

Міністерство освіти та науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформатики і програмної інженерії

**Звіт**

з дисципліни «Технології розподілених обчислень»

Комп’ютерний практикум №2

« Розробка паралельних

програм з використанням механізмів синхронізації: синхронізовані

методи, локери, спеціальні типи»

**Виконав:**

*Студент III курсу*

*гр. ІП-33*

Соколов О. В.

**Прийняв:**

Дифучин А. Ю.

“27” Лютого 2026 р.

**Київ – 2026**

### КОМП’ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №2

**Тема**: Розробка паралельних програм з використанням механізмів синхронізації: синхронізовані методи, локери, спеціальні типи.

**Мета**: Здобути практичні навички використання механізмів синхронізації потоків у Java (синхронізовані методи, локери, спеціальні типи), реалізувати приклад Producer-Consumer, електронний журнал оцінок та кероване виведення символів у потоках.

**Завдання**:

1. Реалізуйте програмний код, даний у лістингу (AsynchBankTest), та протестуйте його при різних значеннях параметрів. Модифікуйте програму, використовуючи методи управління потоками, так, щоб її робота була завжди коректною. Запропонуйте три різних варіанти управління. 30 балів.
2. Реалізуйте приклад Producer-Consumer application (див. https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/guardmeth.html ). Модифікуйте масив даних цієї програми, які читаються, у масив чисел заданого розміру (100, 1000 або 5000) та протестуйте програму. Зробіть висновок про правильність роботи програми. 20 балів.
3. Реалізуйте роботу електронного журналу групи, в якому зберігаються оцінки з однієї дисципліни трьох груп студентів. Кожного тижня лектор і його 3 асистенти виставляють оцінки з дисципліни за 100-бальною шкалою. 20 балів.
4. Створіть три потоки, один з яких виводить на консоль символ '|', другий – символ '\', а третій – символ '/'. Запустіть потоки в основній програмі так, щоб вони виводили свої символи в рядок. Виведіть на консоль 90 таких рядків. Поясніть виведений результат. 10 балів. Використовуючи методи управління потоками, добийтесь почергового виведення на консоль символів так, щоб утворювався рядок |\/|\/|\/… . 15 балів.
5. Зробіть висновки про використання методів управління потоками в Java. 5 балів.

### ВИКОНАННЯ

### Завдання 1

### За лістингом із завдання було реалізовано консольну програму AsynchBankTest, яка моделює банк із NACCOUNTS = 10 рахунками та початковим балансом INITIAL\_BALANCE = 10000 на кожному рахунку. Для кожного рахунку створюється окремий потік TransferThread, який багаторазово виконує випадкові перекази коштів між рахунками методом transfer(from, to, amount). Після кожних NTEST = 10000 транзакцій виконується перевірка test(), що обчислює суму всіх балансів і виводить у консоль кількість транзакцій та поточну суму.

### Було реалізовано чотири варіанти банку: один небезпечний (UnsafeBank) та три коректні варіанти керування потоками. У варіанті UnsafeBank масив accounts[] змінюється без будь-якої синхронізації, тому одночасні операції accounts[from] -= amount та accounts[to] += amount можуть «перекривати» одна одну, що призводить до втрати оновлень і зміни загальної суми коштів.

### 

### Рисунок 1.1 – Консольний вивід програми AsynchBankTest у варіанті UnsafeBank (без синхронізації)

### При відсутності синхронізації в UnsafeBank операції над елементами масиву accounts не є атомарними та можуть виконуватися паралельно в різних потоках. Декілька потоків можуть одночасно зчитувати старий баланс, змінювати його та записувати результат, «перетираючи» оновлення один одного. Унаслідок такої гонки потоків (race condition) частина транзакцій втрачається, а сумарний баланс зменшується та стає непередбачуваним – саме це видно у виводі на рисунку 1.1.

### 

### Рисунок 1.1 – Консольний вивід програми AsynchBankTest у варіантах SyncronizedBank, LockBank та AtomicBank

### У варіанті SynchronizedBank коректність досягається завдяки монітору об’єкта: одночасно в межах одного екземпляра банку може виконуватися лише один метод transfer() або test(), тому операції над масивом accounts[] виконуються послідовно без втрати оновлень. У LockBank використано явний локер ReentrantLock, який дає той самий рівень взаємного виключення, але з більш гнучким керуванням блокуванням. У AtomicBank баланси рахунків зберігаються в AtomicIntegerArray, а лічильник транзакцій – в AtomicLong; разом із глобальним ReentrantLock це забезпечує як потокобезпечність оновлень, так і збереження інваріанту суми (sum завжди дорівнює очікуваному значенню). Усі три синхронізовані варіанти гарантують збереження суми, але відрізняються простотою синтаксису та можливостями для розширення (локери й атомарні типи зручніші в складніших сценаріях).

### Завдання 2

### Реалізовано приклад Producer-Consumer за патерном guarded blocks: спільний об’єкт BoundedBuffer з методами put(int) та take(), які використовують synchronized, цикл while (умова) { wait(); } та notifyAll() після зміни стану. Буфер має заданий розмір і зберігає масив цілих чисел; при повному буфері producer блокується, при порожньому – consumer. Потік Producer послідовно записує числа 0, 1, 2, … до заданої кількості; потік Consumer читає їх у буфер і зберігає в масив. Після завершення обох потоків виконується перевірка: кількість отриманих значень, їхня сума (має дорівнювати 0+1+…+(n−1)), відсутність дублікатів і наявність усіх чисел з діапазону. Програма ProducerConsumerDemo запускає тест для кожного розміру буфера і виводить результат перевірки та час виконання.

### 

### Рисунок 2.1 – Інтерфейс програми із лузами

### При усіх трьох розмірах буфера (100, 1000, 5000) програма працює коректно: споживач отримує рівно стільки чисел, скільки виробив виробник, без втрат і дублювань; сума та перевірка діапазону збігаються з очікуваними. Це підтверджує, що використання guarded blocks (wait/notifyAll) та одного монітора для put/take забезпечує правильну взаємодію потоків і збереження даних у обмеженому буфері.

### Завдання 3

### Реалізовано електронний журнал. Модель даних: три групи, у кожній по studentsPerGroup студентів, оцінки з однієї дисципліни за 100-бальною шкалою за кожен із weeksCount тижнів. Дані зберігаються в масиві grades[група][студент][тиждень]. Один потік – лектор (LecturerThread): кожного тижня виставляє оцінку кожному студенту в усіх трьох групах (діапазон 60–100). Три потоки – асистенти (AssistantThread): асистент виставляє оцінки лише студентам групи за всі тижні (50–100). Усі чотири потоки працюють одночасно; для однієї комірки (група, студент, тиждень) останній запис «перекриває» попередній. Синхронізація: у класі Gradebook методи setGrade та getGrade (і формування таблиці) використовують один ReentrantLock – кожен запис і читання виконуються під замком, тому немає втрати оновлень і читання бачить узгоджений стан.

### 

### Рисунок 3.1 – Змішана кількість червоних та синіх кульок

### Синхронізація через один загальний замок (ReentrantLock) гарантує, що в момент запису оцінки в комірку жоден інший потік не читає й не змінює цю комірку одночасно. Усі оновлення від лектора та асистентів послідовні з точки зору доступу до спільного стану журналу, тому не виникає гонок і втрачених записів; після join усіх потоків таблиця містить коректні остаточні значення.

### Завдання 4

### Було реалізовано демонстрацію методу join() класу Thread через потоки, що відтворюють рух більярдних кульок різного кольору (червона, синя, зелена). Кожна кулька рухається в окремому потоці; потік виконує фіксовану кількість кроків, після чого завершується. Кнопка експерименту запускає допоміжний потік, який:

### створює червону кульку та її потік і запускає його;

### викликає redThread.join() — блокується до завершення потоку червоної кульки;

### після повернення з join() створює синю кульку та її потік і запускає;

### викликає blueThread.join();

### аналогічно запускає потік зеленої кульки та викликає greenThread.join().

### 

### Рисунок 4.1 – Інтерфейс програми із кнопкою запуску експерименту join()

### 

### Рисунок 4.2 – Рух червоної кульки

### 

### Рисунок 4.3 – Червона кулька завершила рух, синя створилась та почала рух

### 

### Рисунок 4.4 – Синя кулька завершила рух, зелена створилась та почала рух

### 

### Рисунок 4.5 – Зелена кулька завершила рух, кінець експерименту

### Спочатку на полі рухається лише червона кулька. Після того як її потік завершується (вичерпано кількість кроків), з’являється синя кулька і рухається сама. Після завершення потоку синьої з’являється зелена. Тобто кульки рухаються послідовно, а не одночасно: наступна починає рух лише після завершення попередньої. Це безпосередньо демонструє сенс join(): поточний потік (тут – допоміжний) чекає завершення викликаного потоку, перш ніж продовжити виконання. Без join() усі три потоки були б запущені одразу і кульки рухались би паралельно.

