



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
України
«Київський політехнічний інститут»

Лабораторна робота №2
СТВОРЕННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПОТОКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ
СИСТЕМИ LINUX ТА НАЙПРОСТІША СИНХРОНІЗАЦІЯ

Виконав студент групи: КВ-03

ПІБ: Жовтанюк М.В

Київ 2022

Постановка задачі

1. Опрацювати всі надані лектором приклади коду паралельних потоків по темі «Засоби взаємодії паралельних потоків операційної системи Linux», що знаходяться в директорії **01_Creation**, тобто:

- - вміти запускати всі ці приклади і отримувати результати на захисті лабораторної роботи;
- - знати які структури даних та функції взаємодії паралельних потоків описані в коді кожного прикладу та як вони працюють, а також вміти це пояснити на захисті лабораторної роботи;
- - бути готовими до виконання модифікацій будь-яких з цих прикладів на захисті лабораторної роботи.

2. Написати програму, яка виводить на друк таблицю значень трьох функцій при паралельній реалізації обчислення значень кожної функції за допомогою трьох паралельних потоків згідно наведених нижче вимог.

3. Кожна із трьох заданих функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$ обчислює свої значення при зміні значень аргументу $x_i (i=0, 1, \dots, n; n>0)$ в межах діапазону, заданого дійсними числами a та b ($b>a$); тобто значення x_i обчислюються за формулою $x_i=a+ih$, де $h=(b-a)/n$.

4. Отримані дійсні значення x_i та $f_1(x_i)$, $f_2(x_i)$, $f_3(x_i)$ вивести на екран у вигляді таблиці заданої форми (табл. 1).

5. Номери функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, а також значення a , b , n визначаються за варіантом завдання (табл. 2).

6. Виконати налагодження написаної програми.

Вимоги до програми

1. Програма повинна правильно розв'язувати поставлену задачу при вхідних даних a , b , n ($a < b$, $n \leq 10$).

2. В програмі не дозволяється використовувати масиви ані для збереження обчислених значень функцій, ані для будь-яких інших цілей.

3. В заголовку надрукованої таблиці мають вказуватися назви функції відповідно до варіанта, наприклад, $SIN(x)$, $ABS(x+7)*5$, а не $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$.

4. Обчислення значень математичних функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$ мусить відбуватися з врахуванням області допустимих значень **в рамках трьох паралельних потоків**.
5. Створення та запуск усіх трьох потоків, що обчислюють значення математичних функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, повинні бути виконані у головній програмі (головному, четвертому, потоці). **При створенні потоків їм повинні бути передані значення a , b , n через аргумент потоку**.
6. Виведення результуючої таблиці заданої форми (табл. 1) на екран повинно бути виконано у головному (четвертому) потоці багатопоточної програми.
7. Алгоритм кожного з трьох паралельних потоків, що обчислюють значення математичних функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, повинен бути реалізований у вигляді циклу, що обчислює задану кількість значень функції згідно заданих значень a , b , n .
7. Передавання значень функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, що обчислюються у трьох потоках, до головного потоку виконувати після отримання кожного нового значення функцій через глобальні змінні.
8. Для синхронізації обчислення значень функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$ у трьох потоках та виведення на екран нового рядка таблиці після отримання нових значень функцій у головному потоці дозволяється використовувати тільки конструкцію бар'єра (***pthread_barrier_t***) та затримки (функція ***usleep()***).

Зміст звіту

1. Постановка задачі, вимоги до програми та конкретний варіант завдання.
2. Текст програми.
3. Тести для налагодження і результати налагодження, отримані на комп'ютері.
4. Побудована таблиця значень функцій $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$.

№ п/п	Номери функцій $f_1(x), f_2(x), f_3(x)$	a	b	n
7	2, 5, 11	$-\pi$	π	8

Функції:

$$f_1(x) = \cos^2(x) + \sin(x)$$

$$f_2(x) = \sin^2(x) * (1 + \cos(x))$$

$$f_3(x) = \sin(x) * (1 + \cos^2(x))$$

Код програми:

main.c

```
/*
    КВ-03 Жовтанюк Максим
    Варіант - 7
    a = -M_PI
    b = M_PI
    n = 8
    функції: 2, 5, 11
    cos^2(x) + sin(x)
    sin^2(x) * (1 + cos(x))
    sin(x) * (1 + cos^2(x))
*/

#include <math.h> // для математичних обчислень
#include <stdio.h> // для виводу
#include <pthread.h> // для потоків та бар'єрів
#include <unistd.h> // для usleep()

struct Data_params {
    float a;
    float b;
    int n;
    float h;
};

struct Data_params data_arg;
// структура та її об'єкт для передавання параметра у потік

struct Data_result {
    float func1;
    float func2;
    float func3;
};

struct Data_result res;
// структура та її об'єкт для визначення результатів обчислення для кожного потоку

pthread_barrier_t bar1; // оголошення бар'єру

// функції для виконання у відповідних потоках
void *func1(void *arg);
void *func2(void *arg);
void *func3(void *arg);

int main() {
    pthread_t pthread1;
    pthread_t pthread2;
    pthread_t pthread3;
    // оголошення потоків

    data_arg.a = (float)-M_PI;
    data_arg.b = M_PI;
    data_arg.n = 8;
    data_arg.h = (data_arg.b - data_arg.a) / (float)data_arg.n;
    // ініціалізація об'єкту структури для передавання параметра у потоки

    //ініціалізація бар'єру
    pthread_barrier_init(&bar1, NULL, 4);

    // створення потоків
    pthread_create(&pthread1, NULL, &func1, &data_arg);
    pthread_create(&pthread2, NULL, &func2, &data_arg);
    pthread_create(&pthread3, NULL, &func3, &data_arg);

    // вивід заголовку таблиці
```

```

printf("=====
=====\\n");

printf("\\tindex\\t|\\tx\\t\\t|\\tcos^2(x)+sin(x)\\t\\t|\\tsin^2(x) * (1 +
cos(x))\\t|\\tsin(x) * (1 + cos^2(x))\\t|\\n");

printf("=====
=====\\n");

// цикл для виводу результатів обчислення потоків
for (int j = 0; j <= data_arg.n; j++) {
    float tmp_x = data_arg.a + ((float)j * data_arg.h);
    usleep(5000); // затримка синхронізації
    printf("\\t%d\\t|", j);
    (tmp_x < 0) ? printf("\\t%f\\t|", tmp_x) : printf("\\t %f\\t|", tmp_x);
    (res.func1 < 0) ? printf("\\t%f\\t\\t|", res.func1) : printf("\\t %f\\t\\t|", res.func1);
    (res.func2 < 0) ? printf("\\t%f\\t\\t|", res.func2) : printf("\\t %f\\t\\t|", res.func2);
    (res.func3 < 0) ? printf("\\t%f\\t\\t|", res.func3) : printf("\\t %f\\t\\t|", res.func3);
    printf("\\n");
    pthread_barrier_wait(&bar1); // очікування бар'єру
}

printf("=====
=====\\n");

// очікування завершення роботи потоків
pthread_join(pthread1, NULL);
pthread_join(pthread2, NULL);
pthread_join(pthread3, NULL);

// знищення бар'єра
pthread_barrier_destroy(&bar1);
return 0;
}

void *func1(void *arg) {
    // приведення безтипового параметра до вказівника на об'єкт структури
    struct Data_params *p = (struct Data_params *) arg;

    float x;
    for (int j = 0; j <= p->n; j++) {
        x = p->a + ((float)j * p->h);
        res.func1 = powf(cosf(x), 2) + sinf(x);
        pthread_barrier_wait(&bar1); // очікування бар'єра
    }
    return 0;
}

void *func2(void *arg) {
    // приведення безтипового параметра до вказівника на об'єкт структури
    struct Data_params *p = (struct Data_params *) arg;

    float x;
    for (int j = 0; j <= p->n; j++) {
        x = p->a + ((float)j * p->h);
        res.func2 = powf(sinf(x), 2) * (1 + cosf(x));
        pthread_barrier_wait(&bar1); // очікування бар'єра
    }
    return 0;
}

void *func3(void *arg) {
    // приведення безтипового параметра до вказівника на об'єкт структури
    struct Data_params *p = (struct Data_params *) arg;

    float x;
    for (int j = 0; j <= p->n; j++) {
        x = p->a + ((float)j * p->h);

```

```

        res.func3 = sinf(x) * (1 + powf(cosf(x), 2));
        pthread_barrier_wait(&bar1); // очікування бар'єра
    }
    return 0;
}

```

Makefile

```

build:
    gcc -o main main.c -lpthread -lm

clean:
    rm -rf ./main

run: build
    ./main

