

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-209БВ-24

Студент: Крысанов Арсений Юрьевич

Преподаватель: Миронов Е.С.

Оценка: _____

Дата: 16.12.25

Москва, 2025

Постановка задачи

Вариант 25.

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.

№	Описание	Сигнатура	Реализация 1	Реализация 2
1	Подсчёт наибольшего общего делителя для двух натуральных чисел	Int GCF(int A, int B)	Алгоритм Евклида	Наивный алгоритм. Пытаться разделить числа на все числа, что меньше A и B.

2	Перевод числа x из десятичной системы счисления в другую)	Char* translation(long x)	Другая система счисления двоичная	Другая система счисления троичная
---	--	------------------------------	---	--

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы

- 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 работы:

1. Алгоритм работы программы №1

(Использование библиотеки на этапе линковки)

1. При запуске программы операционная система автоматически загружает динамическую библиотеку, указанную на этапе компиляции.
2. Программа переходит в режим ожидания пользовательского ввода.
3. Считывается команда пользователя:
 - если ввод некорректен или достигнут конец ввода (EOF), программа завершает работу;
 - если введена команда 1, считываются два целых числа A и B, после чего вызывается функция вычисления наибольшего общего делителя;
 - если введена команда 2, считывается число X, после чего вызывается функция перевода числа из десятичной системы счисления.
4. Результат выполнения функции выводится на экран.

5. Переход к пункту 3.
6. При достижении конца ввода программа корректно завершает работу.

2. Алгоритм работы программы №2

(Динамическая загрузка библиотек во время выполнения)

1. При запуске программы загружается первая динамическая библиотека (lib1.so) с помощью функции dlopen.
2. Получаются адреса функций библиотеки с помощью dlscn.
3. Программа переходит в цикл обработки пользовательского ввода.
4. Считывается команда пользователя:
 - если введена команда -1, выполняется выгрузка библиотеки и программа завершает работу;
 - если введена команда 0, выполняется выгрузка текущей библиотеки, загрузка альтернативной реализации и обновление указателей на функции;
 - если введена команда 1, считываются аргументы функции вычисления НОД и выполняется вызов соответствующей функции текущей библиотеки;
 - если введена команда 2, считывается аргумент функции перевода числа и выполняется вызов соответствующей функции текущей библиотеки;
 - при вводе неизвестной команды выводится сообщение об ошибке.
5. Результат выполнения функции выводится на экран.
6. Переход к пункту 4.
7. При завершении работы программы выполняется выгрузка динамической библиотеки

Код программы

lib.h

```
#ifndef LIB_H
```

```
#define LIB_H
```

```
int GCF(int A, int B);

char* translation(long x);

#endif
```

lib1.c

```
#include <stdlib.h>

#include <string.h>

#include "lib.h"

int GCF(int A, int B) {

    while (B != 0) {

        int t = B;

        B = A % B;

        A = t;

    }

    return A;

}

char* translation(long x) {

    char* res = malloc(65);

    int i = 0;

    if (x == 0) {

        res[0] = '0';

        res[1] = '\0';

        return res;

    }
```

```

while (x > 0) {

    res[i++] = (x % 2) + '0';

    x /= 2;

}

res[i] = '\0';

```

```

for (int j = 0; j < i / 2; j++) {

    char tmp = res[j];

    res[j] = res[i - j - 1];

    res[i - j - 1] = tmp;

}

return res;

}

```

lib2.

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

```
#include "lib.h"
```

```

int GCF(int A, int B) {

    int g = 1;

    for (int i = 1; i <= A && i <= B; i++) {

        if (A % i == 0 && B % i == 0)

            g = i;

    }

    return g;

}

```

```

char* translation(long x) {

    char* res = malloc(65);

```

```
int i = 0;
```

```
if (x == 0) {  
    res[0] = '0';  
    res[1] = '\0';  
    return res;  
}
```

```
while (x > 0) {  
    res[i++] = (x % 3) + '0';  
    x /= 3;  
}  
res[i] = '\0';
```

```
for (int j = 0; j < i / 2; j++) {  
    char tmp = res[j];  
    res[j] = res[i - j - 1];  
    res[i - j - 1] = tmp;  
}  
return res;  
}
```

