключается в том, что она медленно сходится, это означает, что только на бесконечности формула получает число Пи. Поэтому стоит рассмотреть отдельно последний член и посчитать его отдельно. Тогда формула будет иметь вид:



**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 числа Пи 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 Pi и Square. Обе программы Program 1 и Program 2 работают в цикле, который прерывается после ввода команды “-1”.

**Makefile**

С помощью Makefile выполняется сборка и компиляция программы, makefile состоит из целей, реквизитами и командами. 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

# Makefile

all: Program\_1 Program\_2 libPr\_2\_real1.so libPr\_2\_real2.so clean

# Prog 1

Program\_1: Program\_1.o libPr\_2\_real1.so

    g++ -o Program\_1 Program\_1.o -L. -lPr\_2\_real1 -Wl,-rpath,.

Program\_1.o: Program\_1.cpp

    g++ -c Program\_1.cpp

Pi\_Leibniz.o: Pi\_Leibniz.cpp

    g++ -c Pi\_Leibniz.cpp

Square\_rect.o: Square\_rect.cpp

    g++ -c Square\_rect.cpp

# Prog 2

Program\_2: Program\_2.o

    g++ -o Program\_2 Program\_2.o -ldl

Program\_2.o: Program\_2.cpp

    g++ -c Program\_2.cpp

libPr\_2\_real1.so: Pi\_Leibniz.o Square\_rect.o

    g++ -shared -o libPr\_2\_real1.so Pi\_Leibniz.o Square\_rect.o

libPr\_2\_real2.so: Pi\_Wallis.o Square\_tr.o

    g++ -shared -o libPr\_2\_real2.so Pi\_Wallis.o Square\_tr.o

Pi\_Wallis.o:

    g++ -c Pi\_Wallis.cpp

Square\_tr.o:

    g++ -c Square\_tr.cpp

# Clean

clean:

    rm -f \*.o

**Pi\_Leibniz.cpp**

extern "C" float Pi(int k)

{

    float res = 0;

    for (int i = 0; i < k; ++i)

    {

        int a = 1;

        if (i % 2 != 0)

            a = -1;

        res += (float(a) / (2.0 \* float(i) + 1.0));

    }

    return 4 \* res;

}

**Pi\_Wallis.cpp**

// Пи через Валлиса

extern "C" float Pi(int k)

{

    float res = 1;

    for (int i = 1; i < k; ++i)

    {

        res \*= (4.0 \* float(i) \* float(i)) / (4.0 \* float(i) \* float(i) - 1.0);

    }

    float m = float(k);

    float ost\_chlen = ((2.0 \* m) / (2.0 \* m - 1.0)) \* (((2.0 \* m / (2.0 \* m + 1.0)) \* (1.0 / 4.0) + 1) + 3.0 / 4.0);

    return res \* ost\_chlen;

}

**Square\_rect.cpp**

extern "C" float Square(float a, float b)

{

    return a \* b;

}

**Square\_tr.cpp**

extern "C" float Square(float a, float b)

{

    return a \* b / 2;

}

**Program\_1.cpp**

#include <iostream>

extern "C" float Pi(int k);

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

int main()

{

    int prog = 0;

    while (prog != -1)

    {

        std::cout << "Input program code: -1-exit, 1-calc PI, 2-calc square\n";

        std::cin >> prog;

        switch (prog)

        {

        case 1:

            int k;

            std::cin >> k;

            std::cout << "Pi number: " << Pi(k) << "\n\n";

            break;

        case 2:

            int a, b;

            std::cin >> a >> b;

            std::cout << Square(a, b) << "\n\n";

            break;

        default:

            std::cout << "Exit\n";

            break;

        }

    }

}

**Program\_2.cpp**

#include <iostream>

#include <dlfcn.h>

int main()

{

    int prog = 1;

    int real = 1;

    void \*lib = nullptr; // Initialize lib to nullptr

    typedef float (\*PiFunc)(int);

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

    PiFunc Pi; // Initialize function pointers to nullptr

    SquareFunc Square;

    // Initial library load

    lib = dlopen("./libPr\_2\_real1.so", RTLD\_LAZY);

    if (!lib)

    {

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

        return 1;

    }

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

    Pi = (PiFunc)dlsym(lib, "Pi");

    Square = (SquareFunc)dlsym(lib, "Square");

    if (!Pi || !Square)

    {

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

        dlclose(lib);

        return 1;

    }

    while (true)

    {

        std::cout << "Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square\n";

        std::cin >> prog;

        switch (prog)

        {

        case 0:

            dlclose(lib); // Close the current library

            if (real == 1)