```

Тести:

```

makefile - pp-lab2 - Visual Studio Code
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make build
gcc -o main main.c -lpthread -lm
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make clean
rm -rf ./main
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make run
gcc -o main main.c -lpthread -lm
./main
=====
| index | x | cos^2(x)+sin(x) | sin^2(x) * (1 + cos(x)) | sin(x) * (1 + cos^2(x)) |
=====
| 0 | -3.141593 | 1.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 1 | -2.356194 | -0.207107 | 0.146447 | -1.060660 |
| 2 | -1.570796 | -1.000000 | 1.000000 | -1.000000 |
| 3 | -0.785398 | -0.207107 | 0.853553 | -1.060660 |
| 4 | 0.000000 | 1.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5 | 0.785398 | 1.207107 | 0.853553 | 1.060660 |
| 6 | 1.570796 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 |
| 7 | 2.356195 | 1.207107 | 0.146446 | 1.060660 |
| 8 | 3.141593 | 1.000000 | 0.000000 | -0.000000 |
=====
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$

```

main.c - pp-lab2 - Visual Studio Code

File Edit Selection View Go Run Terminal Help

C main.c x makefile

main.c > ...
 14 float func1;

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL

```
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make run
gcc -o main main.c -lpthread -lm
./main
```

index	x	$\cos^2(x) + \sin(x)$	$\sin^2(x) * (1 + \cos(x))$	$\sin(x) * (1 + \cos^2(x))$
0	-3.141593	1.000000	0.000000	0.000000
1	-2.356194	-0.207107	0.146447	-1.060660
2	-1.570796	-1.000000	1.000000	-1.000000
3	-0.785398	-0.207107	0.853553	-1.060660
4	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
5	0.785398	1.207107	0.853553	1.060660
6	1.570796	1.000000	1.000000	1.000000
7	2.356195	1.207107	0.146446	1.060660
8	3.141593	1.000000	0.000000	-0.000000

```
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make run
gcc -o main main.c -lpthread -lm
./main
```

index	x	$\cos^2(x) + \sin(x)$	$\sin^2(x) * (1 + \cos(x))$	$\sin(x) * (1 + \cos^2(x))$
0	-3.141593	1.000000	0.000000	0.000000
1	-2.356194	-0.207107	0.146447	-1.060660
2	-1.570796	-1.000000	1.000000	-1.000000
3	-0.785398	-0.207107	0.853553	-1.060660
4	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
5	0.785398	1.207107	0.853553	1.060660
6	1.570796	1.000000	1.000000	1.000000
7	2.356195	1.207107	0.146446	1.060660
8	3.141593	1.000000	0.000000	-0.000000

```
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make clean
rm -rf ./main
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$
```

Ln 11, Col 4 Spaces: 4 UTF-8 LF C Linux

```
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make run
gcc -o main main.c -lpthread -lm
./main
```

index	x	$\cos^2(x) + \sin(x)$	$\sin^2(x) * (1 + \cos(x))$	$\sin(x) * (1 + \cos^2(x))$
0	-3.141593	1.000000	0.000000	0.000000
1	-2.356194	-0.207107	0.146447	-1.060660
2	-1.570796	-1.000000	1.000000	-1.000000
3	-0.785398	-0.207107	0.853553	-1.060660
4	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
5	0.785398	1.207107	0.853553	1.060660
6	1.570796	1.000000	1.000000	1.000000
7	2.356195	1.207107	0.146446	1.060660
8	3.141593	1.000000	0.000000	-0.000000

```
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$ make clean
rm -rf ./main
max@ubuntu:~/Desktop/pp-lab2$
```

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 0$$

$$+ x := a + j \cdot h = -3,1416$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = -6,4622 \cdot 10^{-15}$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 1$$

$$x := a + j \cdot h = -2,3562$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = -0,2071$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0,1464$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = -1,0607$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 2$$

$$+ x := a + j \cdot h = -1,5708$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = -1$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 1$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = -1$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 3$$

$$+ x := a + j \cdot h = -0,7854$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = -0,2071$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0,8536$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = -1,0607$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 4$$

$$+ x := a + j \cdot h = 1,0658 \cdot 10^{-14}$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 2,2719 \cdot 10^{-28}$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = 2,1316 \cdot 10^{-14}$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 5$$

$$+ x := a + j \cdot h = 0,7854$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1,2071$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0,8536$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = 1,0607$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 6$$

$$+ x := a + j \cdot h = 1,5708$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 1$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = 1$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 7$$

$$+ x := a + j \cdot h = 2,3562$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1,2071$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0,1464$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = 1,0607$$

$$a := -\pi$$

$$b := \pi$$

$$n := 8$$

$$h := \frac{b-a}{n} = 0,7854$$

$$j := 8$$

$$+ x := a + j \cdot h = 3,1416$$

$$(\cos(x))^2 + \sin(x) = 1$$

$$(\sin(x))^2 \cdot (1 + \cos(x)) = 0$$

$$\sin(x) \cdot \left(1 + (\cos(x))^2\right) = -4,2388 \cdot 10^{-14}$$