实验一

一、实验目的

- 熟悉 IntelliJ IDEA 和 WireShark 软件的使用
- 学习并掌握 Java 编程基础
- 学习并掌握 Java 多线程编程

二、实验任务

- 配置 Java 开发环境和 IntelliJ IDEA
- 安装 WireShark 软件
- 熟悉 Java 的变量、操作符、控制流程、数组、字符串、I/O、类和对象
- 熟悉 Java 的继承、多态、接口、抽象类、异常处理
- 熟悉 Java 多线程编程常用的方法

三、实验计划

实验时间	实验内容
第一周	学习 IntelliJ IDEA 和 WireShark 软件的使用
第二周	学习 Java 的基础知识（变量、操作符...类和对象），理解相关示例代码
第三周	学习 Java 的基础知识（继承、多态...），线程创建的方法，理解相关示例代码
第四周	学习 Java 的多线程编程的常用方法，完成实验任务

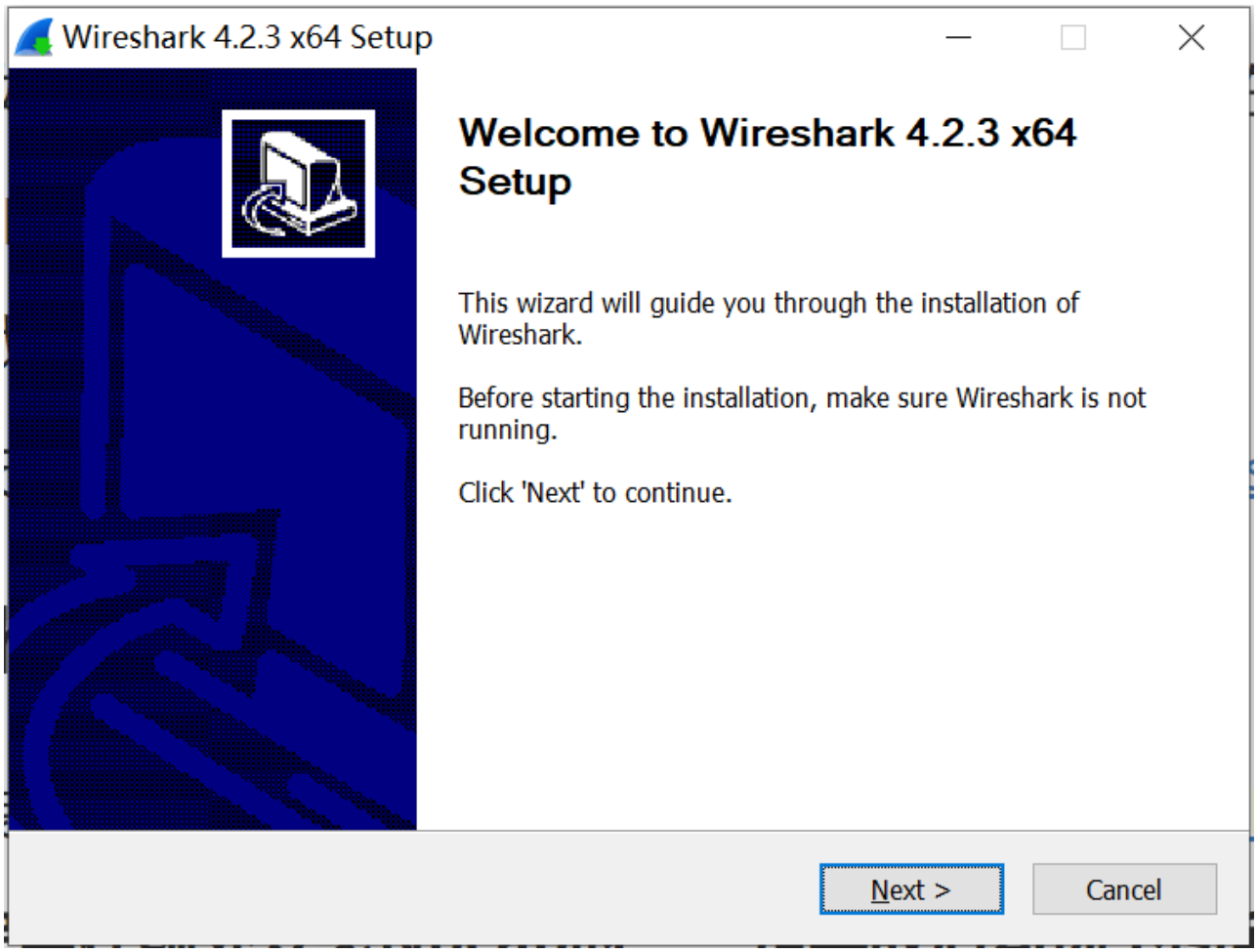
四、实验过程

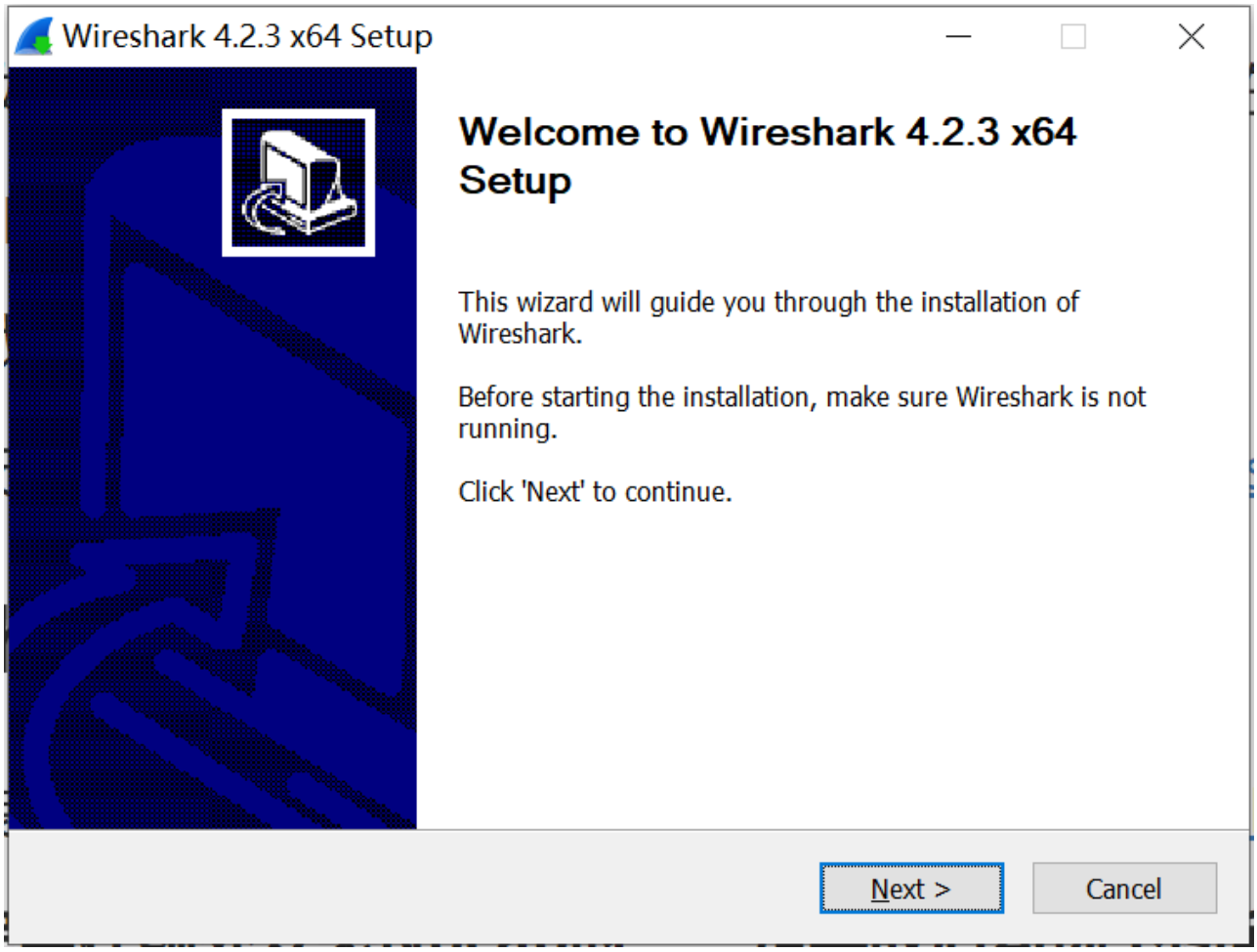
1. 配置 Java 开发环境

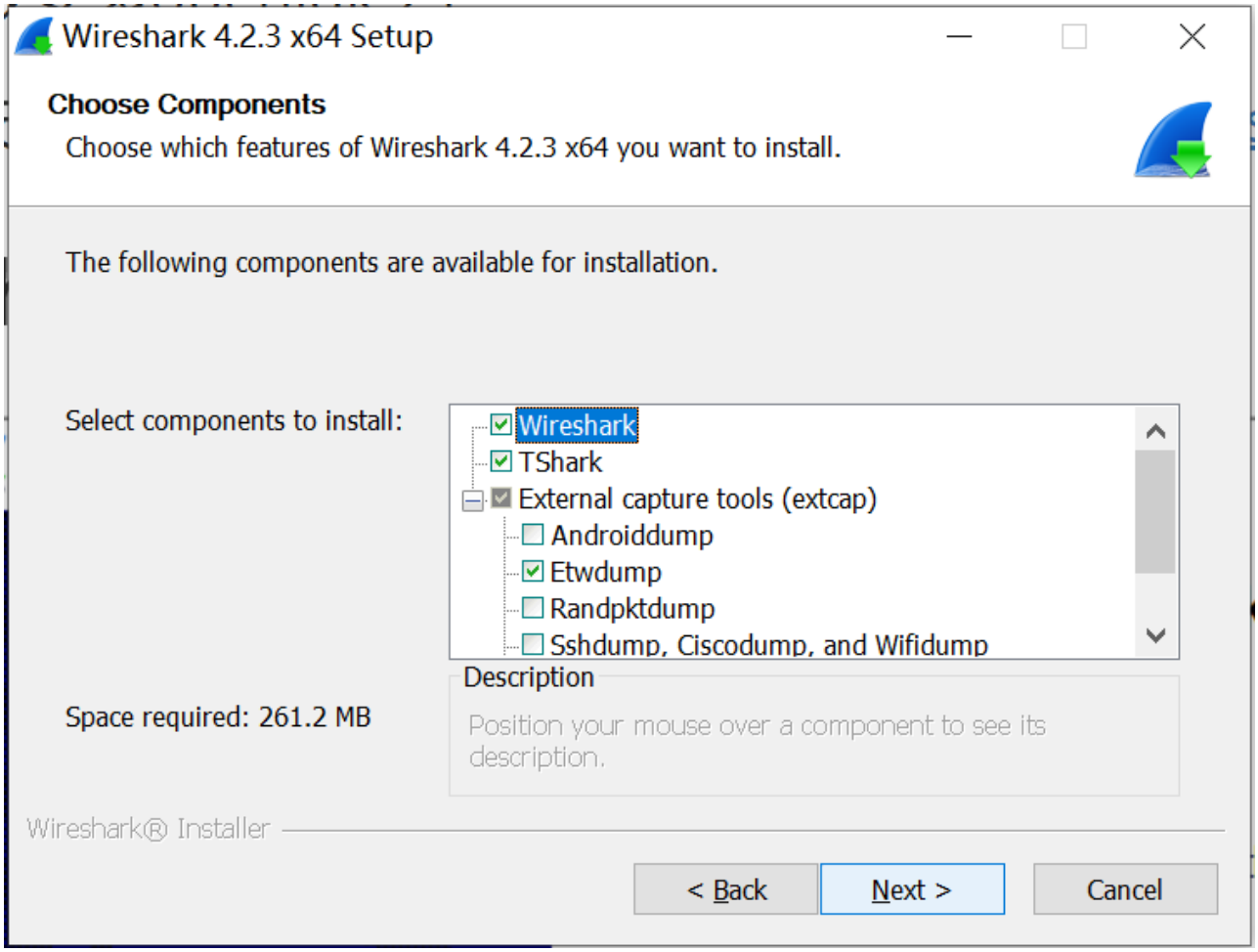
- Java IDE: IDEA下载安装 https://www.jetbrains.com/idea/download
  - Ultimate 或 Community Edition 均可
  - 如下载Ultimate版，可注册 JB Account 账号，通过学生邮箱获取进行免费激活 IntelliJ IDEA(Ultimate版)学生免费激活教程
  - 个性化配置教程 https://cloud.tencent.com/developer/article/1843025
- 下载安装特定版本的 jdk (使用 JDK21)
  - 可在IDEA中下载安装 openjdk-21