dlopen.c

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

```
typedef int (*gcf_f)(int, int);

typedef char* (*tr_f)(long);


int main() {

    void* handle = NULL;

    gcf_f GCF = NULL;

    tr_f translation = NULL;


    int current_lib = 1;


    handle = dlopen("./lib1.so", RTLD_LAZY);

    if (!handle) {

        fprintf(stderr, "dlopen error: %s\n", dlerror());

        return 1;

    }


    GCF = (gcf_f)dlsym(handle, "GCF");

    translation = (tr_f)dlsym(handle, "translation");


    if (!GCF || !translation) {

        fprintf(stderr, "dlsym error: %s\n", dlerror());

        dlclose(handle);

        return 1;

    }


    while (1) {

        int cmd;

        if (scanf("%d", &cmd) != 1)
```



```
break;
```

```
if (cmd == -1) {
```

```
    break;
```

```
}
```

```
if (cmd == 0) {
```

```
    dlclose(handle);
```

```
if (current_lib == 1) {
```

```
    handle = dlopen("./lib2.so", RTLD_LAZY);
```

```
    current_lib = 2;
```

```
} else {
```

```
    handle = dlopen("./lib1.so", RTLD_LAZY);
```

```
    current_lib = 1;
```

```
}
```

```
if (!handle) {
```

```
    fprintf(stderr, "dlopen error: %s\n", dlerror());
```

```
    return 1;
```

```
}
```

```
GCF = (gcf_f)dlsym(handle, "GCF");
```

```
translation = (tr_f)dlsym(handle, "translation");
```

```
if (!GCF || !translation) {
```

```
    fprintf(stderr, "dlsym error: %s\n", dlerror());
```

```
    dlclose(handle);
```

```

        return 1;

    }

    printf("СМЕНЯ ПРОГРАММЫ%d\n", current_lib);

    continue;

}

if (cmd == 1) {

    int a, b;

    scanf("%d %d", &a, &b);

    printf("%d\n", GCF(a, b));

} else if (cmd == 2) {

    long x;

    scanf("%ld", &x);

    char* s = translation(x);

    printf("%s\n", s);

    free(s);

} else {

    printf("Unknown command\n");

}

}

dlclose(handle);

return 0;

}

```

linked.c

#include <stdio.h>

```
#include "mathlib.h"
```

```
int main() {  
    int cmd, arg;  
    while (scanf("%d", &cmd) != EOF) {  
        if (cmd == 1) {  
            scanf("%d", &arg);  
            printf("Pi = %f\n", Pi(arg));  
        }  
        else if (cmd == 2) {  
            scanf("%d", &arg);  
            printf("E = %f\n", E(arg));  
        }  
    }  
    return 0;  
}
```

Протокол работы программы

Тестирование:

```
root → /workspace/laba4 $ strace -f -o static.trace env LD_LIBRARY_PATH=. ./static
```

```
1 11 121
```

```
11
```

```
2 3
```

```
11
```

Strace:

```
static.c
```

```
150  execve("/usr/bin/env", ["env", "LD_LIBRARY_PATH=.", "./static"],  
0x7fff4a7f6428 /* 12 vars */) = 0
```

```
150  brk(NULL) = 0x601985fc5000
```

```
150  access("/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)
```

```

150  openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
150  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=21784, ...}) = 0
150  mmap(NULL, 21784, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) =
0x7789b1dda000
150  close(3) = 0
150  openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
150  read(3,
"\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\260>\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
150  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1901536, ...}) = 0
150  mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7789b1dd8000
150  mmap(NULL, 1914496, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7789b1c04000
150  mmap(0x7789b1c26000, 1413120, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x22000) =
0x7789b1c26000
150  mmap(0x7789b1d7f000, 323584, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x17b000) =
0x7789b1d7f000
150  mmap(0x7789b1dce000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1c9000) =
0x7789b1dce000
150  mmap(0x7789b1dd4000, 13952, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7789b1dd4000
150  close(3) = 0
150  arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7789b1dd9580) = 0
150  mprotect(0x7789b1dce000, 16384, PROT_READ) = 0
150  mprotect(0x60196b3a1000, 4096, PROT_READ) = 0
150  mprotect(0x7789b1e0a000, 4096, PROT_READ) = 0
150  munmap(0x7789b1dda000, 21784) = 0
150  brk(NULL) = 0x601985fc5000
150  brk(0x601985fe6000) = 0x601985fe6000