### Метод join() дозволяє одному потоку дочекатися завершення іншого. У експерименті це реалізовано як послідовний запуск потоків кульок: червона –> синя –> зелена; спостережувана послідовність руху підтверджує, що наступний потік стартує лише після повернення з join().

### Завдання 5

### Було створено клас Counter з методами increment() та decrement(), які збільшують і зменшують значення лічильника. Клас CounterDemo запускає два потоки: один викликає increment() 100000 разів, інший – decrement() 100000 разів; потоки стартують одночасно, основний потік чекає їх завершення через join() і виводить остаточне значення. Очікуваний коректний результат: 0.

### 

### Рисунок 5.1 – Запуск експерименту із лічильником

### При режимі Counter.SyncType.NONE операції value++ та value-- не є атомарними (читання – зміна – запис можуть переплітатися між потоками). Спостерігаються різні остаточні значення при повторних запусках. Це гонка потоків (race condition): кілька потоків одночасно змінюють спільний стан без координації, наслідок залежить від порядку виконання і є непередбачуваним.

### Опис способів синхронізації:

### Синхронізований метод. Методи increment() та decrement() викликають допоміжні incrementSyncMethod() та decrementSyncMethod(), позначені як synchronized. Монітор – об’єкт his (сам лічильник). Одночасно виконуватиметься лише один із цих методів для даного об’єкта, тому результат завжди 0.

### Синхронізований блок. Усередині increment() / decrement() використовується блок synchronized (this) { value++; } або synchronized (this) { value--; }. Монітор також this. Ефект той самий, що й у синхронізованого методу, але критична ділянка обмежена одним виразом; решта коду (наприклад, перемикання за типом) може виконуватися поза блоком.

### Блокування об’єкта. Використовується ReentrantLock: перед зміною значення викликається lock.lock(), після – lock.unlock() у блоці finally. Явне блокування дає гнучкість (наприклад, умовні блокування, спроба захоплення з таймаутом); потік, що володіє замком, може повторно його захопити (reentrant). Результат так само коректний – 0.

### Усі три способи забезпечують взаємне виключення і правильний результат. Синхронізований метод – найпростіший у написанні, але блокує весь метод. Синхронізований блок дозволяє мінімізувати критичну ділянку і зменшити час утримання монітора. ReentrantLock дає більше можливостей (умовні черги, fair lock, tryLock) і може бути ефективнішим у складних сценаріях; необхідно не забувати викликати unlock() у finally.

### Висновок

### У межах комп’ютерного практикуму №1 отримано практичні навички багатопоточної розробки мовою Java та досліджено основні механізми роботи з потоками. Реалізовано п’ять частин завдань.

### У частині 1 побудовано програму імітації руху більярдних кульок, де кожна кулька виконується в окремому потоці; перевірено вплив кількості потоків на навантаження CPU та FPS і сформульовано переваги потокової архітектури. У частині 2 додано лузи, завершення потоку при потраплянні кульки в лузу та динамічне відображення лічильника в інтерфейсі. У частині 3 досліджено пріоритет потоків: червоні та сині кульки створюються з різними пріоритетами; спостереження показали, що пріоритет дає лише ймовірнісну перевагу і при великій кількості потоків його вплив зменшується. У частині 4 проілюстровано метод join(): послідовний запуск потоків кульок (червона –> синя –> зелена) наочно демонструє очікування завершення одного потоку перед стартом наступного. У частині 5 створено клас Counter і продемонстровано гонку потоків при одночасному збільшенні та зменшенні лічильника двома потоками; реалізовано три способи синхронізації (синхронізований метод, синхронізований блок, блокування об’єкта ReentrantLock) і порівняно їх.

### Підсумовуючи, виконані завдання охоплюють створення та запуск потоків, завершення потоку за подією, використання пріоритетів, координацію потоків за допомогою join() та забезпечення потокобезпеки спільного стану за допомогою синхронізації. Отримані навички є основою для подальшої розробки багатопоточних та розподілених програм.

**Код програми**

Посилання на GitHub репозиторій: https://github.com/sokolovgit/parallel-computing-technologies

**Задача 1**

### ===== Ball.java =====

### package part\_1.bounce;

### import java.awt.\*;

### import java.awt.geom.Ellipse2D;

### import java.util.Random;

### public class Ball {

### private BallCanvas canvas;

### private int x;

### private int y;

### private int dx = 2;

### private int dy = 2;

### private int size;

### private Color baseColor;

### public Ball(BallCanvas c) {

### this.canvas = c;

### updateSize();

### Random rand = new Random();

### int w = Math.max(1, canvas.getWidth() - size);

### int h = Math.max(1, canvas.getHeight() - size);

### switch (rand.nextInt(4)) {

### case 0 -> {

### x = rand.nextInt(w);

### y = 0;

### }

### case 1 -> {

### x = rand.nextInt(w);

### y = h;

### }

### case 2 -> {

### x = 0;

### y = rand.nextInt(h);

### }

### default -> {

### x = w;

### y = rand.nextInt(h);

### }

### }

### baseColor = new Color(

### rand.nextInt(200) + 30,

### rand.nextInt(200) + 30,

### rand.nextInt(200) + 30);

### }

### private void updateSize() {

### int min = Math.min(canvas.getWidth(), canvas.getHeight());

### size = Math.max(Config.BALL\_MIN\_SIZE, min / 30);

### }

### public void draw(Graphics2D g2) {

### updateSize();

### g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

### RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

### g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 60));

### g2.fillOval(x + 4, y + 4, size, size);

### GradientPaint gradient = new GradientPaint(

### x, y, baseColor.brighter(),

### x + size, y + size, baseColor.darker());

### g2.setPaint(gradient);

### g2.fill(new Ellipse2D.Double(x, y, size, size));

### g2.setColor(new Color(255, 255, 255, 120));

### g2.fillOval(x + size / 4, y + size / 4, size / 4, size / 4);

### }

### public void move() {

### updateSize();

### x += dx;

### y += dy;

### if (x < 0) {

### x = 0;

### dx = -dx;

### }

### if (x + size >= canvas.getWidth()) {

### x = canvas.getWidth() - size;

### dx = -dx;

### }

### if (y < 0) {

### y = 0;

### dy = -dy;

### }

### if (y + size >= canvas.getHeight()) {

### y = canvas.getHeight() - size;

### dy = -dy;

### }

### canvas.repaint();

### }

### }

### ===== BallCanvas.java =====

### package part\_1.bounce;

### import javax.swing.\*;

### import java.awt.\*;

### import java.lang.Thread.State;

### import java.lang.management.\*;

### import java.util.\*;

### import java.util.List;

### public class BallCanvas extends JPanel {

### private List<Ball> balls = new ArrayList<>();

### private List<BallThread> ballThreads = new ArrayList<>();

### private int sleepTime = Config.DEFAULT\_SLEEP\_MS;

### private long lastTime = System.nanoTime();

### private int frames = 0;

### private int fps = 0;

### private ThreadMXBean threadBean = ManagementFactory.getThreadMXBean();

### private com.sun.management.OperatingSystemMXBean osBean = (com.sun.management.OperatingSystemMXBean) ManagementFactory

### .getOperatingSystemMXBean();

### private double processCpuLoad = 0;

### private int runnableThreads = 0;

### private int waitingThreads = 0;

### private long totalBallCpuTime = 0;

### private LinkedList<Integer> fpsHistory = new LinkedList<>();

### private LinkedList<Double> cpuHistory = new LinkedList<>();

### private final int GRAPH\_POINTS = 200;

### public BallCanvas() {

### setDoubleBuffered(true);

### threadBean.setThreadCpuTimeEnabled(true);

### }

### public void add(Ball b) {

### balls.add(b);

### }

### public void registerBallThread(BallThread t) {

### ballThreads.add(t);

### }

### public void unregisterBallThread(BallThread t) {

### ballThreads.remove(t);

### }

### public int getSleepTime() {

### return sleepTime;

### }

### public void setSleepTime(int sleepTime) {

### this.sleepTime = sleepTime;

### }

### @Override

### protected void paintComponent(Graphics g) {

### super.paintComponent(g);

### Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;