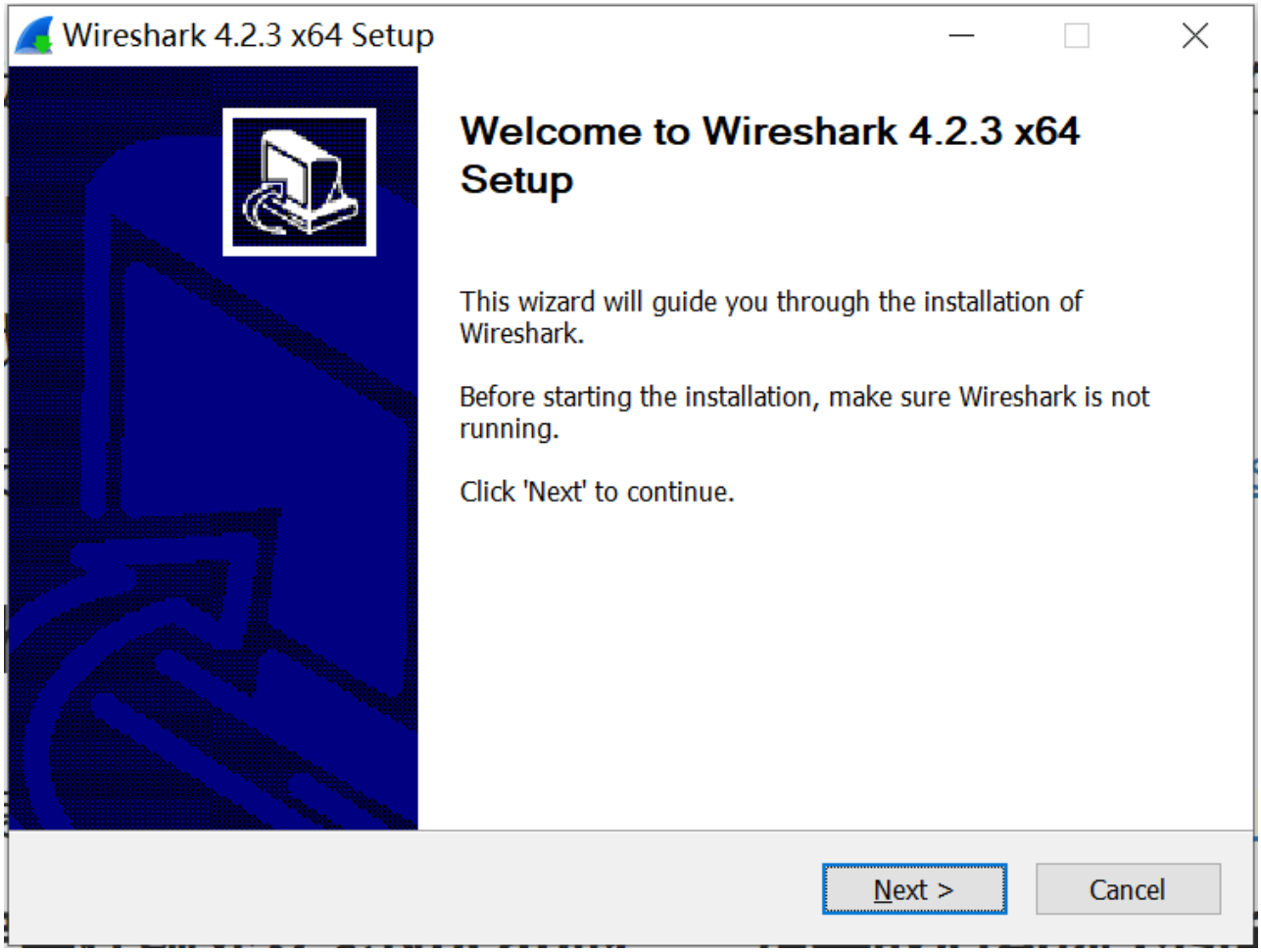
2. 安装 Wireshark

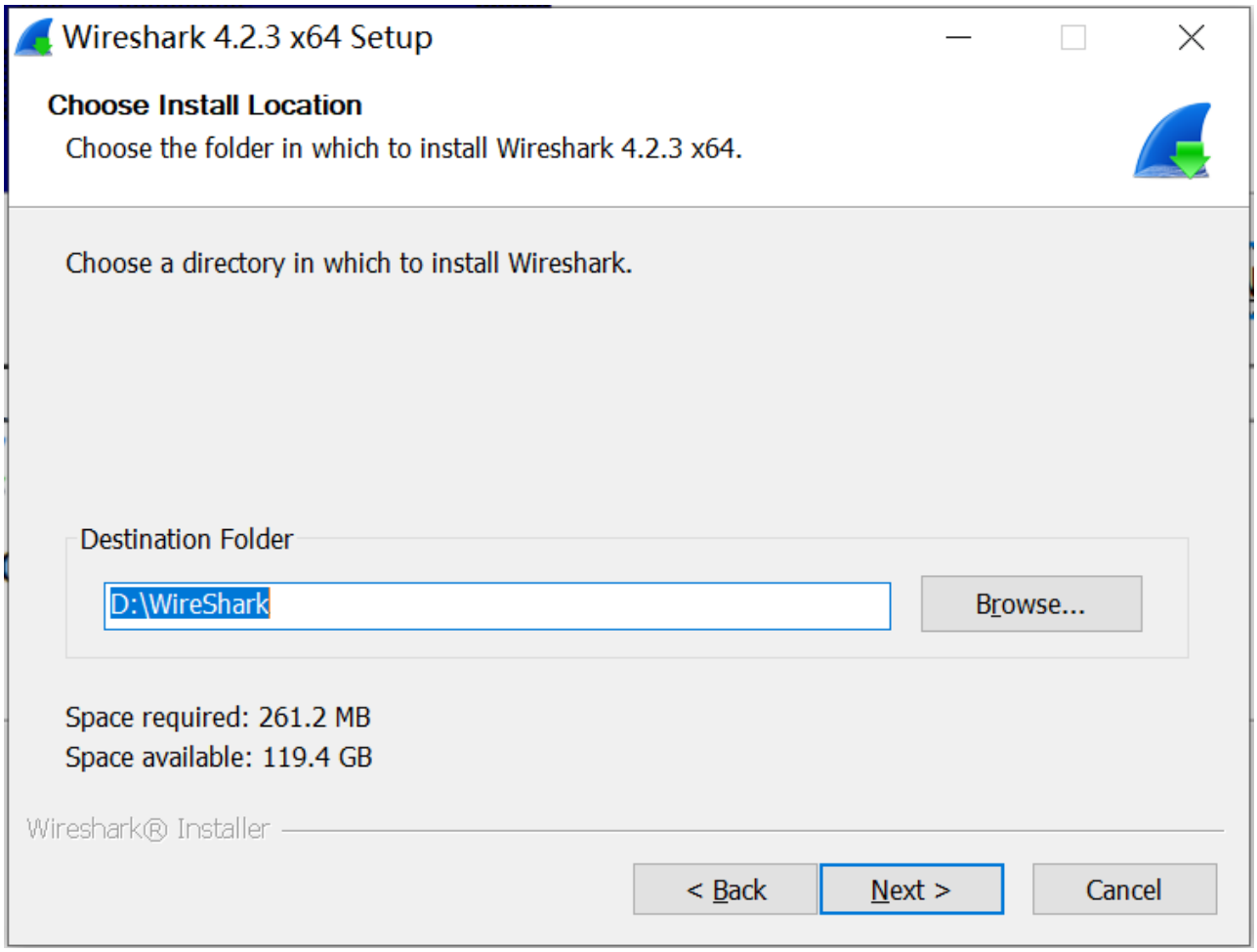
- Wireshark 下载安装：https://www.wireshark.org/download.html



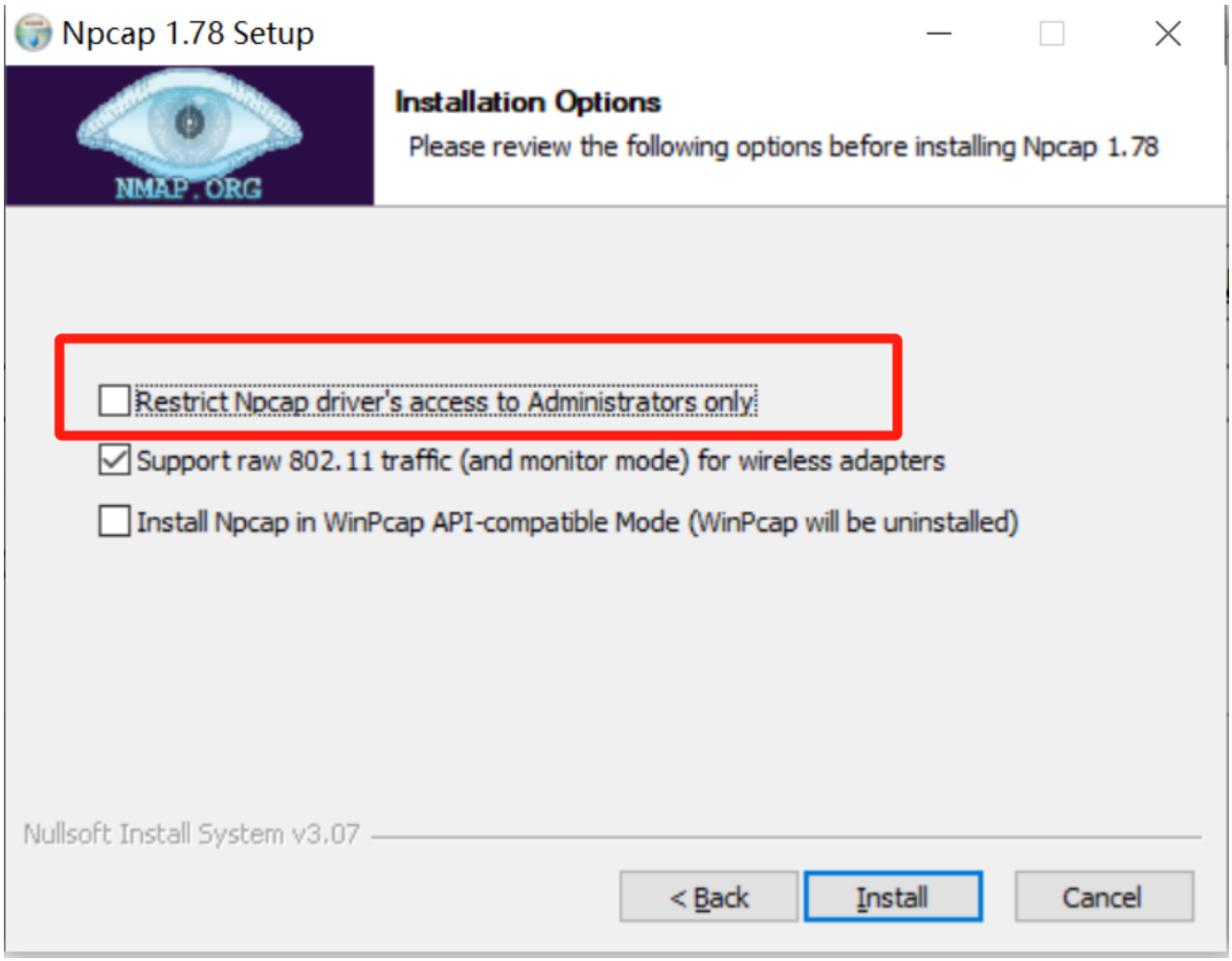



Wireshark 4.2.3 x64 Setup
Choose Components
Choose which features of Wireshark 4.2.3 x64 you want to install.
The following components are available for installation.
Select components to install:
Wireshark
TShark
External capture tools (extcap)
Androiddump
Etwdump
