Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”

Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

Лабораторная работа №2 по курсу

«Операционные системы»

Группа: М8О-211Б-23

Студент: Бугренков В.П.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: _____

Дата: 16.11.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Вариант 16.

Цель работы

Приобретение практических навыков в:

- Управление процессами в ОС
- Обеспечение синхронизации между потоками

Задание

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработке использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение максимального количества потоков, работающих в один момент времени, должно быть задано ключом запуска вашей программы.

Задается радиус окружности. Необходимо с помощью метода Монте-Карло рассчитать её площадь.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

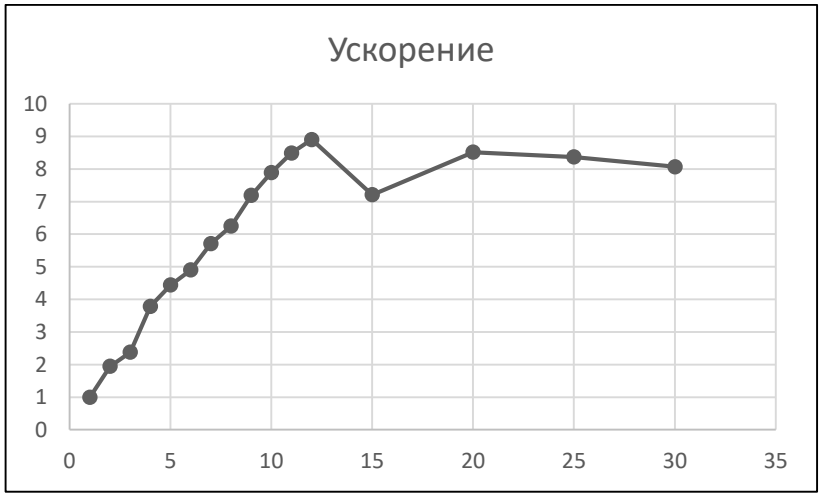
- ssize_t write(int fd, const void *buf, size_t count); - записывает count байт из буфера в файл.
- int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr,
- void *(*start)(void *), void *arg)– создание потока
- int pthread_join (pthread_t THREAD_ID, void ** DATA) – ожидание завершения потока
- int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mutex, const pthread_mutexattr_t *attr) – инициализация мьютекса
- int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex) – блокировка мьютекса
- int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex) – разблокировка мьютекса
- int pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t *mutex) – удаление мьютекса

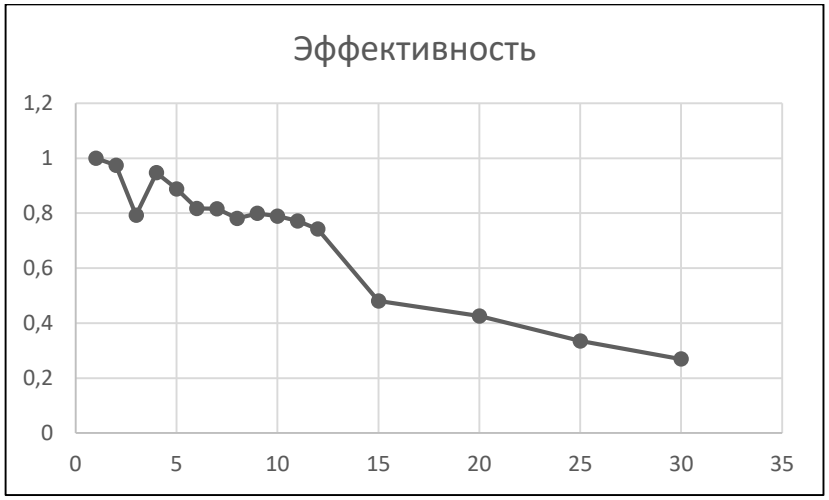
Аргументам командной строки пользователь должен ввести 3 аргумента: радиус окружности, количество точек для метода Монте-Карло, количество поток. Программа валидирует вводимые пользователем данные. Создается динамический массив указателей на потоки и структуры, в которых содержаться поля: long *inside_points – количество попавших внутрь точек, pthread_mutex_t *mutex - указатель на мьютекс, который отвечает за добавление счетчика точек, попавших внутрь круга, каждого потока в общий счётчик., long radius – радиус окружности, long numPoints_per_Thread – количество точек на поток; данную структуру мы будем использовать при подсчете точек попавших внутрь окружности. Каждый N-ый поток отвечает за проверку 1/N от количества всех точек по методом Монте-Карло. В начале итерации поток проверяет каждую из случайно сделанных внутри квадрата точек на попадание внутрь окружности. В конце поток блокирует мьютекс, чтобы добавить локальный счетчик точек внутри круга к общему счетчику точек внутри круга, после чего разблокирует мьютекс. После завершения всех потоков, рассчитывается площадь по формуле и в STDOUT_FILENO выводится площадь окружности.