### g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

### RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

### drawBackground(g2);

### for (Ball b : balls) {

### b.draw(g2);

### }

### updateFPS();

### updateSystemStats();

### updateThreadStats();

### updateCpuTime();

### updateGraph();

### drawOverlay(g2);

### drawGraph(g2);

### }

### private void drawBackground(Graphics2D g2) {

### GradientPaint table = new GradientPaint(

### 0, 0, new Color(20, 90, 40),

### getWidth(), getHeight(), new Color(10, 50, 25));

### g2.setPaint(table);

### g2.fillRect(0, 0, getWidth(), getHeight());

### }

### private void updateFPS() {

### frames++;

### long current = System.nanoTime();

### if (current - lastTime >= 1\_000\_000\_000) {

### fps = frames;

### frames = 0;

### lastTime = current;

### }

### }

### private void updateSystemStats() {

### processCpuLoad = osBean.getProcessCpuLoad() \* 100.0;

### }

### private void updateThreadStats() {

### runnableThreads = 0;

### waitingThreads = 0;

### for (BallThread t : ballThreads) {

### State state = t.getState();

### switch (state) {

### case RUNNABLE -> runnableThreads++;

### case WAITING, TIMED\_WAITING -> waitingThreads++;

### case BLOCKED, NEW, TERMINATED -> {

### }

### }

### }

### }

### private void updateCpuTime() {

### totalBallCpuTime = 0;

### for (BallThread t : ballThreads) {

### long id = t.threadId();

### totalBallCpuTime += threadBean.getThreadCpuTime(id);

### }

### }

### private void updateGraph() {

### fpsHistory.add(fps);

### cpuHistory.add(processCpuLoad);

### if (fpsHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

### fpsHistory.removeFirst();

### if (cpuHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

### cpuHistory.removeFirst();

### }

### private void drawOverlay(Graphics2D g2) {

### double frameTime = fps > 0 ? 1000.0 / fps : 0;

### g2.setColor(Color.WHITE);

### g2.setFont(new Font("Consolas", Font.BOLD, 14));

### int y = 20;

### g2.drawString("Balls: " + balls.size(), 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString("Ball Threads: " + ballThreads.size(), 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString("FPS: " + fps, 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString(String.format("Frame Time: %.2f ms", frameTime), 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString(String.format("CPU (JVM): %.2f %%", processCpuLoad), 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString("RUNNABLE: " + runnableThreads, 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString("WAITING: " + waitingThreads, 15, y);

### y += 20;

### g2.drawString("Ball CPU Time (ms): " + totalBallCpuTime / 1\_000\_000, 15, y);

### }

### private void drawGraph(Graphics2D g2) {

### int width = 300;

### int height = 150;

### int x = getWidth() - width - 20;

### int y = 20;

### g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 120));

### g2.fillRect(x, y, width, height);

### g2.setColor(Color.GREEN);

### drawLineGraph(g2, fpsHistory, x, y, width, height, 100);

### g2.setColor(Color.RED);

### drawLineGraphDouble(g2, cpuHistory, x, y, width, height, 100);

### }

### private void drawLineGraph(Graphics2D g2, List<Integer> data,

### int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

### if (data.size() < 2)

### return;

### int step = width / GRAPH\_POINTS;

### int prevX = x;

### int prevY = y + height - (data.get(0) \* height / maxValue);

### for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

### int currentX = x + i \* step;

### int currentY = y + height - (data.get(i) \* height / maxValue);

### g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

### prevX = currentX;

### prevY = currentY;

### }

### }

### private void drawLineGraphDouble(Graphics2D g2, List<Double> data,

### int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

### if (data.size() < 2)

### return;

### int step = width / GRAPH\_POINTS;

### int prevX = x;

### int prevY = y + height - ((int) (data.get(0) \* height / maxValue));

### for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

### int currentX = x + i \* step;

### int currentY = y + height - ((int) (data.get(i) \* height / maxValue));

### g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

### prevX = currentX;

### prevY = currentY;

### }

### }

### }

### ===== BallThread.java =====

### package part\_1.bounce;

### public class BallThread extends Thread {

### private Ball ball;

### private BallCanvas canvas;

### public BallThread(Ball ball, BallCanvas canvas) {

### this.ball = ball;

### this.canvas = canvas;

### }

### @Override

### public void run() {

### canvas.registerBallThread(this);

### try {

### for (int i = 0; i < Config.BALL\_MOVES\_COUNT; i++) {

### ball.move();

### Thread.sleep(canvas.getSleepTime());

### }

### } catch (InterruptedException er) {

### er.printStackTrace();

### }

### canvas.unregisterBallThread(this);

### }

### }

### ===== Bounce.java =====

### package part\_1.bounce;

### import javax.swing.\*;

### public class Bounce {

### public static void main(String[] args) {

### BounceFrame frame = new BounceFrame();

### frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT\_ON\_CLOSE);

### frame.setVisible(true);

### System.out.println("Main Thread: " + Thread.currentThread().getName());

### }

### }

### ===== BounceFrame.java =====

### package part\_1.bounce;

### import javax.swing.\*;

### import java.awt.\*;

### public class BounceFrame extends JFrame {

### private BallCanvas canvas;

### private JLabel warningLabel;

### public BounceFrame() {

### try {

### UIManager.setLookAndFeel(UIManager.getSystemLookAndFeelClassName());

### } catch (Exception ignored) {

### }

### setSize(Config.FRAME\_WIDTH, Config.FRAME\_HEIGHT);

### setTitle("Multithreaded Billiard Simulation");

### setLocationRelativeTo(null);

### canvas = new BallCanvas();

### add(canvas, BorderLayout.CENTER);

### JPanel controlPanel = new JPanel(new BorderLayout());

### controlPanel.setBackground(new Color(30, 30, 30));

### controlPanel.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(10, 20, 10, 20));

### JPanel leftPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT, 15, 5));

### leftPanel.setOpaque(false);

### JButton addOne = createButton("Add Ball");

### JButton addTen = createButton("Add 10");

### JButton exit = createButton("Exit");

### addOne.addActionListener(e -> addBall());

### addTen.addActionListener(e -> {

### for (int i = 0; i < 10; i++)

### addBall();

### });

### exit.addActionListener(e -> System.exit(0));

### leftPanel.add(addOne);

### leftPanel.add(addTen);

### leftPanel.add(exit);

### warningLabel = new JLabel("");

### warningLabel.setForeground(Color.RED);

### controlPanel.add(leftPanel, BorderLayout.WEST);

### controlPanel.add(warningLabel, BorderLayout.EAST);

### add(controlPanel, BorderLayout.SOUTH);

### }

### private JButton createButton(String text) {

### JButton button = new JButton(text);

### button.setFocusPainted(false);

### button.setFont(new Font("Segoe UI", Font.BOLD, 14));

### button.setForeground(Color.WHITE);

### button.setBackground(new Color(60, 120, 200));

### button.setCursor(new Cursor(Cursor.HAND\_CURSOR));

### button.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(8, 18, 8, 18));

### button.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {

### public void mouseEntered(java.awt.event.MouseEvent evt) {

### button.setBackground(new Color(80, 150, 240));

### }

### public void mouseExited(java.awt.event.MouseEvent evt) {

### button.setBackground(new Color(60, 120, 200));

### }

### });

### return button;

### }

### private void addBall() {

### Ball ball = new Ball(canvas);

### canvas.add(ball);

### BallThread thread = new BallThread(ball, canvas);

### thread.start();

### if (Thread.activeCount() > Config.WARNING\_THREAD\_COUNT) {

### warningLabel.setText("! High thread count!");

### } else {

### warningLabel.setText("");

### }

### }

### }

### ===== Config.java =====

### package part\_1.bounce;

### public class Config {

### public static final int FRAME\_WIDTH = 1000;

### public static final int FRAME\_HEIGHT = 600;

### public static final int BALL\_MIN\_SIZE = 30;

### public static final int BALL\_MOVES\_COUNT = 1\_000\_000;

### public static final int DEFAULT\_SLEEP\_MS = 5;

### public static final int WARNING\_THREAD\_COUNT = 100;

### }

**Задача 2**

===== Ball.java =====

package part\_2.bounce;

import java.awt.\*;

import java.awt.geom.Ellipse2D;

import java.util.Random;

public class Ball {

private BallCanvas canvas;

private int x;

private int y;

private int dx = 2;

private int dy = 2;

private int size;

private Color baseColor;

public Ball(BallCanvas c) {

this.canvas = c;

updateSize();