Randpktdump
Sshdump, Ciscodump, and Wifidump
Description
Position your mouse over a component to see its description.
Space required: 261.2 MB
Wireshark® Installer
< Back
Next >
Cancel

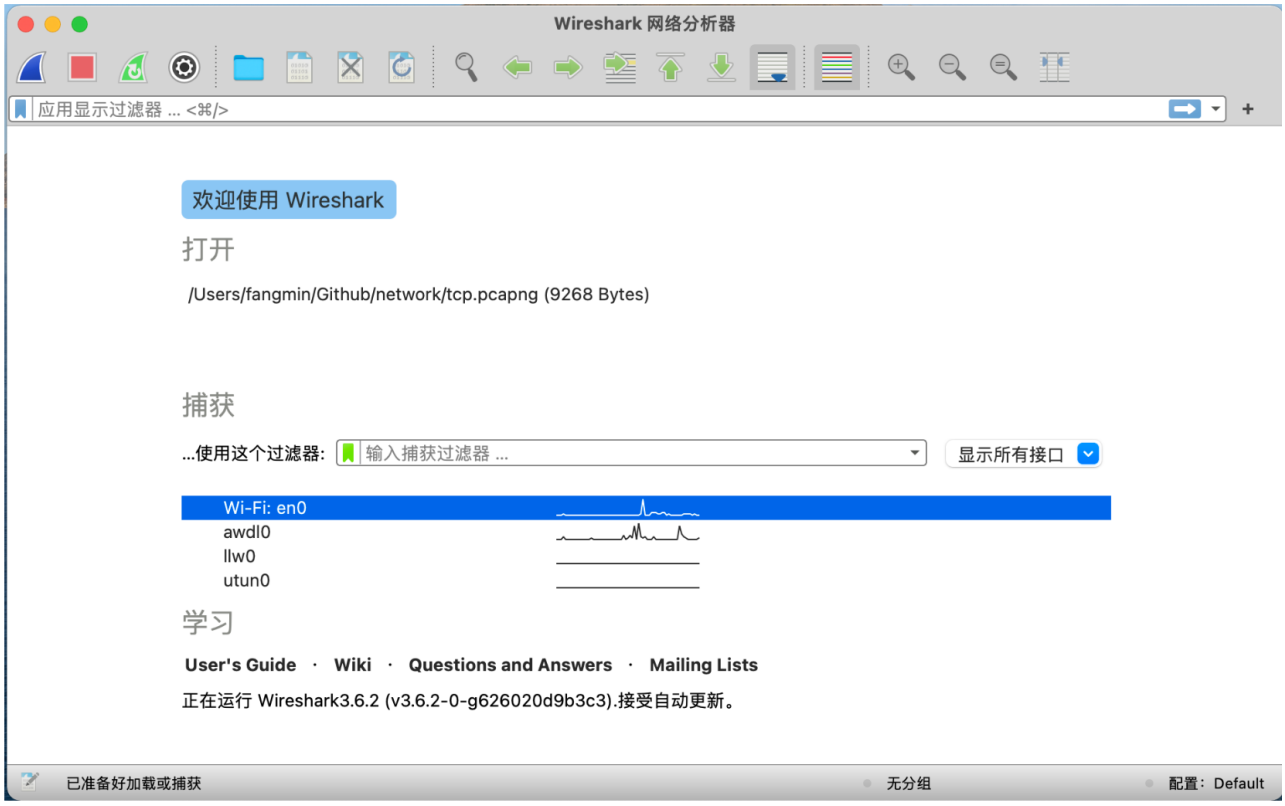

Wireshark 4.2.3 x64 Setup
Welcome to Wireshark 4.2.3 x64 Setup
This wizard will guide you through the installation of Wireshark.
Before starting the installation, make sure Wireshark is not running.
Click 'Next' to continue.
Next >
Cancel