Количество потоков	Время, с	Ускорение	Эффективность
1	2,912	1	1
2	1,495	1,947826087	**0,973913043**
3	1,225	2,377142857	0,792380952
4	0,769	3,786736021	0,946684005
5	0,656	4,43902439	0,887804878
6	0,594	4,902356902	0,817059484
7	0,510	5,709803922	0,815686275
8	0,466	6,248927039	0,78111588
9	0,405	7,190123457	0,798902606
10	0,369	7,891598916	0,789159892
11	0,343	8,489795918	0,771799629
12	**0,327**	**8,905198777**	0,742099898
15	0,404	7,207920792	0,480528053
20	0,342	8,514619883	0,425730994
25	0,348	8,367816092	0,334712644
30	0,361	8,066481994	0,268882733

Данные подсчитаны при количестве точек = 214483647

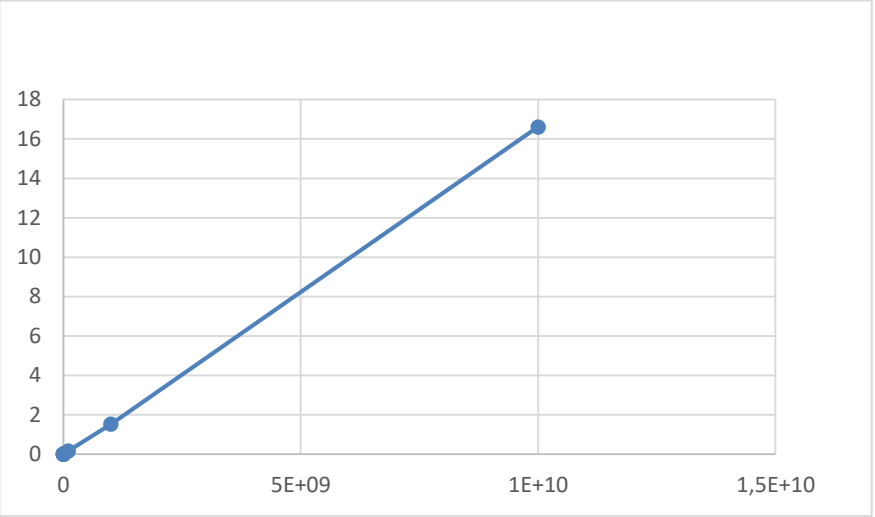
Количество логических ядер на моем ПК: 12





Количество	Время, с

точек	
10	0.001
100	0.001
1000	0.001
10000	0.001
100000	0.001
1000000	0.002
10000000	0.020
100000000	0.155
1000000000	1.526
10000000000	16.615



Код программы

task2.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <time.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
#include <sys/wait.h>
#include <limits.h>
#include <pthread.h>
#include <float.h>
// clang -pedantic -std=c2x task2.c -o task2
//  ./main 1 911111 12
#define MAX_THREADS 33

void write_error(const char *error_string)
{
    if (error_string == NULL)
    {
        write(STDERR_FILENO, "ERROR\n", 7);
    }
    write(STDERR_FILENO, error_string, strlen(error_string));
}

// будем использовать структуру, тк pthread_create принимает только один аргумент
typedef struct
{
    long *inside_points;
    pthread_mutex_t *mutex;
    long radius;
    long numPoints_per_Thread;

} THREADS_POINTS;

/* ERRORS_EXIT_CODES или enum Errors - КОДЫ ВОЗВРАТА ДЛЯ ФУНКЦИЙ */
typedef enum Errors
{
    E_SUCCESS = 0,            /* Успешное завершение */
    E_INVALID_INPUT,          /* Ошибка: Некорректный ввод */
    E_NOT_ENOUGH_PARAMS,      /* Ошибка: Отсутвует аргумент */
    E_INVALID_ARG,            /* Ошибка: Неправильный аргумент */
```