            {

                lib = dlopen("./libPr\_2\_real2.so", RTLD\_LAZY);

                real = 2;

            }

            else

            {

                lib = dlopen("./libPr\_2\_real1.so", RTLD\_LAZY);

                real = 1;

            }

            if (!lib)

            { // Check for dlopen errors

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

                return 1; // Exit if loading fails

            }

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

            // Reload symbols AFTER successful dlopen

            Pi = (PiFunc)dlsym(lib, "Pi");

            Square = (SquareFunc)dlsym(lib, "Square");

            if (!Pi || !Square)

            {

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

                dlclose(lib);

                return 1; // Exit if loading fails

            }

            break;

        case 1:

            int k;

            std::cin >> k;

            if (real == 1)

                std::cout << "Teck realization of Pi is Leibniz\n";

            else

                std::cout << "Teck realization of Pi is Wallis\n";

            std::cout << lib<<" "<<  Pi<<" "<< Square << "Pi number: " << k<<" "<< Pi(k) << "\n\n";

            break;

        case 2:

            int a, b;

            std::cin >> a >> b;

            if (real == 1)

                std::cout << "Teck realization of Square is Rectangle\n";

            else

                std::cout << "Teck realization of Pi is Triangle\n";

            std::cout << "Square is " << Square(a, b) << "\n\n";

            break;

        default:

            std::cout << "Exit\n";

            dlclose(lib);

            return 0;

        }

    }

}

**Протокол работы программы**

**Тестирование:**

**Тест 1:**

root@7e09aacdb568:/workspaces/MAI\_OS\_Labs/lab4/src# ./Program\_2

Library is loaded

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

1 100

Teck realization of Pi is Leibniz

Pi number: 100 3.1416

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

2 10 5

Teck realization of Square is Rectangle

Square is 50

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

-1

Exit

**Тест 2:**

root@7e09aacdb568:/workspaces/MAI\_OS\_Labs/lab4/src# ./Program\_2

Library is loaded

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

1 5

Teck realization of Pi is Leibniz

Pi number: 5 3.1416

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

0

Library is loaded

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

1 10

Teck realization of Pi is Wallis

Pi number: 10 3.14133

Input program code: -1-exit, 0-change realisation, 1-calc PI, 2-calc square

-1

Exit

**Strace**

Program 1

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

32647 brk(NULL) = 0x14b7000

32647 mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f619b6f5000

32647 access("/etc/ld.so.preload", R\_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

**32647 openat(AT\_FDCWD, "./libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

32647 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

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=15296, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 getcwd("/workspaces/MAI\_OS\_Labs/lab4/src", 128) = 33

32647 mmap(NULL, 16400, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f619b6f0000

32647 mmap(0x7f619b6f1000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7f619b6f1000

32647 mmap(0x7f619b6f2000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f619b6f2000

32647 mmap(0x7f619b6f3000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7f619b6f3000

32647 close(3) = 0

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=26022, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 mmap(NULL, 26022, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f619b6e9000

32647 close(3) = 0

32647 openat(AT\_FDCWD, "/usr/local/lib64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

32647 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

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=2530008, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 mmap(NULL, 2543808, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f619b47b000

32647 mmap(0x7f619b520000, 1216512, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xa5000) = 0x7f619b520000

32647 mmap(0x7f619b649000, 581632, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ce000) = 0x7f619b649000

32647 mmap(0x7f619b6d7000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x25c000) = 0x7f619b6d7000

32647 mmap(0x7f619b6e5000, 12480, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f619b6e5000

32647 close(3) = 0

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

32647 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

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=907784, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 mmap(NULL, 909560, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f619b39c000

32647 mmap(0x7f619b3ac000, 471040, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x10000) = 0x7f619b3ac000

32647 mmap(0x7f619b41f000, 368640, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x83000) = 0x7f619b41f000

32647 mmap(0x7f619b479000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xdc000) = 0x7f619b479000

32647 close(3) = 0

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "/usr/local/lib64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

32647 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

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=906528, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 mmap(NULL, 181160, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f619b36f000

32647 mmap(0x7f619b373000, 143360, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x4000) = 0x7f619b373000

32647 mmap(0x7f619b396000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x27000) = 0x7f619b396000

32647 mmap(0x7f619b39a000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2b000) = 0x7f619b39a000

32647 close(3) = 0

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v3/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./glibc-hwcaps/x86-64-v2/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/haswell/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./tls/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./haswell/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./x86\_64/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "./libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

32647 openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

32647 read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\20t\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

32647 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

32647 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=1922136, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 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

32647 mmap(NULL, 1970000, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f619b18e000