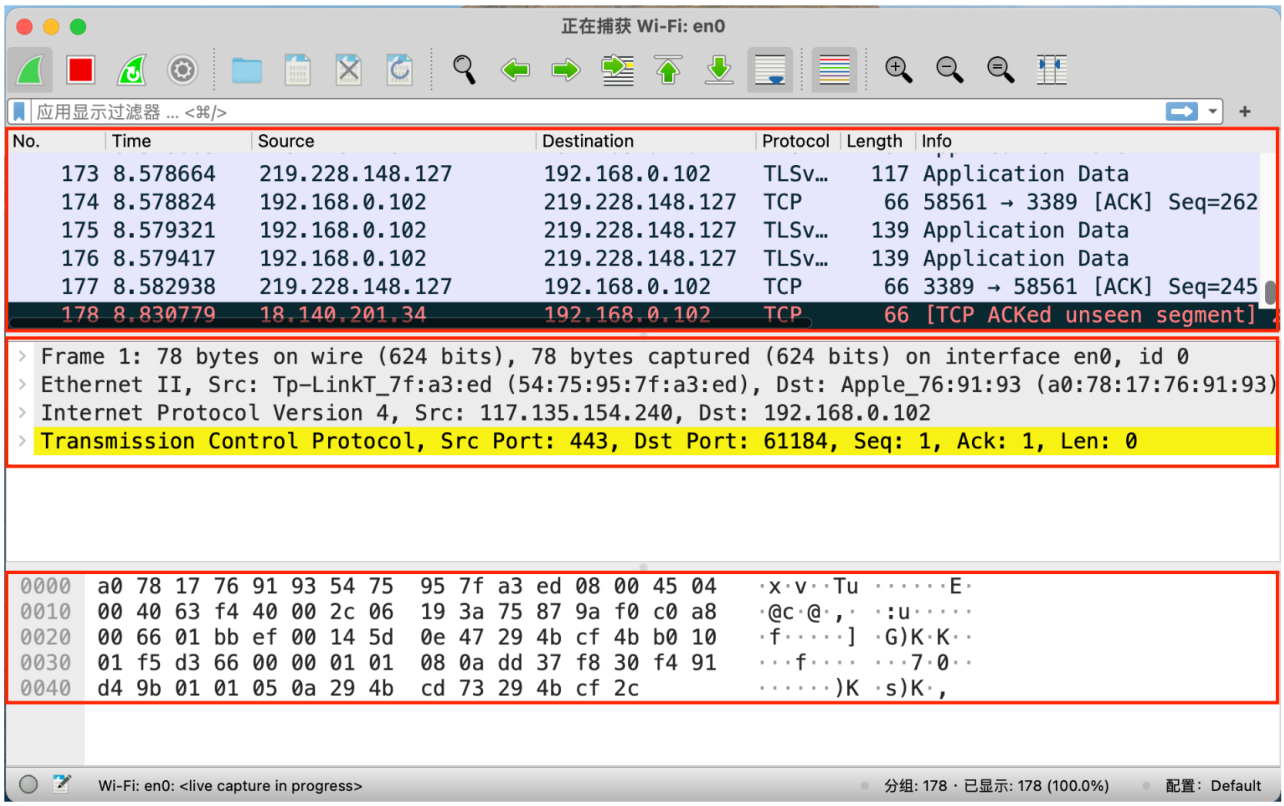
- 注意：安装过程中在额外安装 Npcap 时，一定要取消勾选下图所示选项。



- 打开Wireshark软件，选择你用的网卡（一般呈折线形变化）



- 双击选择的网卡之后，Wireshark会自动抓取通过该网卡的网络包

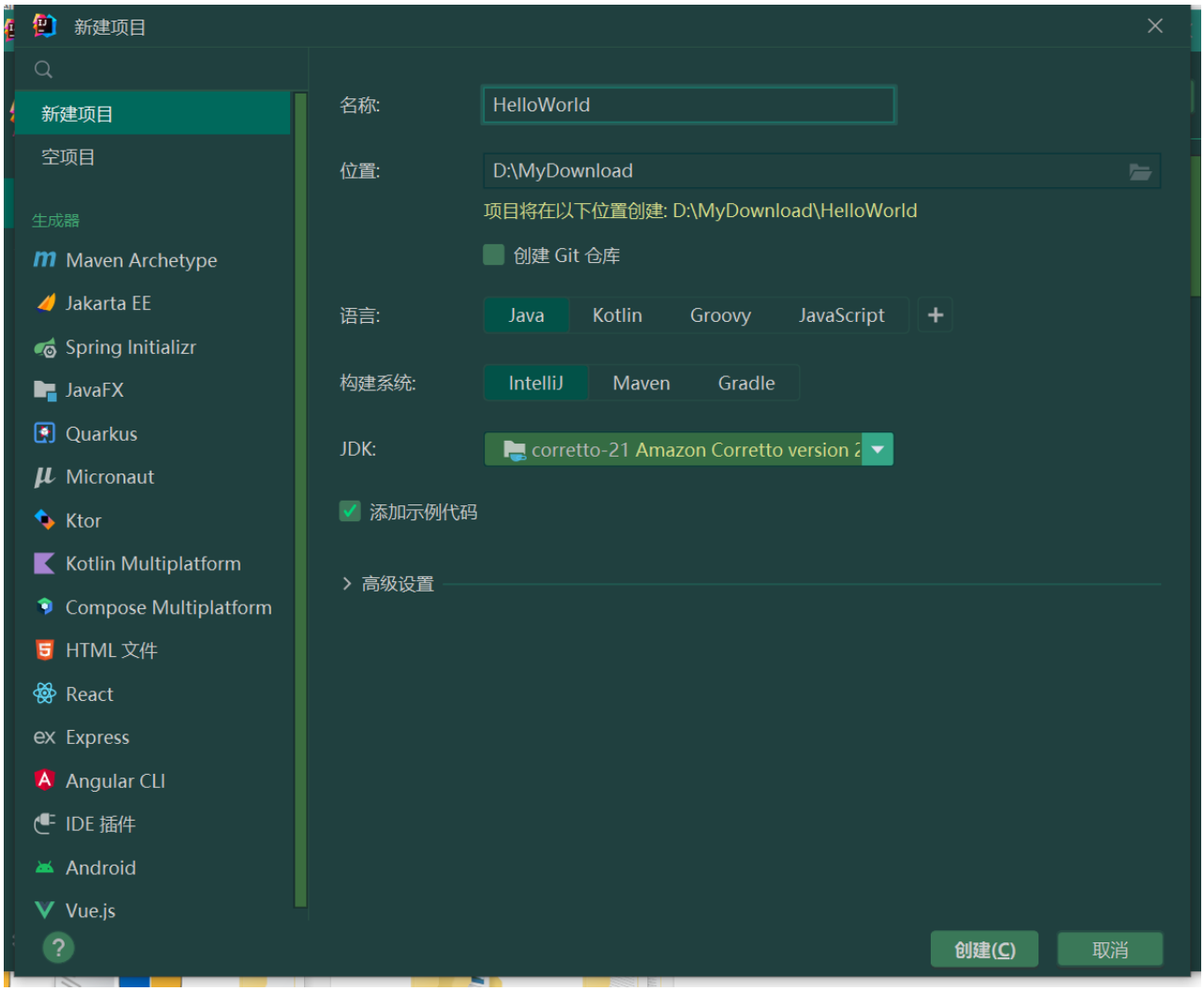


3. IDEA 运行示例代码

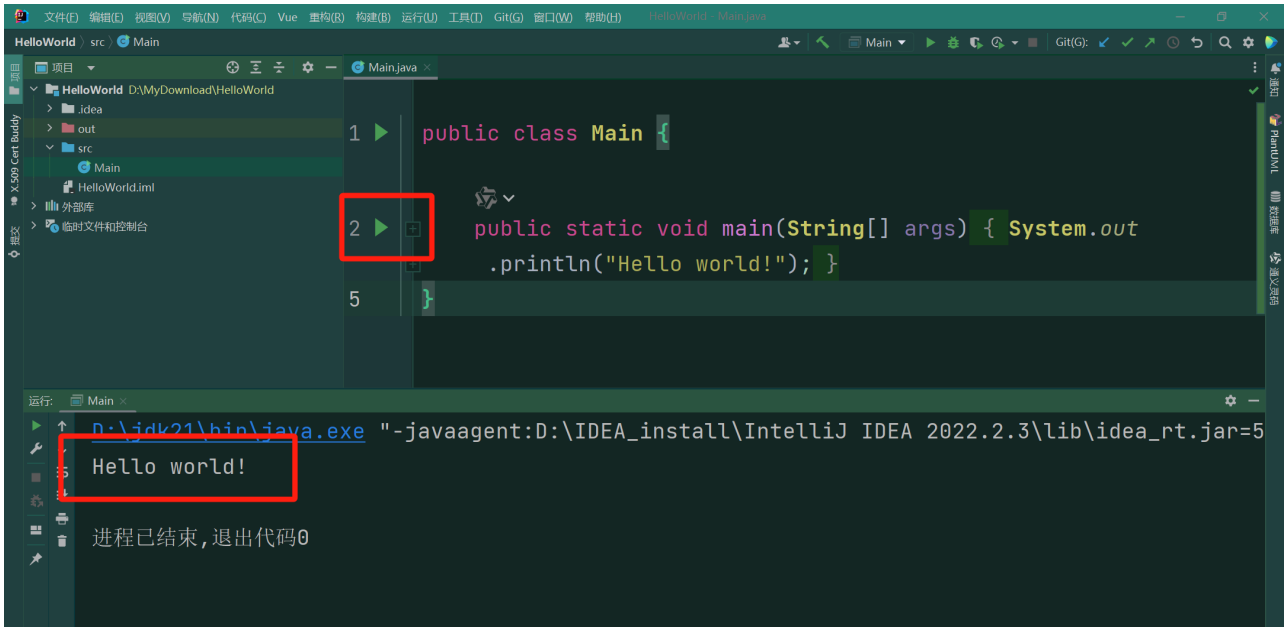
- 从下面网站了解 Java 的语法知识，学习以下知识点
  - 基本数据类型、操作符、控制流程
  - 数组、字符串、I/O、类和对象
  - 继承、多态、接口、抽象类

- **网站链接**：https://www.runoob.com/java/java-tutorial.html

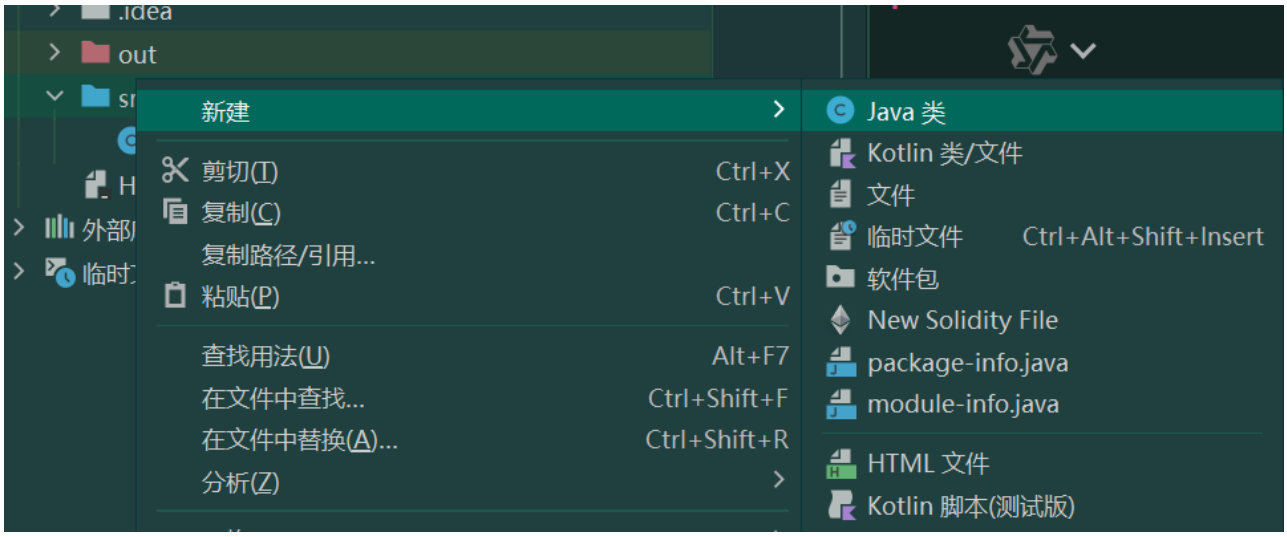
- IDEA 运行 Java 代码
  - 新建项目



  - 运行 Main 类，点击上面红框运行得到结果



  - 在 src 目录添加新的 Java 类



- 理解并运行示例代码
  - Lab1：Java 基本数据类型、操作符、控制流程

```java
/**
 * Java 基础
 */
public class Lab1 {
    public static void main(String[] args) {
        // 1. 基本数据类型
        int intVar = 10;        // 整型
        double doubleVar = 20.5; // 浮点型
        char charVar = 'A';     // 字符型
        boolean boolVar = true; // 布尔型

        // 2. 操作符示例
        int sum = intVar + 5;  // 加法运算
        int diff = intVar - 3; // 减法运算
        int product = intVar * 2; // 乘法运算
        int quotient = intVar / 2; // 除法运算
        int remainder = intVar % 3; // 取模运算

        // 3. 关系运算符
        boolean isGreater = intVar > 5; // 大于
        boolean isEqual = intVar == 10; // 等于

        // 4. 逻辑运算符
        boolean andResult = (intVar > 5) && (doubleVar < 30); // 逻辑与
        boolean orResult = (intVar > 15) || (doubleVar > 10); // 逻辑或

        // 5. 条件控制流程
        if (intVar > 5) {
```

```
            System.out.println("intVar大于5");
        } else {
            System.out.println("intVar不大于5");
        }

        // 6. switch 语句
        switch (charVar) {
            case 'A':
                System.out.println("字符是A");
                break;
            case 'B':
                System.out.println("字符是B");
                break;
            default:
                System.out.println("字符不是A或B");
        }

        // 7. 循环控制
        // for循环
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            System.out.println("循环次数: " + i);
        }

        // while循环
        int count = 0;
        while (count < 3) {
            System.out.println("while循环: " + count);
            count++;
        }

        // do-while循环
        int num = 0;
        do {
            System.out.println("do-while循环: " + num);
            num++;
        } while (num < 3);
    }
}
```

输出结果:

```
intVar大于5
字符是A
循环次数: 0
循环次数: 1
循环次数: 2
循环次数: 3
循环次数: 4
while循环: 0
while循环: 1
while循环: 2
do-while循环: 0
do-while循环: 1
do-while循环: 2
```

- Lab2：Java 数组

```java
import java.util.Arrays;

/**
 * Java 数组
 */
public class Lab2 {