```
    E_TYPE_OVERFLOW,          /* Ошибка: Недостаточно памяти для записи значения
некоторого типа */
    E_MEMORY_ALLOCATION,      /* Ошибка: Выделении памяти */
    E_CANNOT_OPEN_FILE,       /* Ошибка: ОТКРЫТИЯ ФАЙЛА */
    E_INVALID_EPSILON,        /* Ошибка: Невалидного числа эпсилон*/
    E_DEREFENCE_NULL_POINTER, /* Ошибка: Попытка разыменовать Dereference NULL */
    E_INT_OVERFLOW,           /* Ошибка: Переполнение типа INT */
    E_LONG_OVERFLOW,          /* Ошибка: Переполнение типа LONG INT */
    E_FLOAT_OVERFLOW,         /* Ошибка: Переполнение типа FLOAT */
    E_DOUBLE_OVERFLOW,        /* Ошибка: Переполнение типа DOUBLE */
    E_LONG_DOUBLE_OVERFLOW,   /* Ошибка: Переполнение типа DOUBLE */
    E_INVALID_FLAG_ARG,       /* Ошибка: Неккорекный ввод аргументов (флагов), они
должны начинаться с символов '-' или '/' */
    E_SAME_FILE_NAMES,        /* Ошибка: Одинаковые имена файлов */
    E_BUFFER_OVERFLOW,        /* Ошибка: Переполнение буффера */
    E_SAME_FILES,             /* Ошибка: Ввод одинковых файлов */
    E_FALSE,                  /* BOOL_FALSE */

} ERRORS_EXIT_CODES;

/* Перевод строки в int */
ERRORS_EXIT_CODES string_to_long_int(const char *str_number, long *int_result_number,
int base)
{
    if (str_number == NULL || int_result_number == NULL)
        return E_INVALID_INPUT;
    char *endptr;
    *int_result_number = strtol(str_number, &endptr, base);
    if (*int_result_number == LONG_MAX || *int_result_number == LONG_MIN)
        return E_TYPE_OVERFLOW;
    else if (*endptr != '\0')
        return E_INVALID_INPUT;
    return E_SUCCESS;
}
/* Проверка на переполнение типа double */
int is_double_overflow(float value)
{

    if (value > DBL_MAX || value < -DBL_MAX || value == HUGE_VALF || value == -
HUGE_VALF)
    {
        return 1;
    }
    if (isinf(value))
    {
        return 1;
    }

    return 0;
}

/* Перевод строки в double */
ERRORS_EXIT_CODES string_to_double(const char *str, double *num)
{
    if (str == NULL || num == NULL)
        return E_DEREFENCE_NULL_POINTER;

    char *endptr;
    double value = strtod(str, &endptr);
```

```
    if (*endptr != '\0')
        return E_INVALID_INPUT;

    if (is_double_overflow(value))
        return E_DOUBLE_OVERFLOW;

    *num = value;
    return E_SUCCESS;
}

// Функция для расчёта площади методом Монте-Карло
void *monteCarloCircleArea(void *arg)
{
    double x, y, radius;
    long pointsInCircle = 0;
    THREADS_POINTS *thread_points = (THREADS_POINTS *)arg;
    radius = thread_points->radius;
    long numPoints = thread_points->numPoints_per_Thread;

    /* rand() - cringe, очень медленно считает, поэтому юзаем rand_r*/
    time_t seed = time(NULL);
    for (long i = 0; i < numPoints; i++)
    {
        // Генерируем случайные x и y в диапазоне [-R, R]
        x = ((double)rand_r(&seed) / RAND_MAX) * 2 * radius - radius;
        y = ((double)rand_r(&seed) / RAND_MAX) * 2 * radius - radius;

        // Проверяем, попадает ли точка в окружность
        if (x * x + y * y <= radius * radius)
        {
            pointsInCircle++;
        }
    }
    pthread_mutex_lock(thread_points->mutex);
    *(thread_points->inside_points) += pointsInCircle;
    pthread_mutex_unlock(thread_points->mutex);