```

```

150  execve("./static", ["/static"], 0x601985fc5400 /* 13 vars */) = 0
150  brk(NULL) = 0x5de7a0443000
150  access("/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/x86_64/lib1.so",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -
1 ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./tls/x86_64/lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -
1 ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./tls/lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./haswell/x86_64/lib1.so",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./haswell/lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./x86_64/lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)
150  openat(AT_FDCWD, "./lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
150  read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\20\0\0\0\0\0"...
, 832) = 832
150  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=15920, ...}) = 0
150  mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7aa25e722000
150  getcwd("/workspace/laba4", 128) = 17
150  mmap(NULL, 16432, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7aa25e71d000
150  mmap(0x7aa25e71e000, 4096, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7aa25e71e000
150  mmap(0x7aa25e71f000, 4096, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7aa25e71f000
150  mmap(0x7aa25e720000, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7aa25e720000
150  close(3) = 0

```

```

150 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/x86_64/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) =
-1 ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./tls/x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) =
-1 ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./tls/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./haswell/x86_64/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./haswell/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "./libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)

150 openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

150 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=21784, ...}) = 0

150 mmap(NULL, 21784, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) =
0x7aa25e717000

150 close(3) = 0

150 openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

150 read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\260>\2\0\0\0\0\0"...
, 832) = 832

150 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1901536, ...}) = 0

150 mmap(NULL, 1914496, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7aa25e543000

150 mmap(0x7aa25e565000, 1413120, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x22000) =
0x7aa25e565000

150 mmap(0x7aa25e6be000, 323584, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x17b000) =
0x7aa25e6be000

```

150 mmap(0x7aa25e70d000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1c9000) = 0x7aa25e70d000

150 mmap(0x7aa25e713000, 13952, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7aa25e713000

150 close(3) = 0

150 mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7aa25e540000

150 arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7aa25e540740) = 0

150 mprotect(0x7aa25e70d000, 16384, PROT_READ) = 0

150 mprotect(0x7aa25e720000, 4096, PROT_READ) = 0

150 mprotect(0x5de763383000, 4096, PROT_READ) = 0

150 mprotect(0x7aa25e74e000, 4096, PROT_READ) = 0

150 munmap(0x7aa25e717000, 21784) = 0

150 fstat(0, {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0), ...}) = 0

150 brk(NULL) = 0x5de7a0443000

150 brk(0x5de7a0464000) = 0x5de7a0464000

150 read(0, "1 11 121\n", 1024) = 9

150 fstat(1, {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0), ...}) = 0

150 write(1, "11\n", 3) = 3

150 read(0, "2 3\n", 1024) = 4

150 write(1, "11\n", 3) = 3

150 read(0, 0x5de7a04432a0, 1024) = ? ERESTARTSYS (To be restarted if SA_RESTART is set)

150 --- SIGINT {si_signo=SIGINT, si_code=SI_KERNEL} ---

150 +++ killed by SIGINT +++

dlopen.c

root → /workspace/laba4 \$ strace -f -o dynamic.trace env LD_LIBRARY_PATH=.
./dynamic

1 121 11

11

2 3

11

0

СМЕНЯ ПРОГРАММЫ2

1 121 11

11

2 3

10

-1

Strace:

172 execve("/usr/bin/env", ["env", "LD_LIBRARY_PATH=.", "./dynamic"],
0x7ffdad142678 /* 12 vars */) = 0

172 brk(NULL) = 0x608dbb557000

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

172 openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

172 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=21784, ...}) = 0

**172 mmap(NULL, 21784, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) =
0x744532aa4000**

172 close(3) = 0

172 openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

**172 read(3,
"\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\260>\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832**

172 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1901536, ...}) = 0

**172 mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x744532aa2000**

**172 mmap(NULL, 1914496, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7445328ce000**

**172 mmap(0x7445328f0000, 1413120, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x22000) =
0x7445328f0000**

**172 mmap(0x744532a49000, 323584, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x17b000) =
0x744532a49000**

172 mmap(0x744532a98000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1c9000) = 0x744532a98000

172 mmap(0x744532a9e000, 13952, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x744532a9e000

172 close(3) = 0

172 arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x744532aa3580) = 0

172 mprotect(0x744532a98000, 16384, PROT_READ) = 0

172 mprotect(0x608daffb6000, 4096, PROT_READ) = 0

172 mprotect(0x744532ad4000, 4096, PROT_READ) = 0

172 munmap(0x744532aa4000, 21784) = 0

172 brk(NULL) = 0x608dbb557000

172 brk(0x608dbb578000) = 0x608dbb578000

172 execve("./dynamic", ["/dynamic"], 0x608dbb557400 /* 13 vars */) = 0

172 brk(NULL) = 0x5cc86f6f4000

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

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/x86_64/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/x86_64/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./haswell/x86_64/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./haswell/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./x86_64/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