    public static void main(String[] args) {
        // Java 数组
        // 1. 创建数组
        int[] numbers = {5, 2, 8, 1, 3};
        System.out.println("原始数组: " + Arrays.toString(numbers));

        // 2. 排序数组
        Arrays.sort(numbers);
        System.out.println("排序后: " + Arrays.toString(numbers));

        // 3. 查找元素（二分查找，需先排序）
        int index = Arrays.binarySearch(numbers, 3);
        System.out.println("元素 3 的索引: " + index);

        // 4. 填充数组
        int[] filledArray = new int[5];
        Arrays.fill(filledArray, 7);
        System.out.println("填充后的数组: " +
Arrays.toString(filledArray));

        // 5. 复制数组
        int[] copiedArray = Arrays.copyOf(numbers, numbers.length);
```

```
        System.out.println("复制的数组: " +
Arrays.toString(copiedArray));

        // 6. 遍历数组
        System.out.print("遍历数组: ");
        for (int num : numbers) {
            System.out.print(num + " ");
        }
        System.out.println();

        // 7. 修改数组元素
        numbers[2] = 10; // 修改索引 2 处的元素值
        System.out.println("修改后数组: " +
Arrays.toString(numbers));
    }
}
```

输出结果:

```
原始数组: [5, 2, 8, 1, 3]
排序后: [1, 2, 3, 5, 8]
元素 3 的索引: 2
填充后的数组: [7, 7, 7, 7, 7]
复制的数组: [1, 2, 3, 5, 8]
遍历数组: 1 2 3 5 8
修改后数组: [1, 2, 10, 5, 8]
```

- Lab3：Java 字符串

```
/**
 * Java 字符串
 */
public class Lab3 {
    public static void main(String[] args) {
        // 1. 创建字符串
        String str = "Hello, Java!";
        System.out.println("原始字符串: " + str);

        // 2. 获取字符串长度
        System.out.println("字符串长度: " + str.length());

        // 3. 字符串拼接
        String str2 = " Welcome!";
        String concatenated = str.concat(str2);
        System.out.println("拼接后: " + concatenated);
```

```
17
18          // 4. 查找子字符串
19          int index = str.indexOf("Java");
20          System.out.println("'Java' 的索引: " + index);
21
22          // 5. 替换字符串
23          String replacedStr = str.replace("Java", "World");
24          System.out.println("替换后: " + replacedStr);
25
26          // 6. 大小写转换
27          System.out.println("大写: " + str.toUpperCase());
28          System.out.println("小写: " + str.toLowerCase());
29
30          // 7. 字符串拆分
31          String[] words = str.split(", ");
32          System.out.println("拆分后的单词:");
33          for (String word : words) {
34              System.out.println(word);
35          }
36
37          // 8. 去除首尾空格
38          String spacedStr = "  Trim Me  ";
39          System.out.println("去空格前: '" + spacedStr + "'");
40          System.out.println("去空格后: '" + spacedStr.trim() + "'");
41      }
42  }
```