    // // Площадь окружности
    // double squareArea = 4 * radius * radius;
    // double circleArea = ((double)pointsInCircle / numPoints) * squareArea;

    return NULL;
}

void write_result(const char *result)
{
    if (result == NULL)
        return;

    if (write(STDOUT_FILENO, result, strlen(result)) == -1)
        exit(EXIT_FAILURE);
}

int main(int argc, char *argv[])
{

    if (argc != 4 || argv == NULL || argv[1] == NULL || argv[2] == NULL || argv[3] ==
NULL)
    {
```

```
        write_error("ERROR: INVALID INPUT, must be 1)radius 2)number of points 3)number
of threads\n");
        return E_INVALID_INPUT;
    }

    double radius;
    long numPoints;
    long numThreads;
    /* Корректно обрабатываем числа*/
    ERRORS_EXIT_CODES error = string_to_double(argv[1], &radius);
    if (error == E_DOUBLE_OVERFLOW)
    {
        write_error("ERROR_DOUBLE_OVERFLOW\n");
        return error;
    }
    else if (error == E_INVALID_INPUT)
    {
        write_error("INVALID INPUT IN FILE\n");
        return error;
    }
    else if (error != E_SUCCESS)
    {
        write_error("ERROR\n");
        return error;
    }

    error = string_to_long_int(argv[2], &numPoints, 10);
    if (error == E_TYPE_OVERFLOW)
    {
        write_error("ERROR_INT_OVERFLOW\n");
        return error;
    }
    else if (error == E_INVALID_INPUT)
    {
        write_error("INVALID INPUT IN FILE\n");
        return error;
    }
    else if (error != E_SUCCESS)
    {
        write_error("ERROR\n");
        return error;
    }

    error = string_to_long_int(argv[3], &numThreads, 10);
    if (error == E_TYPE_OVERFLOW)
    {
        write_error("ERROR_INT_OVERFLOW\n");
        return error;
    }
    else if (error == E_INVALID_INPUT)
    {
        write_error("INVALID INPUT IN FILE\n");
        return error;
    }
    else if (error != E_SUCCESS)
    {
        write_error("ERROR\n");
        return error;
    }
    if (radius < 0 || numPoints <= 0 || numThreads > MAX_THREADS)
```

```
    {
        write_error("ERROR: INVALID_INPUT\n");
        return E_INVALID_INPUT;
    }

    pthread_t *threads = (pthread_t *)malloc(numThreads * sizeof(pthread_t));
    if (threads == NULL)
    {
        write_error("ERROR: MEMORY ALLOCATION\n");
        return E_MEMORY_ALLOCATION;
    }

    THREADS_POINTS *thread_points = (THREADS_POINTS *)malloc(numThreads *
sizeof(THREADS_POINTS));
    if (thread_points == NULL)
    {
        free(threads);
        write_error("ERROR: MEMORY ALLOCATION\n");
        return E_MEMORY_ALLOCATION;
    }

    long numPoints_per_Thread = numPoints / numThreads;
    long pointsInCircle = 0;

    pthread_mutex_t mutex;
    if (pthread_mutex_init(&mutex, NULL) != 0)
    {
        free(threads);
        free(thread_points);
        write_error("ERROR: MUTEX INIT\n");
        return E_MEMORY_ALLOCATION;
    }

    for (long i = 0; i < numThreads; i++)
    {
        thread_points[i].radius = radius;
        thread_points[i].numPoints_per_Thread = numPoints_per_Thread;
        thread_points[i].inside_points = &pointsInCircle;
        thread_points[i].mutex = &mutex;
    }

    for (long i = 0; i < numThreads; i++)
    {
        pthread_create(threads + i, NULL, monteCarloCircleArea, thread_points + i);
    }

    for (long i = 0; i < numThreads; i++)
    {
        pthread_join(threads[i], NULL);
    }

    pthread_mutex_destroy(&mutex);

    double circle_area = (double)pointsInCircle / numPoints * 4 * radius * radius;
    char result[BUFSIZ];
    if (sprintf(result, "Square = %lf\n", circle_area) < 0)
    {
        free(threads);
        free(thread_points);
        write_error("ERROR: BUFFER OVERFLOW\n");
```