Random rand = new Random();

int w = Math.max(1, canvas.getWidth() - size);

int h = Math.max(1, canvas.getHeight() - size);

switch (rand.nextInt(4)) {

case 0 -> {

x = rand.nextInt(w);

y = 0;

}

case 1 -> {

x = rand.nextInt(w);

y = h;

}

case 2 -> {

x = 0;

y = rand.nextInt(h);

}

default -> {

x = w;

y = rand.nextInt(h);

}

}

baseColor = new Color(

rand.nextInt(200) + 30,

rand.nextInt(200) + 30,

rand.nextInt(200) + 30);

}

private void updateSize() {

int min = Math.min(canvas.getWidth(), canvas.getHeight());

size = Math.max(Config.BALL\_MIN\_SIZE, min / 30);

}

public void draw(Graphics2D g2) {

updateSize();

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 60));

g2.fillOval(x + 4, y + 4, size, size);

GradientPaint gradient = new GradientPaint(

x, y, baseColor.brighter(),

x + size, y + size, baseColor.darker());

g2.setPaint(gradient);

g2.fill(new Ellipse2D.Double(x, y, size, size));

g2.setColor(new Color(255, 255, 255, 120));

g2.fillOval(x + size / 4, y + size / 4, size / 4, size / 4);

}

public void move() {

updateSize();

x += dx;

y += dy;

if (x < 0) {

x = 0;

dx = -dx;

}

if (x + size >= canvas.getWidth()) {

x = canvas.getWidth() - size;

dx = -dx;

}

if (y < 0) {

y = 0;

dy = -dy;

}

if (y + size >= canvas.getHeight()) {

y = canvas.getHeight() - size;

dy = -dy;

}

canvas.repaint();

}

public int getBallX() {

return x;

}

public int getBallY() {

return y;

}

public int getBallSize() {

return size;

}

}

===== BallCanvas.java =====

package part\_2.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

import java.lang.Thread.State;

import java.lang.management.\*;

import java.util.\*;

import java.util.List;

public class BallCanvas extends JPanel {

private final List<Ball> balls = new ArrayList<>();

private final List<BallThread> ballThreads = new ArrayList<>();

private int pocketedCount = 0;

private JLabel pocketedLabel;

private int sleepTime = Config.DEFAULT\_SLEEP\_MS;

private long lastTime = System.nanoTime();

private int frames = 0;

private int fps = 0;

private ThreadMXBean threadBean = ManagementFactory.getThreadMXBean();

private com.sun.management.OperatingSystemMXBean osBean = (com.sun.management.OperatingSystemMXBean) ManagementFactory

.getOperatingSystemMXBean();

private double processCpuLoad = 0;

private int runnableThreads = 0;

private int waitingThreads = 0;

private long totalBallCpuTime = 0;

private LinkedList<Integer> fpsHistory = new LinkedList<>();

private LinkedList<Double> cpuHistory = new LinkedList<>();

private final int GRAPH\_POINTS = 200;

public BallCanvas() {

setDoubleBuffered(true);

threadBean.setThreadCpuTimeEnabled(true);

}

public void add(Ball b) {

synchronized (balls) {

balls.add(b);

}

}

public void setPocketedLabel(JLabel label) {

this.pocketedLabel = label;

}

public int getPocketedCount() {

return pocketedCount;

}

private List<Point> getPocketCenters() {

int w = getWidth();

int h = getHeight();

int in = Config.POCKET\_INSET;

return List.of(

new Point(in, in),

new Point(w - in, in),

new Point(in, h - in),

new Point(w - in, h - in),

new Point(w / 2, in),

new Point(w / 2, h - in));

}

public boolean isBallInPocket(Ball ball) {

int cx = ball.getBallX() + ball.getBallSize() / 2;

int cy = ball.getBallY() + ball.getBallSize() / 2;

int r = Config.POCKET\_RADIUS;

for (Point p : getPocketCenters()) {

if (Math.hypot(cx - p.x, cy - p.y) <= r)

return true;

}

return false;

}

public void pocketBall(Ball ball) {

synchronized (balls) {

if (balls.remove(ball)) {

pocketedCount++;

if (pocketedLabel != null) {

int count = pocketedCount;

SwingUtilities.invokeLater(() -> pocketedLabel.setText("В лузі: " + count));

}

SwingUtilities.invokeLater(this::repaint);

}

}

}

public void registerBallThread(BallThread t) {

ballThreads.add(t);

}

public void unregisterBallThread(BallThread t) {

ballThreads.remove(t);

}

public int getSleepTime() {

return sleepTime;

}

public void setSleepTime(int sleepTime) {

this.sleepTime = sleepTime;

}

@Override

protected void paintComponent(Graphics g) {

super.paintComponent(g);

Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

drawBackground(g2);

List<Ball> copy;

synchronized (balls) {

copy = new ArrayList<>(balls);

}

for (Ball b : copy) {

b.draw(g2);

}

updateFPS();

updateSystemStats();

updateThreadStats();

updateCpuTime();

updateGraph();

drawOverlay(g2);

drawGraph(g2);

}

private void drawBackground(Graphics2D g2) {

int w = getWidth();

int h = getHeight();

GradientPaint table = new GradientPaint(

0, 0, new Color(20, 90, 40),

w, h, new Color(10, 50, 25));

g2.setPaint(table);

g2.fillRect(0, 0, w, h);

drawPockets(g2);

}

private void drawPockets(Graphics2D g2) {

int r = Config.POCKET\_RADIUS;

g2.setColor(new Color(15, 15, 15));

for (Point p : getPocketCenters()) {

g2.fillOval(p.x - r, p.y - r, 2 \* r, 2 \* r);

}

}

private void updateFPS() {

frames++;

long current = System.nanoTime();

if (current - lastTime >= 1\_000\_000\_000) {

fps = frames;

frames = 0;

lastTime = current;

}

}

private void updateSystemStats() {

processCpuLoad = osBean.getProcessCpuLoad() \* 100.0;

}

private void updateThreadStats() {

runnableThreads = 0;

waitingThreads = 0;

for (BallThread t : ballThreads) {

State state = t.getState();

switch (state) {

case RUNNABLE -> runnableThreads++;

case WAITING, TIMED\_WAITING -> waitingThreads++;

case BLOCKED, NEW, TERMINATED -> {

}

}

}

}

private void updateCpuTime() {

totalBallCpuTime = 0;

for (BallThread t : ballThreads) {

long id = t.threadId();

totalBallCpuTime += threadBean.getThreadCpuTime(id);

}

}

private void updateGraph() {

fpsHistory.add(fps);

cpuHistory.add(processCpuLoad);

if (fpsHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

fpsHistory.removeFirst();

if (cpuHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

cpuHistory.removeFirst();

}

private void drawOverlay(Graphics2D g2) {

double frameTime = fps > 0 ? 1000.0 / fps : 0;

g2.setColor(Color.WHITE);

g2.setFont(new Font("Consolas", Font.BOLD, 14));

int y = 20;

g2.drawString("Balls on table: " + balls.size(), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("Balls In Pocket: " + pocketedCount, 15, y);

y += 20;

g2.drawString("Ball Threads: " + ballThreads.size(), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("FPS: " + fps, 15, y);

y += 20;

g2.drawString(String.format("Frame Time: %.2f ms", frameTime), 15, y);

y += 20;

g2.drawString(String.format("CPU (JVM): %.2f %%", processCpuLoad), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("RUNNABLE: " + runnableThreads, 15, y);

y += 20;

g2.drawString("WAITING: " + waitingThreads, 15, y);

y += 20;

g2.drawString("Ball CPU Time (ms): " + totalBallCpuTime / 1\_000\_000, 15, y);