输出结果:

```
1  原始字符串: Hello, Java!
2  字符串长度: 12
3  拼接后: Hello, Java! Welcome!
4  'Java' 的索引: 7
5  替换后: Hello, World!
6  大写: HELLO, JAVA!
7  小写: hello, java!
8  拆分后的单词:
9  Hello
10 Java!
11 去空格前: '  Trim Me  '
12 去空格后: 'Trim Me'
```

- Lab4：Java I/O 类

```
1  import java.io.PrintWriter;
```

```java
import java.util.Scanner;

public class Lab4 {
    public static void main(String[] args) {
        // 创建 Scanner 对象，从标准输入（键盘）读取用户输入
        Scanner sc = new Scanner(System.in);

        // 创建 PrintWriter 对象，输出到标准输出（控制台）
        PrintWriter pw = new PrintWriter(System.out);

        // 循环读取输入，直到输入结束
        while (sc.hasNext()) { // hasNext() 方法检查是否还有输入
            String line = sc.next(); // 读取一个单词（以空格或换行符分隔）

            // 1. 直接使用 System.out.println 输出到控制台
            System.out.println("收到输入的字符串为:" + line);

            // 2. 使用 PrintWriter 进行输出
            pw.println("收到输入的字符串为:" + line);

            // 强制刷新 PrintWriter 缓冲区，确保数据被立即输出
            pw.flush(); // 试试将此行注释掉，观察输出的变化
        }

        // 关闭 Scanner 对象
        sc.close();
    }
}
```

输出结果:

```
ecnu
收到输入的字符串为:ecnu
收到输入的字符串为:ecnu
华东师范大学
收到输入的字符串为:华东师范大学
收到输入的字符串为:华东师范大学
dase
收到输入的字符串为:dase
收到输入的字符串为:dase
```

- Lab5：Java 继承、接口、多态

```java
// 定义动物接口，包含动物的基本行为
```

```java
interface AnimalActions {
    void eat(); // 吃东西
    void sleep(); // 睡觉
}

// 定义抽象动物类，实现 AnimalActions 接口
public abstract class Animal implements AnimalActions {
    protected String name;
    protected int age;

    // 构造方法，初始化动物的名称和年龄
    public Animal(String name, int age) {
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    // 介绍动物的方法
    public void introduce() {
        System.out.printf("大家好！我是 %s，今年 %d 岁。\n", name, age);
    }

    // 抽象方法，要求子类必须实现
    public abstract void makeSound();
}

// 具体的动物类 - 企鹅
class Penguin extends Animal {
    public Penguin(String name, int age) {
        super(name, age);
    }

    // 实现吃的方法
    @Override
    public void eat() {
        System.out.println(name + " 正在吃鱼");
    }

    // 实现睡觉的方法
    @Override
    public void sleep() {
        System.out.println(name + " 正在睡觉");
    }

    // 重写 makeSound 方法
    @Override
```

```
    public void makeSound() {
        System.out.println(name + " 发出了呱呱的叫声");
    }
}

// 具体的动物类 - 老鼠
class Mouse extends Animal {
    public Mouse(String name, int age) {
        super(name, age);
    }

    // 实现吃的方法
    @Override
    public void eat() {
        System.out.println(name + " 正在吃奶酪");
    }

    // 实现睡觉的方法
    @Override
    public void sleep() {
        System.out.println(name + " 正在睡觉");
    }

    // 重写 makeSound 方法
    @Override
    public void makeSound() {
        System.out.println(name + " 发出了吱吱的叫声");
    }
}

```

```
public class Lab5 {
    public static void main(String[] args) {
        Animal penguin = new Penguin("企鹅小白", 3);
        Animal mouse = new Mouse("小鼠米米", 1);

        penguin.introduce();
        penguin.eat();
        penguin.sleep();
        penguin.makeSound();

        System.out.println();

        mouse.introduce();
        mouse.eat();
```

```
        mouse.sleep();
        mouse.makeSound();
    }
}
```

输出结果:

```
大家好！我是 企鹅小白，今年 3 岁。
企鹅小白 正在吃鱼
企鹅小白 正在睡觉
企鹅小白 发出了呱呱的叫声

大家好！我是 小鼠米米，今年 1 岁。
小鼠米米 正在吃奶酪
小鼠米米 正在睡觉
小鼠米米 发出了吱吱的叫声
```

- Lab6：Java 异常

```
public class Lab6 {

    public static void test1(){
        int[] scores = {85, 90, 78, 102, -5}; // 包含无效成绩

        try {
            // 1. 成绩超出 100，抛出 IllegalArgumentException 异常
            double average = calculateAverage(scores);
            System.out.println("平均成绩: " + average);
        } catch (ArithmeticException e) {
            System.err.println("数学计算错误: " + e.getMessage());
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
            System.err.println("数组索引越界: " + e.getMessage());
        } catch (IllegalArgumentException e) {
            System.err.println("非法参数: " + e.getMessage());
        }
    }

    public static void test2(){
        int[] scores = {85, 90, 78, 102, -5}; // 包含无效成绩
        try {
            // 2. 访问越界位置，抛出 ArrayIndexOutOfBoundsException 异常
            int invalidScore = scores[scores.length]; // 触发异常
            System.out.println("无效成绩: " + invalidScore);
        } catch (ArithmeticException e) {
```

```
            System.err.println("数学计算错误: " + e.getMessage());
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
            System.err.println("数组索引越界: " + e.getMessage());
        } catch (IllegalArgumentException e) {
            System.err.println("非法参数: " + e.getMessage());
        }
    }

    public static void test3(){
        try {
            // 3. 除零错误，抛出 ArithmeticException 异常
            int zero = 0;
            int result = 100 / zero; // 触发异常
            System.out.println("计算结果: " + result);
        } catch (ArithmeticException e) {
            System.err.println("数学计算错误: " + e.getMessage());
        } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
            System.err.println("数组索引越界: " + e.getMessage());
        } catch (IllegalArgumentException e) {
            System.err.println("非法参数: " + e.getMessage());
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        test1();
        test2();
        test3();
    }

    public static double calculateAverage(int[] scores) {
        if (scores == null || scores.length == 0) {
            throw new IllegalArgumentException("成绩列表不能为空");
        }

        int sum = 0;
        for (int score : scores) {
            if (score < 0 || score > 100) {
                throw new IllegalArgumentException("无效的成绩: " +
score);
            }
            sum += score;
        }
        return (double) sum / scores.length;
    }
}

```

输出结果:

```
非法参数: 无效的成绩: 102
数组索引越界: Index 5 out of bounds for length 5
数学计算错误: / by zero
```

4. Java 多线程

4.1 线程创建

4.1.1 继承 Thread 类创建线程

通过继承 **Thread** 类来创建并启动多线程的一般步骤如下：

1. 定义 Thread 类的子类，并重写该类的 run() 方法，该方法的方法体就是线程需要完成的任务，即线程的执行体。
2. 创建 Thread 子类的实例，创建一个线程对象。
3. 调用线程的 start() 方法，启动线程。

示例代码如下所示：

```
class ThreadTest01 extends Thread{

    @Override
    public void run() {
        System.out.println(Thread.currentThread().getName());
    }

    public static void main(String[] args){
        ThreadTest01 mthread1 = new ThreadTest01();
        ThreadTest01 mthread2 = new ThreadTest01();
        ThreadTest01 mthread3 = new ThreadTest01();

        mthread1.start();
        mthread2.start();
        mthread3.start();
    }
}
```

4.1.2 实现Runnable接口创建线程

通过实现 **Runnable** 接口创建并启动线程一般步骤如下：

1. 定义 Runnable 接口的实现类，一样要重写 run() 方法，这个 run() 方法和 Thread 中的 run() 方法一样是线程的执行体。

2. 创建 Runnable 实现类的实例，并用这个实例作为 Thread 的 target 来创建 Thread 对象，这个 Thread 对象才是真正的线程对象。
3. 第三步依然是通过调用线程对象的 start() 方法来启动线程。

示例代码如下所示：

```
public class ThreadTest02 implements Runnable{
    @Override
    public void run() {
        System.out.println(Thread.currentThread().getName());
    }

   public static void main(String[] args){
       ThreadTest02 tr = new ThreadTest02();
       Thread thread1 = new Thread(tr, "线程1");
       Thread thread2 = new Thread(tr, "线程2");
       Thread thread3 = new Thread(tr, "线程3");

       thread1.start();
       thread2.start();
       thread3.start();
   }
}
```

4.2 线程控制

4.2.1 线程 join()

线程 join 可以让一个线程等待另一个线程执行完毕以后再执行，例如，若在 A 线程中调用了 B 线程的 join 方法，只有当 B 线程执行完毕时，A 线程才能继续执行。