32647 mmap(0x7f619b1b4000, 1396736, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x26000) = 0x7f619b1b4000

32647 mmap(0x7f619b309000, 339968, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x17b000) = 0x7f619b309000

32647 mmap(0x7f619b35c000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ce000) = 0x7f619b35c000

32647 mmap(0x7f619b362000, 53072, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f619b362000

32647 close(3) = 0

32647 mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f619b18c000

32647 mmap(NULL, 12288, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f619b189000

32647 arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7f619b189740) = 0

32647 set\_tid\_address(0x7f619b189a10) = 32647

32647 set\_robust\_list(0x7f619b189a20, 24) = 0

32647 rseq(0x7f619b18a060, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

32647 mprotect(0x7f619b35c000, 16384, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x7f619b39a000, 4096, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x7f619b479000, 4096, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x7f619b6d7000, 45056, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x7f619b6f3000, 4096, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x403000, 4096, PROT\_READ) = 0

32647 mprotect(0x7f619b727000, 8192, PROT\_READ) = 0

32647 prlimit64(0, RLIMIT\_STACK, NULL, {rlim\_cur=8192\*1024, rlim\_max=RLIM64\_INFINITY}) = 0

32647 munmap(0x7f619b6e9000, 26022) = 0

32647 futex(0x7f619b6e573c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

32647 getrandom("\x26\xc7\x44\x8e\x8c\x52\x84\xad", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

32647 brk(NULL) = 0x14b7000

32647 brk(0x14d8000) = 0x14d8000

32647 newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x1), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 write(1, "Input program code: -1-exit, 1-c"..., 54) = 54

32647 newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x1), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

32647 read(0, "1\n", 1024) = 2

32647 read(0, "1000\n", 1024) = 5

32647 write(1, "Pi number: 3.14059\n\n", 20) = 20

32647 write(1, "Input program code: -1-exit, 1-c"..., 54) = 54

32647 read(0, "-1\n", 1024) = 3

32647 write(1, "Exit\n", 5) = 5

32647 lseek(0, -1, SEEK\_CUR) = -1 ESPIPE (Illegal seek)

32647 exit\_group(0) = ?

32647 +++ exited with 0 +++

**Program 2**

36814 execve("./Program\_2", ["./Program\_2"], 0x7ffee39257d8 /\* 26 vars \*/) = 0

36814 brk(NULL) = 0x1fb8000

36814 mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fb16b327000

36814 access("/etc/ld.so.preload", R\_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

36814 openat(AT\_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=26022, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 mmap(NULL, 26022, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE, 3, 0) = 0x7fb16b320000

36814 close(3) = 0

36814 openat(AT\_FDCWD, "/usr/local/lib64/libstdc++.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=2530008, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 mmap(NULL, 2543808, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16b0b2000

36814 mmap(0x7fb16b157000, 1216512, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xa5000) = 0x7fb16b157000

36814 mmap(0x7fb16b280000, 581632, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ce000) = 0x7fb16b280000

36814 mmap(0x7fb16b30e000, 57344, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x25c000) = 0x7fb16b30e000

36814 mmap(0x7fb16b31c000, 12480, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fb16b31c000

36814 close(3) = 0

36814 openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libm.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=907784, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 mmap(NULL, 909560, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16afd3000

36814 mmap(0x7fb16afe3000, 471040, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x10000) = 0x7fb16afe3000

36814 mmap(0x7fb16b056000, 368640, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x83000) = 0x7fb16b056000

36814 mmap(0x7fb16b0b0000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0xdc000) = 0x7fb16b0b0000

36814 close(3) = 0

36814 openat(AT\_FDCWD, "/usr/local/lib64/libgcc\_s.so.1", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0644, st\_size=906528, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 mmap(NULL, 181160, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16afa6000

36814 mmap(0x7fb16afaa000, 143360, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x4000) = 0x7fb16afaa000

36814 mmap(0x7fb16afcd000, 16384, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x27000) = 0x7fb16afcd000

36814 mmap(0x7fb16afd1000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2b000) = 0x7fb16afd1000

36814 close(3) = 0

36814 openat(AT\_FDCWD, "/lib/x86\_64-linux-gnu/libc.so.6", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3

36814 read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\20t\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=1922136, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 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

36814 mmap(NULL, 1970000, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16adc5000

36814 mmap(0x7fb16adeb000, 1396736, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x26000) = 0x7fb16adeb000

36814 mmap(0x7fb16af40000, 339968, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x17b000) = 0x7fb16af40000

36814 mmap(0x7fb16af93000, 24576, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1ce000) = 0x7fb16af93000

36814 mmap(0x7fb16af99000, 53072, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fb16af99000