}

private void drawGraph(Graphics2D g2) {

int width = 300;

int height = 150;

int x = getWidth() - width - 20;

int y = 20;

g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 120));

g2.fillRect(x, y, width, height);

g2.setColor(Color.GREEN);

drawLineGraph(g2, fpsHistory, x, y, width, height, 100);

g2.setColor(Color.RED);

drawLineGraphDouble(g2, cpuHistory, x, y, width, height, 100);

}

private void drawLineGraph(Graphics2D g2, List<Integer> data,

int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

if (data.size() < 2)

return;

int step = width / GRAPH\_POINTS;

int prevX = x;

int prevY = y + height - (data.get(0) \* height / maxValue);

for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

int currentX = x + i \* step;

int currentY = y + height - (data.get(i) \* height / maxValue);

g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

prevX = currentX;

prevY = currentY;

}

}

private void drawLineGraphDouble(Graphics2D g2, List<Double> data,

int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

if (data.size() < 2)

return;

int step = width / GRAPH\_POINTS;

int prevX = x;

int prevY = y + height - ((int) (data.get(0) \* height / maxValue));

for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

int currentX = x + i \* step;

int currentY = y + height - ((int) (data.get(i) \* height / maxValue));

g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

prevX = currentX;

prevY = currentY;

}

}

}

===== BallThread.java =====

package part\_2.bounce;

public class BallThread extends Thread {

private Ball ball;

private BallCanvas canvas;

public BallThread(Ball ball, BallCanvas canvas) {

this.ball = ball;

this.canvas = canvas;

}

@Override

public void run() {

canvas.registerBallThread(this);

try {

for (int i = 0; i < Config.BALL\_MOVES\_COUNT; i++) {

ball.move();

if (canvas.isBallInPocket(ball)) {

canvas.pocketBall(ball);

break;

}

Thread.sleep(canvas.getSleepTime());

}

} catch (InterruptedException er) {

er.printStackTrace();

}

canvas.unregisterBallThread(this);

}

}

===== Bounce.java =====

package part\_2.bounce;

import javax.swing.\*;

public class Bounce {

public static void main(String[] args) {

BounceFrame frame = new BounceFrame();

frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT\_ON\_CLOSE);

frame.setVisible(true);

System.out.println("Main Thread: " + Thread.currentThread().getName());

}

}

===== BounceFrame.java =====

package part\_2.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

public class BounceFrame extends JFrame {

private BallCanvas canvas;

private JLabel warningLabel;

private JLabel pocketedLabel;

public BounceFrame() {

try {

UIManager.setLookAndFeel(UIManager.getSystemLookAndFeelClassName());

} catch (Exception ignored) {

}

setSize(Config.FRAME\_WIDTH, Config.FRAME\_HEIGHT);

setTitle("Multithreaded Billiard Simulation With Pockets");

setLocationRelativeTo(null);

canvas = new BallCanvas();

add(canvas, BorderLayout.CENTER);

pocketedLabel = new JLabel("В лузі: 0");

pocketedLabel.setFont(new Font("Segoe UI", Font.BOLD, 14));

pocketedLabel.setForeground(Color.WHITE);

canvas.setPocketedLabel(pocketedLabel);

JPanel controlPanel = new JPanel(new BorderLayout());

controlPanel.setBackground(new Color(30, 30, 30));

controlPanel.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(10, 20, 10, 20));

JPanel leftPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT, 15, 5));

leftPanel.setOpaque(false);

JButton addOne = createButton("Add Ball");

JButton addTen = createButton("Add 10");

JButton exit = createButton("Exit");

addOne.addActionListener(e -> addBall());

addTen.addActionListener(e -> {

for (int i = 0; i < 10; i++)

addBall();

});

exit.addActionListener(e -> System.exit(0));

leftPanel.add(addOne);

leftPanel.add(addTen);

leftPanel.add(exit);

warningLabel = new JLabel("");

warningLabel.setForeground(Color.RED);

JPanel rightPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.RIGHT, 15, 5));

rightPanel.setOpaque(false);

rightPanel.add(pocketedLabel);

rightPanel.add(warningLabel);

controlPanel.add(leftPanel, BorderLayout.WEST);

controlPanel.add(rightPanel, BorderLayout.EAST);

add(controlPanel, BorderLayout.SOUTH);

}

private JButton createButton(String text) {

JButton button = new JButton(text);

button.setFocusPainted(false);

button.setFont(new Font("Segoe UI", Font.BOLD, 14));

button.setForeground(Color.WHITE);

button.setBackground(new Color(60, 120, 200));

button.setCursor(new Cursor(Cursor.HAND\_CURSOR));

button.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(8, 18, 8, 18));

button.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {

public void mouseEntered(java.awt.event.MouseEvent evt) {

button.setBackground(new Color(80, 150, 240));

}

public void mouseExited(java.awt.event.MouseEvent evt) {

button.setBackground(new Color(60, 120, 200));

}

});

return button;

}

private void addBall() {

Ball ball = new Ball(canvas);

canvas.add(ball);

BallThread thread = new BallThread(ball, canvas);

thread.start();

if (Thread.activeCount() > Config.WARNING\_THREAD\_COUNT) {

warningLabel.setText("! High thread count!");

} else {

warningLabel.setText("");

}

}

}

===== Config.java =====

package part\_2.bounce;

public class Config {

public static final int FRAME\_WIDTH = 1000;

public static final int FRAME\_HEIGHT = 600;

public static final int BALL\_MIN\_SIZE = 30;

public static final int BALL\_MOVES\_COUNT = 1\_000\_000;

public static final int DEFAULT\_SLEEP\_MS = 5;

public static final int WARNING\_THREAD\_COUNT = 100;

public static final int POCKET\_INSET = 28;

public static final int POCKET\_RADIUS = 35;

}

**Задача 3**

===== Ball.java =====

package part\_3.bounce;

import java.awt.\*;

import java.awt.geom.Ellipse2D;

import java.util.Random;

public class Ball {

public enum BallType {

RED(Config.THREAD\_PRIORITY\_HIGH),

BLUE(Config.THREAD\_PRIORITY\_LOW);

private final int threadPriority;

BallType(int threadPriority) {

this.threadPriority = threadPriority;

}

public int getThreadPriority() {

return threadPriority;

}

}

private final BallCanvas canvas;

private int x;

private int y;

private int dx;

private int dy;

private int size;

private final Color baseColor;

private final BallType type;

public Ball(BallCanvas c, BallType type) {

this.canvas = c;

this.type = type;

this.dx = 2;

this.dy = 2;

updateSize();

Random rand = new Random();

int w = Math.max(1, canvas.getWidth() - size);

int h = Math.max(1, canvas.getHeight() - size);

switch (rand.nextInt(4)) {

case 0 -> {

x = rand.nextInt(w);

y = 0;

}

case 1 -> {

x = rand.nextInt(w);

y = h;

}

case 2 -> {

x = 0;

y = rand.nextInt(h);

}

default -> {

x = w;

y = rand.nextInt(h);

}

}

baseColor = type == BallType.RED ? new Color(220, 50, 50) : new Color(50, 80, 200);

}

public Ball(BallCanvas c, int startX, int startY, int dx, int dy, BallType type) {

this.canvas = c;

this.type = type;

this.x = startX;

this.y = startY;

this.dx = dx;

this.dy = dy;

updateSize();

baseColor = type == BallType.RED ? new Color(220, 50, 50) : new Color(50, 80, 200);

}

private void updateSize() {

int min = Math.min(canvas.getWidth(), canvas.getHeight());

size = Math.max(Config.BALL\_MIN\_SIZE, min / 30);

}

public BallType getType() {

return type;

}

public void draw(Graphics2D g2) {

updateSize();

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 60));

g2.fillOval(x + 4, y + 4, size, size);

GradientPaint gradient = new GradientPaint(

x, y, baseColor.brighter(),

x + size, y + size, baseColor.darker());

g2.setPaint(gradient);

g2.fill(new Ellipse2D.Double(x, y, size, size));

g2.setColor(new Color(255, 255, 255, 120));

g2.fillOval(x + size / 4, y + size / 4, size / 4, size / 4);

}

public void move() {

updateSize();

x += dx;

y += dy;

if (x < 0) {

x = 0;

dx = -dx;