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

    ThreadTest01 thread1 = new ThreadTest01();
    thread1.start();
    thread1.join();
    //...
}
//...
```

1. 线程 join 的作用：主要作用是同步，它可以使得线程之间的并行执行变为串行执行.
2. join 和 start 调用顺序问题：join() 方法必须在线程 start() 方法调用之后调用才有意义。一个线程都还未开始运行，同步是不具有任何意义的。

```
public class ThreadTest03 implements Runnable{
    @Override
    public void run(){
        System.out.println(Thread.currentThread().getName());
    }

    public static void main(String[] args) throws InterruptedException
{
        ThreadTest03 join = new ThreadTest03();
        Thread thread1 = new Thread(join, "上课铃响");
        Thread thread2 = new Thread(join, "老师上课");
        Thread thread3 = new Thread(join, "下课铃响");
        Thread thread4 = new Thread(join, "老师下课");

        thread1.start();
        thread2.start();
        thread3.start();
        thread4.start();
    }
}
```

4.2.2 守护线程

Java 中有一种线程只在后台运行，为其他线程提供服务，这种线程就是守护线程（Daemon Thread）。JRE 判断程序是否执行结束的标准是所有的前台线程（用户线程）执行完毕了，而不管后台线程（守护线程）的状态。

```
public static void main(String[] args) {
    ThreadTest01 thread1 = new ThreadTest01();
    thread1.setDaemon(true);
    thread1.start();
}
```

守护线程的作用是为其他线程提供便利服务，如负责线程调度的线程，守护线程最典型的应用就是 GC (垃圾回收器)。守护线程不应该去访问固有资源，如文件、数据库，因为不知在何时守护线程可能就结束了。

```
public class ThreadTest04 implements Runnable{
    @Override
    public void run(){
        int worktime = 0;

        while(true){
            System.out.println("助教在教室的第"+ worktime +"秒");
            try{
```

```
                Thread.sleep(1000);
            }catch (InterruptedException e){
                e.printStackTrace();
            }
            worktime ++;
        }
    }

    public static void main(String[] args) throws
InterruptedException{
        ThreadTest04 inClassroom = new ThreadTest04();
        Thread thread = new Thread(inClassroom,"助教");
        thread.start();
        for(int i = 0; i < 10; i++){
            Thread.sleep(1000);
            System.out.println("同学们正在上课");
            if(i == 9){
                System.out.println("同学们下课了");
            }
        }}
}
```

4.2.3 线程优先级

线程的优先级用 1-10 之间的整数表示，数值越大优先级越高，默认的优先级为 5。线程的优先级仍然无法保障线程的执行次序。只不过，优先级高的线程获取 CPU 资源的概率较大，优先级低的并非没机会执行。

高优先级的线程比低优先级的线程有更高的几率得到执行，实际上这和操作系统及虚拟机版本相关，有可能即使设置了线程的优先级也不会产生任何作用。

```
public class ThreadTest05 implements Runnable{
    @Override
    public void run(){
        for(int i = 1; i < 10; i++){
            System.out.println("线程"+ Thread.currentThread().getName()
+"第 " + i + " 次执行！");
        }
    }
    public static void main(String[] args) throws
InterruptedException{
        Thread t1 = new Thread(new ThreadTest05(), "线程1");
        Thread t2 = new Thread(new ThreadTest05(), "线程2");

        // 设置线程优先级
        t1.setPriority(10);
```

```
        t2.setPriority(1);

        t1.start();
        t2.start();
    }
}
```

4.2.4 线程让步

线程让步是指**当前正在执行的线程**主动请求**让出 CPU 资源**，使调度器重新选择可运行的线程执行。

```
class MyRunnable implements Runnable{
    @Override
    public void run(){
        for(int i = 1; i < 100; i++){
            //...
            Thread.yield();
        }}
}
```

yield() 方法会使**当前线程进入就绪状态**，让出 CPU 资源，并等待调度器重新分配执行权。调用 yield() 后，CPU 调度可能会选择运行**优先级等于或高于当前线程的其他可运行线程**，但不会强制发生线程切换，也不能保证让出的线程不会被再次立即调度执行。

```
package thread;

class MyRunnable01 implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        for (int i = 1; i < 100; i++) {
            System.out.println("线程 " + Thread.currentThread().getName() + " 第 " + i + " 次执行！");
            Thread.yield(); // 让出 CPU
        }
    }
}

class MyRunnable02 implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        for (int i = 1; i < 100; i++) {
            System.out.println("线程 " + Thread.currentThread().getName() + " 第 " + i + " 次执行！");
            Thread.yield(); // 让出 CPU
```

```
        }
    }
}

public class ThreadTest06 {
    public static void main(String[] args) {
        Thread t1 = new Thread(new MyRunnable01(), "线程1");
        Thread t2 = new Thread(new MyRunnable02(), "线程2");

        // 设置线程优先级（测试优先级对 yield() 影响）
        t1.setPriority(Thread.MIN_PRIORITY); // 最低优先级
        t2.setPriority(Thread.MAX_PRIORITY); // 最高优先级

        t1.start();
        t2.start();
    }
}
```

4.3 线程同步

在多线程编程的绝大多数情况下，如何来确保多个线程对**共享资源**的访问是**安全**、**有序**且**不会产生数据竞争或并发问题?**

4.3.1 示例引入

- 假设现在有一个整型变量，值为 1000，有多个线程对该变量进行操作。其中一部分线程对变量进行加 1 操作，另外一部分线程对变量进行减 1 操作。
- 假设进行加 1 和减 1 的线程数目是一样的，且每次改变（加/减）的值都是 1 ，那么当所有线程执行结束后，变量的值还一定是 1000 吗?

4.3.2 代码验证

- 编写PlusMinus基础类

```
public class PlusMinus {
    public volatile int num;

    public void plusOne() {
        num = num + 1;
    }

    public void minusOne() {
        num = num - 1;
    }

    public int printNum() {
```

```
        return num;
    }
}
```

- 编写TestPlusMinus01测试类

```
public class TestPlusMinus01 {
    public static void main(String[] args) {
        PlusMinus plusMinus = new PlusMinus();
        plusMinus.num = 1000; // 初始值设置为1000
        int threadNum = 1000; // 线程数目设置为1000

        Thread[] plusThreads = new Thread[threadNum];
        Thread[] minusThreads = new Thread[threadNum];

        for (int i = 0; i < threadNum; i++) {
            /* Java匿名类写法，实现临时创建一个新的类对象，且不需要定义类名 */
            Thread thread1 = new Thread() {
                @Override
                public void run() {
                    try {
                        sleep(1000);
                    } catch (InterruptedException e) {
                        e.printStackTrace();
                    }
                    plusMinus.plusOne();
                }
            };

            Thread thread2 = new Thread() {
                @Override
                public void run() {
                    try {
                        sleep(1000);
                    } catch (InterruptedException e) {
                        e.printStackTrace();
                    }
                    plusMinus.minusOne();
                }
            };
            thread1.start();
            thread2.start();
            plusThreads[i] = thread1;
            minusThreads[i] = thread2;
        }

```

```
        for (Thread thread : plusThreads) { // 等待所有加一线程结束
            try {
                thread.join();
            } catch (InterruptedException e) { // 等待所有减一线程结束
                e.printStackTrace();
            }
        }

        for (Thread thread : minusThreads) {
            try {
                thread.join();
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
        System.out.println("所有线程结束后的num值为：" +
plusMinus.printNum());
    }
}
```

4.3.3 原因分析

1. 负责加 1 的线程先运行，此时它得到的 num 值为 1000。
2. 负责加 1 的线程做加法运算。
3. 正在做加法运算的时候，还没来得及修改 num 的值，负责减法的线程开始执行了。
4. 负责减法的线程得到的 num 值也是 1000。
5. 负责减法的线程进行减法运算。
6. 负责加法的线程运算结束，得到num值为 1001，并把这个值赋值给 num。
7. 负责减法的线程运算结束，得到num值为 999，并把这个值赋值给 num。
8. num 最后的值为 999。

4.3.4 解决办法

在线程访问 num 期间，其他线程不可以访问 num 。

1. 加法线程获取 num 的值，并进行运算。
2. 在运算期间，如果减法线程试图获取 num 的值，不被允许。
3. 加法运算结束，成功修改 num 值为 1001。
4. 减法线程在加法线程全部执行完成后，读取 num 值，为 1001。
5. 执行减法运算，得到新的 num 值为 1000。

4.3.5 synchronized 关键字

synchronized 表示当前线程单独占有对象 object1 (即锁对象，锁对象可以是任意对象)，如果有其他线程也试图占有 object1，就会等待，直到当前线程释放对object1的占用。

```
Object object1 = new Object();
    synchronized (object1){
    // 此处的代码只有线程占用了object1之后才可以运行
}
```

当一个线程访问某个对象的一个 synchronized(this) 同步代码块时，另一个线程仍然可以访问该对象中的非synchronized(this) 同步代码块。

synchronized 同样也可以修饰整个函数，就是在方法的前面加 synchronized。

```
public synchronized void functionName(){
    // 需要被同步的代码块
}
```

编写 TestPlusMinus02 测试类，用 synchronized 来解决之前的问题。也可以将 PlusMinus 中的方法加上 synchronized，也可以解决。