```
        return E_BUFFER_OVERFLOW;
    }
    write_result(result);
    free(threads);
    free(thread_points);



    return E_SUCCESS;
}
```

Протокол работы программы

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 1

Square = 3.141596

real 0m2.912s

user 0m2.902s

sys 0m0.010s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 2

Square = 3.141621

real 0m1.495s

user 0m2.977s

sys 0m0.000s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 3

Square = 3.141582

real 0m1.225s

user 0m3.437s

sys 0m0.000s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 4

Square = 3.141581

real 0m0.769s

user 0m3.026s

sys 0m0.000s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 5

Square = 3.141677

real 0m0.656s

user 0m3.165s

sys 0m0.011s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 6

Square = 3.141170

real 0m0.594s

user 0m3.328s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 7

Square = 3.141364

real 0m0.510s

user 0m3.340s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 8

Square = 3.141457

real 0m0.466s

user 0m3.573s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 9

Square = 3.141867

real 0m0.405s

user 0m3.517s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 10

Square = 3.141412

real 0m0.369s

user 0m3.584s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 11

Square = 3.141717

real 0m0.343s

user 0m3.671s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 12

Square = 3.141007

real 0m0.327s

user 0m3.789s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 15

Square = 3.142074

real 0m0.404s

user 0m3.694s

sys 0m0.010s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 20

Square = 3.142080

real 0m0.361s

user 0m3.719s

sys 0m0.001s

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ time ./task2 1 214483647 30

Square = 3.141784

real 0m0.330s

user 0m3.624s

sys 0m0.010s

Strace:

qwental@DESKTOP-NKF1EUK:~/workspace/OS_LABS/lab2/src$ strace ./task2 1 9000099 12
execve("./task2", ["./task2", "1", "9000099", "12"], 0x7ffcac765838 /* 30 vars */) = 0
brk(NULL) = 0x558ce7d4e000
arch_prctl(0x3001 /* ARCH_??? */, 0x7fffac12d2b0) = -1 EINVAL (Invalid argument)
mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =

0x7effd36a9000
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=30263, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
mmap(NULL, 30263, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7effd36a1000
close(3)   = 0
openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48, 848) = 48
pread64(3, "\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68, 896) = 68
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2220400, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
mmap(NULL, 2264656, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7effd3478000
mprotect(0x7effd34a0000, 2023424, PROT_NONE) = 0
mmap(0x7effd34a0000, 1658880, PROT_READ|PROT_EXEC, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7effd34a0000
mmap(0x7effd3635000, 360448, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1bd000) = 0x7effd3635000
mmap(0x7effd368e000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x215000) = 0x7effd368e000
mmap(0x7effd3694000, 52816, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7effd3694000
close(3)   = 0
mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7effd3475000
arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7effd3475740) = 0
set_tid_address(0x7effd3475a10)   = 30999
set_robust_list(0x7effd3475a20, 24)   = 0
rseq(0x7effd34760e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0
mprotect(0x7effd368e000, 16384, PROT_READ) = 0
mprotect(0x558ce6a0e000, 4096, PROT_READ) = 0
mprotect(0x7effd36e3000, 8192, PROT_READ) = 0
prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
munmap(0x7effd36a1000, 30263)   = 0
getrandom("\x1e\x76\xd7\xf4\x9e\x40\xb9\x59", 8, GRND_NONBLOCK) = 8
brk(NULL)   = 0x558ce7d4e000
brk(0x558ce7d6f000)   = 0x558ce7d6f000
rt_sigaction(SIGRT_1, {sa_handler=0x7effd3509870, sa_mask=[], sa_flags=SA_RESTORER|SA_ONSTACK|SA_RESTART|SA_SIGINFO, sa_restorer=0x7effd34ba520}, NULL, 8) = 0
rt_sigprocmask(SIG_UNBLOCK, [RTMIN RT_1], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd2c74000
mprotect(0x7effd2c75000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8)   = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd3474910, parent_tid=0x7effd3474910, exit_signal=0, stack=0x7effd2c74000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd3474640} => {parent_tid=[31000]}, 88) = 31000

rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd2473000
mprotect(0x7effd2474000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd2c73910, parent_tid=0x7effd2c73910, exit_signal=0, stack=0x7effd2473000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd2c73640} => {parent_tid=[31001]}, 88) = 31001
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd1c72000
mprotect(0x7effd1c73000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd2472910, parent_tid=0x7effd2472910, exit_signal=0, stack=0x7effd1c72000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd2472640} => {parent_tid=[31002]}, 88) = 31002
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd1471000