}

if (x + size >= canvas.getWidth()) {

x = canvas.getWidth() - size;

dx = -dx;

}

if (y < 0) {

y = 0;

dy = -dy;

}

if (y + size >= canvas.getHeight()) {

y = canvas.getHeight() - size;

dy = -dy;

}

canvas.repaint();

}

public int getBallX() {

return x;

}

public int getBallY() {

return y;

}

public int getBallSize() {

return size;

}

}

===== BallCanvas.java =====

package part\_3.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

import java.lang.Thread.State;

import java.lang.management.\*;

import java.util.\*;

import java.util.List;

public class BallCanvas extends JPanel {

private final List<Ball> balls = new ArrayList<>();

private final List<BallThread> ballThreads = new ArrayList<>();

private int sleepTime = Config.DEFAULT\_SLEEP\_MS;

private long lastTime = System.nanoTime();

private int frames = 0;

private int fps = 0;

private ThreadMXBean threadBean = ManagementFactory.getThreadMXBean();

private com.sun.management.OperatingSystemMXBean osBean = (com.sun.management.OperatingSystemMXBean) ManagementFactory

.getOperatingSystemMXBean();

private double processCpuLoad = 0;

private int runnableThreads = 0;

private int waitingThreads = 0;

private long totalBallCpuTime = 0;

private LinkedList<Integer> fpsHistory = new LinkedList<>();

private LinkedList<Double> cpuHistory = new LinkedList<>();

private final int GRAPH\_POINTS = 200;

public BallCanvas() {

setDoubleBuffered(true);

threadBean.setThreadCpuTimeEnabled(true);

}

public void add(Ball b) {

synchronized (balls) {

balls.add(b);

}

}

public void registerBallThread(BallThread t) {

ballThreads.add(t);

}

public void unregisterBallThread(BallThread t) {

ballThreads.remove(t);

}

public int getSleepTime() {

return sleepTime;

}

public void setSleepTime(int sleepTime) {

this.sleepTime = sleepTime;

}

@Override

protected void paintComponent(Graphics g) {

super.paintComponent(g);

Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING,

RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

drawBackground(g2);

List<Ball> copy;

synchronized (balls) {

copy = new ArrayList<>(balls);

}

for (Ball b : copy) {

if (b.getType() == Ball.BallType.BLUE)

b.draw(g2);

}

for (Ball b : copy) {

if (b.getType() == Ball.BallType.RED)

b.draw(g2);

}

updateFPS();

updateSystemStats();

updateThreadStats();

updateCpuTime();

updateGraph();

drawOverlay(g2);

drawGraph(g2);

}

private void drawBackground(Graphics2D g2) {

int w = getWidth();

int h = getHeight();

GradientPaint table = new GradientPaint(

0, 0, new Color(20, 90, 40),

w, h, new Color(10, 50, 25));

g2.setPaint(table);

g2.fillRect(0, 0, w, h);

}

private void updateFPS() {

frames++;

long current = System.nanoTime();

if (current - lastTime >= 1\_000\_000\_000) {

fps = frames;

frames = 0;

lastTime = current;

}

}

private void updateSystemStats() {

processCpuLoad = osBean.getProcessCpuLoad() \* 100.0;

}

private void updateThreadStats() {

runnableThreads = 0;

waitingThreads = 0;

for (BallThread t : ballThreads) {

State state = t.getState();

switch (state) {

case RUNNABLE -> runnableThreads++;

case WAITING, TIMED\_WAITING -> waitingThreads++;

case BLOCKED, NEW, TERMINATED -> {

}

}

}

}

private void updateCpuTime() {

totalBallCpuTime = 0;

for (BallThread t : ballThreads) {

long id = t.threadId();

totalBallCpuTime += threadBean.getThreadCpuTime(id);

}

}

private void updateGraph() {

fpsHistory.add(fps);

cpuHistory.add(processCpuLoad);

if (fpsHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

fpsHistory.removeFirst();

if (cpuHistory.size() > GRAPH\_POINTS)

cpuHistory.removeFirst();

}

private void drawOverlay(Graphics2D g2) {

double frameTime = fps > 0 ? 1000.0 / fps : 0;

g2.setColor(Color.WHITE);

g2.setFont(new Font("Consolas", Font.BOLD, 14));

int y = 20;

g2.drawString("Balls: " + balls.size(), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("Ball Threads: " + ballThreads.size(), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("FPS: " + fps, 15, y);

y += 20;

g2.drawString(String.format("Frame Time: %.2f ms", frameTime), 15, y);

y += 20;

g2.drawString(String.format("CPU (JVM): %.2f %%", processCpuLoad), 15, y);

y += 20;

g2.drawString("RUNNABLE: " + runnableThreads, 15, y);

y += 20;

g2.drawString("WAITING: " + waitingThreads, 15, y);

y += 20;

g2.drawString("Ball CPU Time (ms): " + totalBallCpuTime / 1\_000\_000, 15, y);

}

private void drawGraph(Graphics2D g2) {

int width = 300;

int height = 150;

int x = getWidth() - width - 20;

int y = 20;

g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 120));

g2.fillRect(x, y, width, height);

g2.setColor(Color.GREEN);

drawLineGraph(g2, fpsHistory, x, y, width, height, 100);

g2.setColor(Color.RED);

drawLineGraphDouble(g2, cpuHistory, x, y, width, height, 100);

}

private void drawLineGraph(Graphics2D g2, List<Integer> data,

int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

if (data.size() < 2)

return;

int step = width / GRAPH\_POINTS;

int prevX = x;

int prevY = y + height - (data.get(0) \* height / maxValue);

for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

int currentX = x + i \* step;

int currentY = y + height - (data.get(i) \* height / maxValue);

g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

prevX = currentX;

prevY = currentY;

}

}

private void drawLineGraphDouble(Graphics2D g2, List<Double> data,

int x, int y, int width, int height, int maxValue) {

if (data.size() < 2)

return;

int step = width / GRAPH\_POINTS;

int prevX = x;

int prevY = y + height - ((int) (data.get(0) \* height / maxValue));

for (int i = 1; i < data.size(); i++) {

int currentX = x + i \* step;

int currentY = y + height - ((int) (data.get(i) \* height / maxValue));

g2.drawLine(prevX, prevY, currentX, currentY);

prevX = currentX;

prevY = currentY;

}

}

}

===== BallThread.java =====

package part\_3.bounce;

public class BallThread extends Thread {

private final Ball ball;

private final BallCanvas canvas;

public BallThread(Ball ball, BallCanvas canvas, int priority) {

this.ball = ball;

this.canvas = canvas;

setPriority(priority);

}

@Override

public void run() {

canvas.registerBallThread(this);

try {

for (int i = 0; i < Config.BALL\_MOVES\_COUNT; i++) {

ball.move();

Thread.sleep(canvas.getSleepTime());

}

} catch (InterruptedException er) {

er.printStackTrace();

}

canvas.unregisterBallThread(this);

}

}

===== Bounce.java =====

package part\_3.bounce;

import javax.swing.\*;

public class Bounce {

public static void main(String[] args) {

BounceFrame frame = new BounceFrame();

frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT\_ON\_CLOSE);

frame.setVisible(true);

System.out.println("Main Thread: " + Thread.currentThread().getName());

}

}

===== BounceFrame.java =====

package part\_3.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

public class BounceFrame extends JFrame {

private BallCanvas canvas;

private JLabel warningLabel;

private JSpinner experimentBlueCount;

public BounceFrame() {

try {

UIManager.setLookAndFeel(UIManager.getSystemLookAndFeelClassName());

} catch (Exception ignored) {

}

setSize(Config.FRAME\_WIDTH, Config.FRAME\_HEIGHT);

setTitle("Thread Priority: Red (high) vs Blue (low)");

setLocationRelativeTo(null);

canvas = new BallCanvas();

add(canvas, BorderLayout.CENTER);

JPanel controlPanel = new JPanel(new BorderLayout());

controlPanel.setBackground(new Color(30, 30, 30));

controlPanel.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(10, 20, 10, 20));

JPanel leftPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT, 15, 5));

leftPanel.setOpaque(false);

JButton addRed = createButton("Add Red", new Color(180, 60, 60));

JButton addBlue = createButton("Add Blue", new Color(60, 90, 180));