```
public class TestPlusMinus02 {
    // 锁对象
    private static final Object lock = new Object();

    public static void main(String[] args) {
        PlusMinus plusMinus = new PlusMinus();
        plusMinus.num = 1000; // 初始值设置为1000
        int threadNum = 1000; // 线程数目设置为1000

        Thread[] plusThreads = new Thread[threadNum];
        Thread[] minusThreads = new Thread[threadNum];

        for (int i = 0; i < threadNum; i++) {
            /* Java匿名类写法，实现临时创建一个新的类对象，且不需要定义类名 */
            Thread thread1 = new Thread(() -> {
                try {
                    Thread.sleep(1000);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }

                // 当前线程占有 lock 后才能执行加一操作
                try {
                    synchronized (lock) {
```

```
                        plusMinus.plusOne();
                    }
                } catch (Exception e) {
                    e.printStackTrace();
                }

            });

            Thread thread2 = new Thread(() -> {
                try {
                    Thread.sleep(1000);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
                // 当前线程占有 lock 后才能执行减一操作
                try {
                    synchronized (lock) {
                        plusMinus.minusOne();
                    }
                } catch (Exception e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            });
            thread1.start();
            thread2.start();
            plusThreads[i] = thread1;
            minusThreads[i] = thread2;
        }

        for (Thread thread : plusThreads) { // 等待所有加一线程结束
            try {
                thread.join();
            } catch (InterruptedException e) { // 等待所有减一线程结束
                e.printStackTrace();
            }
        }

        for (Thread thread : minusThreads) {
            try {
                thread.join();
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
        System.out.println("所有线程结束后的num值为: " +
plusMinus.printNum());
```

```
    }
}
```

4.3.6 线程死锁

- 死锁是由于程序员代码设计的问题导致的一类问题。
- Java 中通过 synchronized 解决同步问题时，若发生死锁，没有办法自动解锁。

4.3.7 代码验证

- 编写 DeadLock 测试类

```
public class DeadLock {

    public static void main(String[] args){
        PlusMinus plusMinus1 = new PlusMinus();
        plusMinus1.num = 1000;

        PlusMinus plusMinus2 = new PlusMinus();
        plusMinus2.num = 1000;

        Thread thread1 = new Thread(() -> {
            synchronized (plusMinus1){
                System.out.println("thread1 正在占用 plusMinus1");

                try {
                    Thread.sleep(1000);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }

                System.out.println("thread1 试图继续占用 plusMinus2");
                System.out.println("thread1 等待中...");
                synchronized (plusMinus2){
                    System.out.println("thread1 成功占用了 plusMinus2
");
                }}});

        thread1.start();
        Thread thread2 = new Thread(() -> {
            synchronized (plusMinus2){
                System.out.println("thread2 正在占用 plusMinus2");

                try {
                    Thread.sleep(1000);
                } catch (InterruptedException e) {
```

```
                    e.printStackTrace();
                }

                System.out.println("thread2 试图继续占用 plusMinus1");
                synchronized (plusMinus1){
                    System.out.println("thread1 成功占用了 plusMinus1
");
                }}});
        thread2.start();
    }
}
```

4.4 线程交互

4.4.1 示例引入

- 在多线程场景中，线程之间可能涉及交互。
- 例如对于一个 int 变量，有两个线程对它操作，一个每次加 1，一个每次减 1。对于减 1 的线程，如果它发现变量值此时为 1 就停止它的操作，直到变量值大于 1 才继续减。
- 修改 PlusMinus 基础类：

```
public class PlusMinusSynchronized {
    public volatile int num;

    public void plusOne(){
        synchronized (this){
            this.num = this.num + 1;
            printNum();
        }}

    public void minusOne() {
        synchronized (this) {
            this.num = this.num - 1;
            printNum();
        }}

    public void printNum(){
        System.out.println("num = " + this.num);
    }
}
```

- 编写 TestPlusMinusSynchronized 类，测试线程交互

```
public class TestPlusMinusSynchronized {

```

```
    public static void main(String[] args) {
        PlusMinusSynchronized plusMinus = new PlusMinusSynchronized();
        plusMinus.num = 100;

        Thread thread1 = new Thread(() -> {
            while (true) {
                if (plusMinus.num == 1) {
                    continue;
                }

                plusMinus.minusOne();

                try {
                    Thread.sleep(10);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        });
        thread1.start();

        Thread thread2 = new Thread(() -> {
            while (true) {
                plusMinus.plusOne();

                try {
                    Thread.sleep(100);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        });
        thread2.start();
    }
}
```

4.4.2 使用 wait 和 notify

- 运行 **4.4.1** 的代码可以发现，线程大量占用 CPU 导致整体性能下降。
- wait 和 notify 都是 Object 的方法。
- wait：让占用了这个同步对象的线程临时释放占用的资源，回到就绪状态等待。wait 的调用应该在synchronized 代码里，表示已经获取了相关资源。
- notify：唤醒一个等待占用同步对象的线程。

利用 wait 和 notify 优化线程交互，避免线程大量占用。

- 编写 PlusMinusImproved 类

```
public class PlusMinusImproved {
    public volatile int num;

    public synchronized void plusOne() {
        num++;
        System.out.println("Plus: " + num);
        notify(); // 通知等待的线程
    }

    public synchronized void minusOne() {
        while (num <= 1) {
            try {
                wait(); // 如果 num <= 1，进入等待状态
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
        num--;
        System.out.println("Minus: " + num);
        notify(); // 通知等待的线程
    }
}
```

- 编写 TestPlusMinusImproved 类

```
public class TestPlusMinusImproved {

    public static void main(String[] args) {
        PlusMinusImproved plusMinus = new PlusMinusImproved();
        plusMinus.num = 100;

        Thread thread1 = new Thread(() -> {
            while (true) {
                plusMinus.minusOne();

                try {
                    Thread.sleep(10);
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        });
        thread1.start();
```

```
19
20          Thread thread2 = new Thread(() -> {
21              while (true) {
22                  plusMinus.plusOne();
23
24                  try {
25                      Thread.sleep(100);
26                  } catch (InterruptedException e) {
27                      e.printStackTrace();
28                  }
29              }
30          });
31          thread2.start();
32      }
33  }
```

五、实验报告

任务一

编写一个多线程程序，采用创建线程的两种方式，创建两个线程，一个线程负责打印字母，一个线程负责打印数字，要求最终打印出来的结果的为 **a1b23c456d7891e23456**，将关键代码和实现思路写入报告中。

任务二

编写一个多线程程序，模拟车站三个售票窗口同时进行售票、退票和新进票的操作，将关键代码和实现思路写入报告中。具体要求如下：

1. **售票**：
    - 每个窗口可以同时出售车票。
    - 购票时可能存在购买多张车票的情况。
    - 如果余票充足，则必须出售车票。
    - 如果余票不足，购票者可以选择：
        - 继续等待，直到有足够的车票。
        - 直接离开。
2. **退票**：
    - 每个窗口可以同时处理退票。
    - 退票时可能存在退多张车票的情况。
    - 退票成功后，余票数量增加。
3. **新进票**：

- 车站会定期新进一定数量的车票。
- 新进票后，如果有购票者在等待，应通知他们。

4. **同步要求**：
   - 多个窗口同时操作车票时，需要保证线程安全。
   - 购票时若无足量余票，购票者应进入等待状态，直到有新票进入或被其他购票者释放资源。
   - 退票和新进票操作应通知等待的购票者。
5. **输出要求**：
   - 每次售票、退票或新进票时，输出操作详情（如：窗口编号、操作类型、票数、余票数量等）。
   - 输出参考格式如下，不限定。

```
初始所有窗口票数为: 20
窗口 3 售出 5 张票，余票: 15
窗口 1 售出 5 张票，余票: 10
窗口 2 退票 1 张，余票: 11
窗口 1 售出 5 张票，余票: 6
窗口 2 售出 4 张票，余票: 2
窗口 3 退票 1 张，余票: 3
窗口 3 售出 3 张票，余票: 0
窗口 2 余票不足，购票者等待...
窗口 1 退票 1 张，余票: 1
窗口 2 售出 1 张票，余票: 0
窗口 3 退票 3 张，余票: 3
窗口 1 售出 2 张票，余票: 1
窗口 2 余票不足，购票者等待...
窗口 1 余票不足，购票者等待...
窗口 3 余票不足，购票者等待...
新进票 10 张，余票: 11
窗口 2 售出 4 张票，余票: 7
窗口 1 售出 4 张票，余票: 3
```

   - 输出解释

输出第 1 行：初始化所有窗口的票数总和为 20 张票。
输出第 2 行：顾客在窗口 3 购买 5 张票，总票数剩余 15 张。（注：购票的窗口编号和数量可以用随机数模拟）
输出第 3 行：顾客在窗口 1 购买 5 张票，总票数剩余 10 张。
输出第 4 行：顾客在窗口 2 退了 1 张票，总票数剩余 11 张。（注：退票的窗口编号和数量可以用随机数模拟）
...
输出第 9 行：顾客想在窗口 2 购票，但是总票数为 0，陷入等待状态。
...
输出第 17 行：车站新进票 10 张，总票数剩余 11 张，可以通知购票的顾客进行购票。（注：购票的顾客和退票的顾客可以用两个线程来模拟）