172 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=21784, ...}) = 0

172 mmap(NULL, 21784, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7265affd5000

172 close(3) = 0

172 openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libdl.so.2", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

172 read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0000\21\0\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

172 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=18688, ...}) = 0

172 mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7265affd3000

172 mmap(NULL, 20752, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7265affcd000

172 mmap(0x7265affce000, 8192, PROT_READ|PROT_EXEC, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7265affce000

172 mmap(0x7265affd0000, 4096, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7265affd0000

172 mmap(0x7265affd1000, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x3000) = 0x7265affd1000

172 close(3) = 0

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/haswell/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./tls/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./haswell/x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./haswell/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

172 openat(AT_FDCWD, "./x86_64/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1 ENOENT (No such file or directory)

```

172  openat(AT_FDCWD, "./libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = -1
ENOENT (No such file or directory)

172  openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6",
O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

172  read(3,
"\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\260>\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

172  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1901536, ...}) = 0

172  mmap(NULL, 1914496, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7265afdf9000

172  mmap(0x7265afe1b000, 1413120, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x22000) =
0x7265afe1b000

172  mmap(0x7265aff74000, 323584, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x17b000) =
0x7265aff74000

172  mmap(0x7265affc3000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1c9000) =
0x7265affc3000

172  mmap(0x7265affc9000, 13952, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7265affc9000

172  close(3) = 0

172  mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7265afdf6000

172  arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7265afdf6740) = 0

172  mprotect(0x7265affc3000, 16384, PROT_READ) = 0

172  mprotect(0x7265affd1000, 4096, PROT_READ) = 0

172  mprotect(0x5cc83127a000, 4096, PROT_READ) = 0

172  mprotect(0x7265b0005000, 4096, PROT_READ) = 0

172  munmap(0x7265affd5000, 21784) = 0

172  brk(NULL) = 0x5cc86f6f4000

172  brk(0x5cc86f715000) = 0x5cc86f715000

172  openat(AT_FDCWD, "./lib1.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

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

```

```

172  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=15920, ...}) = 0
172  getcwd("/workspace/laba4", 128) = 17
172  mmap(NULL, 16432, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7265affd6000
172  mmap(0x7265affd7000, 4096, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7265affd7000
172  mmap(0x7265affd8000, 4096, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7265affd8000
172  mmap(0x7265affd9000, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7265affd9000
172  close(3) = 0
172  mprotect(0x7265affd9000, 4096, PROT_READ) = 0
172  fstat(0, {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0), ...}) = 0
172  read(0, "1 121 11\n", 1024) = 9
172  fstat(1, {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0), ...}) = 0
172  write(1, "11\n", 3) = 3
172  read(0, "2 3\n", 1024) = 4
172  write(1, "11\n", 3) = 3
172  read(0, "0\n", 1024) = 2
172  munmap(0x7265affd6000, 16432) = 0
172  openat(AT_FDCWD, "./lib2.so", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
172  read(3, "\177ELF\2\1\1\0\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\20\0\0\0\0\0"...
832) = 832
172  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=15920, ...}) = 0
172  getcwd("/workspace/laba4", 128) = 17
172  mmap(NULL, 16432, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7265affd6000
172  mmap(0x7265affd7000, 4096, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1000) = 0x7265affd7000
172  mmap(0x7265affd8000, 4096, PROT_READ,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7265affd8000
172  mmap(0x7265affd9000, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x2000) = 0x7265affd9000

```

```

172 close(3) = 0
172 mprotect(0x7265affd9000, 4096, PROT_READ) = 0
172 write(1, "\320\241\320\234\320\225\320\235\320\257
\320\237\320\240\320\236\320\223\320\240\320\220\320\234\320\234\320\2532\n", 31)
= 31
172 read(0, "1 121 11\n", 1024) = 9
172 write(1, "11\n", 3) = 3
172 read(0, "2 3\n", 1024) = 4
172 write(1, "10\n", 3) = 3
172 read(0, "-1\n", 1024) = 3
172 munmap(0x7265affd6000, 16432) = 0
172 lseek(0, -1, SEEK_CUR) = -1 ESPIPE (Illegal seek)
172 exit_group(0) = ?
172 +++ exited with 0 +++

```

Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была реализована программа с поддержкой статической и динамической загрузки функций через разделяемые библиотеки. Были созданы две библиотечные реализации и организовано переключение между ними в процессе выполнения программы. Данные программы демонстрируют различия между статической и динамической линковкой.