JButton add10Blue = createButton("Add 10 Blue", new Color(60, 90, 180));

JButton experimentBtn = createButton("Experiment: 1 Red + N Blue", new Color(100, 100, 50));

JButton exit = createButton("Exit", new Color(80, 80, 80));

addRed.addActionListener(e -> addBall(Ball.BallType.RED));

addBlue.addActionListener(e -> addBall(Ball.BallType.BLUE));

add10Blue.addActionListener(e -> {

for (int i = 0; i < 10; i++)

addBall(Ball.BallType.BLUE);

});

experimentBtn.addActionListener(e -> runExperiment());

exit.addActionListener(e -> System.exit(0));

experimentBlueCount = new JSpinner(new SpinnerNumberModel(15, 5, 500, 5));

experimentBlueCount.setMaximumSize(new Dimension(70, 30));

JLabel expLabel = new JLabel("N =");

expLabel.setForeground(Color.WHITE);

leftPanel.add(addRed);

leftPanel.add(addBlue);

leftPanel.add(add10Blue);

leftPanel.add(expLabel);

leftPanel.add(experimentBlueCount);

leftPanel.add(experimentBtn);

leftPanel.add(exit);

warningLabel = new JLabel("");

warningLabel.setForeground(Color.RED);

JPanel rightPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.RIGHT, 15, 5));

rightPanel.setOpaque(false);

rightPanel.add(warningLabel);

controlPanel.add(leftPanel, BorderLayout.WEST);

controlPanel.add(rightPanel, BorderLayout.EAST);

add(controlPanel, BorderLayout.SOUTH);

}

private JButton createButton(String text, Color bg) {

JButton button = new JButton(text);

button.setFocusPainted(false);

button.setFont(new Font("Segoe UI", Font.BOLD, 12));

button.setForeground(Color.WHITE);

button.setBackground(bg);

button.setCursor(new Cursor(Cursor.HAND\_CURSOR));

button.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(8, 12, 8, 12));

button.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {

public void mouseEntered(java.awt.event.MouseEvent evt) {

button.setBackground(brighter(bg));

}

public void mouseExited(java.awt.event.MouseEvent evt) {

button.setBackground(bg);

}

});

return button;

}

private static Color brighter(Color c) {

return new Color(

Math.min(255, c.getRed() + 40),

Math.min(255, c.getGreen() + 40),

Math.min(255, c.getBlue() + 40));

}

private void addBall(Ball.BallType type) {

Ball ball = new Ball(canvas, type);

canvas.add(ball);

startBallThread(ball);

updateWarning();

}

private void runExperiment() {

int n = 20;

try {

Object v = experimentBlueCount.getValue();

if (v instanceof Number)

n = ((Number) v).intValue();

} catch (Exception ignored) {

}

n = Math.max(1, Math.min(500, n));

int w = canvas.getWidth();

int h = canvas.getHeight();

if (w <= 0)

w = Config.FRAME\_WIDTH;

if (h <= 0)

h = Config.FRAME\_HEIGHT - 80;

int size = Math.max(Config.BALL\_MIN\_SIZE, Math.min(w, h) / 30);

int startX = 80;

int startY = Math.max(0, h / 2 - size / 2);

int dx = 2;

int dy = 0;

Ball redBall = new Ball(canvas, startX, startY, dx, dy, Ball.BallType.RED);

canvas.add(redBall);

java.util.List<Ball> blueBalls = new java.util.ArrayList<>();

for (int i = 0; i < n; i++) {

Ball blueBall = new Ball(canvas, startX, startY, dx, dy, Ball.BallType.BLUE);

canvas.add(blueBall);

blueBalls.add(blueBall);

}

startBallThread(redBall);

for (Ball b : blueBalls)

startBallThread(b);

updateWarning();

}

private void startBallThread(Ball ball) {

BallThread thread = new BallThread(ball, canvas, ball.getType().getThreadPriority());

thread.start();

}

private void updateWarning() {

if (Thread.activeCount() > Config.WARNING\_THREAD\_COUNT) {

warningLabel.setText("! High thread count!");

} else {

warningLabel.setText("");

}

}

}

===== Config.java =====

package part\_3.bounce;

public class Config {

public static final int FRAME\_WIDTH = 1000;

public static final int FRAME\_HEIGHT = 600;

public static final int BALL\_MIN\_SIZE = 30;

public static final int BALL\_MOVES\_COUNT = 1\_000\_000;

public static final int DEFAULT\_SLEEP\_MS = 5;

public static final int WARNING\_THREAD\_COUNT = 100;

public static final int THREAD\_PRIORITY\_HIGH = Thread.MAX\_PRIORITY;

public static final int THREAD\_PRIORITY\_LOW = Thread.MIN\_PRIORITY;

}

**Задача 4**

===== Ball.java =====

package part\_4.bounce;

import java.awt.\*;

import java.awt.geom.Ellipse2D;

import java.util.Random;

public class Ball {

public enum BallType {

RED,

BLUE,

GREEN

}

private final BallCanvas canvas;

private int x, y, dx = 2, dy = 2;

private int size;

private final Color baseColor;

private final BallType type;

public Ball(BallCanvas c, BallType type) {

this.canvas = c;

this.type = type;

updateSize();

Random rand = new Random();

int w = Math.max(1, canvas.getWidth() - size);

int h = Math.max(1, canvas.getHeight() - size);

switch (rand.nextInt(4)) {

case 0 -> { x = rand.nextInt(w); y = 0; }

case 1 -> { x = rand.nextInt(w); y = h; }

case 2 -> { x = 0; y = rand.nextInt(h); }

default -> { x = w; y = rand.nextInt(h); }

}

baseColor = switch (type) {

case RED -> new Color(220, 50, 50);

case BLUE -> new Color(50, 80, 200);

case GREEN -> new Color(50, 180, 80);

};

}

private void updateSize() {

int min = Math.min(canvas.getWidth(), canvas.getHeight());

size = Math.max(Config.BALL\_MIN\_SIZE, min / 30);

}

public BallType getType() { return type; }

public void draw(Graphics2D g2) {

updateSize();

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING, RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

g2.setColor(new Color(0, 0, 0, 60));

g2.fillOval(x + 4, y + 4, size, size);

GradientPaint gradient = new GradientPaint(x, y, baseColor.brighter(), x + size, y + size, baseColor.darker());

g2.setPaint(gradient);

g2.fill(new Ellipse2D.Double(x, y, size, size));

g2.setColor(new Color(255, 255, 255, 120));

g2.fillOval(x + size / 4, y + size / 4, size / 4, size / 4);

}

public void move() {

updateSize();

x += dx; y += dy;

if (x < 0) { x = 0; dx = -dx; }

if (x + size >= canvas.getWidth()) { x = canvas.getWidth() - size; dx = -dx; }

if (y < 0) { y = 0; dy = -dy; }

if (y + size >= canvas.getHeight()) { y = canvas.getHeight() - size; dy = -dy; }

canvas.repaint();

}

}

===== BallCanvas.java =====

package part\_4.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

import java.util.ArrayList;

import java.util.List;

public class BallCanvas extends JPanel {

private final List<Ball> balls = new ArrayList<>();

private final List<BallThread> ballThreads = new ArrayList<>();

private int sleepTime = Config.DEFAULT\_SLEEP\_MS;

public BallCanvas() {

setDoubleBuffered(true);

}

public void add(Ball b) {

synchronized (balls) {

balls.add(b);

}

}

public void registerBallThread(BallThread t) {

ballThreads.add(t);

}

public void unregisterBallThread(BallThread t) {

ballThreads.remove(t);

}

public int getSleepTime() { return sleepTime; }

@Override

protected void paintComponent(Graphics g) {

super.paintComponent(g);

Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;

g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY\_ANTIALIASING, RenderingHints.VALUE\_ANTIALIAS\_ON);

int w = getWidth();

int h = getHeight();

g2.setPaint(new GradientPaint(0, 0, new Color(20, 90, 40), w, h, new Color(10, 50, 25)));

g2.fillRect(0, 0, w, h);

List<Ball> copy;

synchronized (balls) {

copy = new ArrayList<>(balls);

}

for (Ball b : copy)

b.draw(g2);

g2.setColor(Color.WHITE);

g2.setFont(new Font("Consolas", Font.BOLD, 14));

g2.drawString("Balls: " + balls.size() + " Threads: " + ballThreads.size(), 15, 20);