mprotect(0x7effd1472000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd1c71910, parent_tid=0x7effd1c71910, exit_signal=0, stack=0x7effd1471000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd1c71640} => {parent_tid=[31003]}, 88) = 31003
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd0c70000
mprotect(0x7effd0c71000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd1470910, parent_tid=0x7effd1470910, exit_signal=0, stack=0x7effd0c70000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd1470640} => {parent_tid=[31004]}, 88) = 31004
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effd046f000
mprotect(0x7effd0470000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd0c6f910, parent_tid=0x7effd0c6f910, exit_signal=0, stack=0x7effd046f000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd0c6f640} => {parent_tid=[31005]}, 88) = 31005
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effcfc6e000
mprotect(0x7effcfc6f000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0

clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effd046e910, parent_tid=0x7effd046e910, exit_signal=0, stack=0x7effcfc6e000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effd046e640} => {parent_tid=[31006]}, 88) = 31006
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effcf46d000
mprotect(0x7effcf46e000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effcfc6d910, parent_tid=0x7effcfc6d910, exit_signal=0, stack=0x7effcf46d000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effcfc6d640} => {parent_tid=[31007]}, 88) = 31007
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effcec6c000
mprotect(0x7effcec6d000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effcf46c910, parent_tid=0x7effcf46c910, exit_signal=0, stack=0x7effcec6c000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effcf46c640} => {parent_tid=[31008]}, 88) = 31008
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effce46b000
mprotect(0x7effce46c000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effcec6b910, parent_tid=0x7effcec6b910, exit_signal=0, stack=0x7effce46b000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effcec6b640} => {parent_tid=[31009]}, 88) = 31009
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effcdc6a000
mprotect(0x7effcdc6b000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effce46a910, parent_tid=0x7effce46a910, exit_signal=0, stack=0x7effcdc6a000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effce46a640} => {parent_tid=[31010]}, 88) = 31010
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0
mmap(NULL, 8392704, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS|MAP_STACK, -1, 0) = 0x7effcd469000
mprotect(0x7effcd46a000, 8388608, PROT_READ|PROT_WRITE) = 0
rt_sigprocmask(SIG_BLOCK, ~[], [], 8) = 0
clone3({flags=CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND|CLONE_THREAD|CLONE_SYSVSEM|CLONE_SETTLS|CLONE_PARENT_SETTID|CLONE_CHILD_CLEARTID, child_tid=0x7effcdc69910, parent_tid=0x7effcdc69910, exit_signal=0, stack=0x7effcd469000, stack_size=0x7fff00, tls=0x7effcdc69640} => {parent_tid=[31011]}, 88) = 31011
rt_sigprocmask(SIG_SETMASK, [], NULL, 8) = 0

futex(0x7effd3474910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31000, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
futex(0x7effd2c73910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31001, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
futex(0x7effd2472910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31002, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
futex(0x7effd1470910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31004, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
munmap(0x7effd2c74000, 8392704) = 0
futex(0x7effd0c6f910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31005, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
munmap(0x7effd2473000, 8392704) = 0
munmap(0x7effd1c72000, 8392704) = 0
futex(0x7effcfc6d910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31007, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = -1 EAGAIN (Resource temporarily unavailable)
munmap(0x7effd1471000, 8392704) = 0
futex(0x7effcf46c910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31008, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
munmap(0x7effd0c70000, 8392704) = 0
munmap(0x7effd046f000, 8392704) = 0
futex(0x7effce46a910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31010, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
munmap(0x7effcfc6e000, 8392704) = 0
futex(0x7effcdc69910, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 31011, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY) = 0
munmap(0x7effcf46d000, 8392704) = 0
write(1, "Square = 3.139363\n", 18Square = 3.139363
) = 18
exit_group(0) = ?
+++ exited with 0 +++

Вывод

В ходе лабораторной работы приобретены навыки управления потоками в ОС и их синхронизации с использованием стандартных средств pthread для Unix. Разработана многопоточная программа для расчёта площади круга методом Монте-Карло, с возможностью ограничения количества одновременно работающих потоков. Реализация успешно продемонстрировала корректность вычислений и эффективность синхронизации, а также важность грамотного управления потоками для оптимизации работы программы.