36814 close(3) = 0

36814 mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fb16adc3000

36814 arch\_prctl(ARCH\_SET\_FS, 0x7fb16adc4480) = 0

36814 set\_tid\_address(0x7fb16adc4750) = 36814

36814 set\_robust\_list(0x7fb16adc4760, 24) = 0

36814 rseq(0x7fb16adc4da0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

36814 mprotect(0x7fb16af93000, 16384, PROT\_READ) = 0

36814 mprotect(0x7fb16afd1000, 4096, PROT\_READ) = 0

36814 mprotect(0x7fb16b0b0000, 4096, PROT\_READ) = 0

36814 mmap(NULL, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fb16adc1000

36814 mprotect(0x7fb16b30e000, 45056, PROT\_READ) = 0

36814 mprotect(0x403000, 4096, PROT\_READ) = 0

36814 mprotect(0x7fb16b359000, 8192, PROT\_READ) = 0

36814 prlimit64(0, RLIMIT\_STACK, NULL, {rlim\_cur=8192\*1024, rlim\_max=RLIM64\_INFINITY}) = 0

36814 munmap(0x7fb16b320000, 26022) = 0

36814 futex(0x7fb16b31c73c, FUTEX\_WAKE\_PRIVATE, 2147483647) = 0

36814 getrandom("\x63\x19\xbd\x55\x1a\x7c\xe0\xab", 8, GRND\_NONBLOCK) = 8

36814 brk(NULL) = 0x1fb8000

36814 brk(0x1fd9000) = 0x1fd9000

**36814 openat(AT\_FDCWD, "./libPr\_2\_real1.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=15296, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 getcwd("/workspaces/MAI\_OS\_Labs/lab4/src", 128) = 33

36814 mmap(NULL, 16400, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16b322000

36814 mmap(0x7fb16b323000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7fb16b323000

36814 mmap(0x7fb16b324000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fb16b324000

36814 mmap(0x7fb16b325000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fb16b325000

36814 close(3) = 0

36814 mprotect(0x7fb16b325000, 4096, PROT\_READ) = 0

36814 newfstatat(1, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x1), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 write(1, "Library is loaded\n", 18) = 18

36814 write(1, "Input program code: -1-exit, 0-c"..., 76) = 76

36814 newfstatat(0, "", {st\_mode=S\_IFCHR|0620, st\_rdev=makedev(0x88, 0x1), ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 read(0, "1 100\n", 1024) = 6

36814 write(1, "Teck realization of Pi is Leibni"..., 34) = 34

36814 write(1, "0x1fca2d0 1 1Pi number: 100 3.13"..., 37) = 37

36814 write(1, "Input program code: -1-exit, 0-c"..., 76) = 76

36814 read(0, "0\n", 1024) = 2

36814 munmap(0x7fb16b322000, 16400) = 0

**36814 openat(AT\_FDCWD, "./libPr\_2\_real2.so", O\_RDONLY|O\_CLOEXEC) = 3**

36814 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

36814 newfstatat(3, "", {st\_mode=S\_IFREG|0755, st\_size=15296, ...}, AT\_EMPTY\_PATH) = 0

36814 getcwd("/workspaces/MAI\_OS\_Labs/lab4/src", 128) = 33

36814 mmap(NULL, 16400, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fb16b322000

36814 mmap(0x7fb16b323000, 4096, PROT\_READ|PROT\_EXEC, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7fb16b323000

36814 mmap(0x7fb16b324000, 4096, PROT\_READ, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fb16b324000

36814 mmap(0x7fb16b325000, 8192, PROT\_READ|PROT\_WRITE, MAP\_PRIVATE|MAP\_FIXED|MAP\_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7fb16b325000

36814 close(3) = 0

36814 mprotect(0x7fb16b325000, 4096, PROT\_READ) = 0

36814 write(1, "Library is loaded\n", 18) = 18

36814 write(1, "Input program code: -1-exit, 0-c"..., 76) = 76

36814 read(0, "1 100\n", 1024) = 6

36814 write(1, "Teck realization of Pi is Wallis"..., 33) = 33

36814 write(1, "0x1fca2d0 1 1Pi number: 100 3.14"..., 36) = 36

36814 write(1, "Input program code: -1-exit, 0-c"..., 76) = 76

36814 read(0, "-1\n", 1024) = 3

36814 write(1, "Exit\n", 5) = 5

36814 munmap(0x7fb16b322000, 16400) = 0

36814 lseek(0, -1, SEEK\_CUR) = -1 ESPIPE (Illegal seek)

36814 exit\_group(0) = ?

36814 +++ 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.