}

}

===== BallThread.java =====

package part\_4.bounce;

public class BallThread extends Thread {

private final Ball ball;

private final BallCanvas canvas;

private final int maxMoves;

public BallThread(Ball ball, BallCanvas canvas, int maxMoves) {

this.ball = ball;

this.canvas = canvas;

this.maxMoves = maxMoves;

}

@Override

public void run() {

canvas.registerBallThread(this);

try {

for (int i = 0; i < maxMoves; i++) {

ball.move();

Thread.sleep(canvas.getSleepTime());

}

} catch (InterruptedException e) {

Thread.currentThread().interrupt();

}

canvas.unregisterBallThread(this);

}

}

===== Bounce.java =====

package part\_4.bounce;

import javax.swing.\*;

public class Bounce {

public static void main(String[] args) {

BounceFrame frame = new BounceFrame();

frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT\_ON\_CLOSE);

frame.setVisible(true);

}

}

===== BounceFrame.java =====

package part\_4.bounce;

import javax.swing.\*;

import java.awt.\*;

public class BounceFrame extends JFrame {

private final BallCanvas canvas;

private JLabel statusLabel;

public BounceFrame() {

try {

UIManager.setLookAndFeel(UIManager.getSystemLookAndFeelClassName());

} catch (Exception ignored) {

}

setSize(Config.FRAME\_WIDTH, Config.FRAME\_HEIGHT);

setTitle("Thread.join(): red → blue → green");

setLocationRelativeTo(null);

canvas = new BallCanvas();

add(canvas, BorderLayout.CENTER);

JPanel controlPanel = new JPanel(new FlowLayout(FlowLayout.LEFT, 15, 8));

controlPanel.setBackground(new Color(30, 30, 30));

controlPanel.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(10, 20, 10, 20));

JButton joinDemo = createButton("Red → Blue → Green (join)", new Color(80, 120, 60));

joinDemo.addActionListener(e -> runJoinDemo());

statusLabel = new JLabel(

"Click the button: first the red ball moves, then the blue ball moves, then the green ball moves.");

statusLabel.setForeground(Color.WHITE);

statusLabel.setFont(statusLabel.getFont().deriveFont(12f));

controlPanel.add(joinDemo);

controlPanel.add(statusLabel);

add(controlPanel, BorderLayout.SOUTH);

}

private JButton createButton(String text, Color bg) {

JButton b = new JButton(text);

b.setFocusPainted(false);

b.setFont(new Font("Segoe UI", Font.BOLD, 12));

b.setForeground(Color.WHITE);

b.setBackground(bg);

b.setCursor(new Cursor(Cursor.HAND\_CURSOR));

b.setBorder(BorderFactory.createEmptyBorder(8, 14, 8, 14));

b.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {

public void mouseEntered(java.awt.event.MouseEvent evt) {

b.setBackground(brighter(bg));

}

public void mouseExited(java.awt.event.MouseEvent evt) {

b.setBackground(bg);

}

});

return b;

}

private static Color brighter(Color c) {

return new Color(

Math.min(255, c.getRed() + 35),

Math.min(255, c.getGreen() + 35),

Math.min(255, c.getBlue() + 35));

}

private void runJoinDemo() {

statusLabel.setText("The red ball moves...");

Thread worker = new Thread(() -> {

try {

Ball red = new Ball(canvas, Ball.BallType.RED);

canvas.add(red);

BallThread redThread = new BallThread(red, canvas, Config.BALL\_MOVES\_JOIN\_DEMO);

redThread.start();

redThread.join();

SwingUtilities.invokeLater(() -> statusLabel.setText("The blue ball moves..."));

Ball blue = new Ball(canvas, Ball.BallType.BLUE);

canvas.add(blue);

BallThread blueThread = new BallThread(blue, canvas, Config.BALL\_MOVES\_JOIN\_DEMO);

blueThread.start();

blueThread.join();

SwingUtilities.invokeLater(() -> statusLabel.setText("The green ball moves..."));

Ball green = new Ball(canvas, Ball.BallType.GREEN);

canvas.add(green);

BallThread greenThread = new BallThread(green, canvas, Config.BALL\_MOVES\_JOIN\_DEMO);

greenThread.start();

greenThread.join();

SwingUtilities.invokeLater(() -> statusLabel.setText("All three threads have finished (join)."));

} catch (InterruptedException ex) {

Thread.currentThread().interrupt();

SwingUtilities.invokeLater(() -> statusLabel.setText("Interrupted."));

}

});

worker.start();

}

}

===== Config.java =====

package part\_4.bounce;

public class Config {

public static final int FRAME\_WIDTH = 1000;

public static final int FRAME\_HEIGHT = 600;

public static final int BALL\_MIN\_SIZE = 30;

public static final int DEFAULT\_SLEEP\_MS = 5;

public static final int BALL\_MOVES\_JOIN\_DEMO = 1000;

}

**Задача 5**

===== Counter.java =====

package part\_5.counter;

import java.util.concurrent.locks.Lock;

import java.util.concurrent.locks.ReentrantLock;

public class Counter {

public enum SyncType {

NONE,

SYNC\_METHOD,

SYNC\_BLOCK,

LOCK

}

private int value;

private final SyncType syncType;

private final Lock lock = new ReentrantLock();

public Counter(SyncType syncType) {

this.syncType = syncType;

}

public void increment() {

switch (syncType) {

case NONE -> value++;

case SYNC\_METHOD -> incrementSyncMethod();

case SYNC\_BLOCK -> {

synchronized (this) {

value++;

}

}

case LOCK -> {

lock.lock();

try {

value++;

} finally {

lock.unlock();

}

}

}

}

public void decrement() {

switch (syncType) {

case NONE -> value--;

case SYNC\_METHOD -> decrementSyncMethod();

case SYNC\_BLOCK -> {

synchronized (this) {

value--;

}

}

case LOCK -> {

lock.lock();

try {

value--;

} finally {

lock.unlock();

}

}

}

}

private synchronized void incrementSyncMethod() {

value++;

}

private synchronized void decrementSyncMethod() {

value--;

}

public int getValue() {

return value;

}

}

===== CounterDemo.java =====

package part\_5.counter;

public class CounterDemo {

private static final int ITERATIONS = 100\_000;

public static void main(String[] args) throws InterruptedException {

System.out.println("Counter: 2 threads, one increments 100000 times, other decrements 100000 times\n");

runUnsafe();

runSyncMethod();

runSyncBlock();

runLock();

}

private static void runUnsafe() throws InterruptedException {

System.out.println("1) Unsynchronized (NONE):");

for (int run = 1; run <= 5; run++) {

Counter c = new Counter(Counter.SyncType.NONE);

Thread inc = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.increment();

});

Thread dec = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.decrement();

});

inc.start();

dec.start();

inc.join();

dec.join();

System.out.println(" Run " + run + ": value = " + c.getValue());

}

System.out.println(" Expected: 0. The result is unpredictable due to the race condition.\n");

}

private static void runSyncMethod() throws InterruptedException {

System.out.println("2) Synchronized method (synchronized method):");

Counter c = new Counter(Counter.SyncType.SYNC\_METHOD);

Thread inc = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.increment();

});

Thread dec = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.decrement();

});

inc.start();

dec.start();

inc.join();

dec.join();

System.out.println(" Value = " + c.getValue() + " (correct).\n");

}

private static void runSyncBlock() throws InterruptedException {

System.out.println("3) Synchronized block (synchronized block):");

Counter c = new Counter(Counter.SyncType.SYNC\_BLOCK);

Thread inc = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.increment();

});

Thread dec = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.decrement();

});

inc.start();

dec.start();

inc.join();

dec.join();

System.out.println(" Value = " + c.getValue() + " (correct).\n");

}

private static void runLock() throws InterruptedException {

System.out.println("4) Object lock (ReentrantLock):");

Counter c = new Counter(Counter.SyncType.LOCK);

Thread inc = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.increment();

});

Thread dec = new Thread(() -> {

for (int i = 0; i < ITERATIONS; i++)

c.decrement();

});

inc.start();

dec.start();

inc.join();

dec.join();

System.out.println(" Value = " + c.getValue() + " (correct).\n");

}

}