

多线程

一、概述

- **线程(Thread)**: 是一个程序内部的一条执行流程。
 - **单线程程序**: 如果一个程序内部只有一条执行流程，则称这个程序是一个单线程程序。
 - **多线程**: 是指从软硬件上实现的多条执行流程的技术（多条线程由CPU负责调度执行）。
-

二、创建多线程

Important

`java.lang.Thread` 类代表线程。

2.0 注意事项

- 启动线程必须调用 `start` 方法，而非 `run` 方法。
 - 直接调用 `run` 方法会被当成普通方法执行，此时相当于还是单线程程序。
 - 只有调用 `start` 方法才是启动一个新的线程执行。
 - 不要把主线程任务放在启动子线程之前，否则会导致主线程任务执行完毕后才启动子线程，失去了多线程的意义。
-

2.1 创建方式1：继承 `Thread` 类

P1 步骤

1. 创建一个子类 `MyThread` 并继承 `Thread` 类；
2. 重写 `run()` 方法；
3. 创建子类的实例对象；
4. 调用线程对象的 `start()` 方法启动线程，`start()` 方法内部会去调用子类重写的 `run()` 方法。

P2 代码演示

- `ThreadTest1` 类：

```
1 package create_thread;
2
3 public class ThreadTest1 {
4     // main方法是由主线程负责执行的
5     public static void main(String[] args) {
6
7         Thread t = new MyThread();
8         // 启动后，实现了多线程：主线程 + t线程
9         t.start(); // start会去调用子类重写的run方法
10
11         for (int i = 0; i < 10; i++) {
12             System.out.println("Main Thread output: " + i);
13         }
14     }
15 }
```

- `MyThread` 类：

```
1 public class MyThread extends Thread {  
2     @Override  
3     public void run() {  
4         for (int i = 0; i < 10; i++) {  
5             System.out.println("child--My Thread output: " + i);  
6         }  
7     }  
8 }
```

- 控制台输出（每次输出结果都不同，仅截取其中某一次）：

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\CS-Softwares\IntelliJ IDEA 2021.3.3\lib\idea_rt.jar" -Dfile.encoding=UTF-8  
child--My Thread output: 0  
child--My Thread output: 1  
Main Thread output: 0  
Main Thread output: 1  
Main Thread output: 2  
Main Thread output: 3  
Main Thread output: 4  
Main Thread output: 5  
Main Thread output: 6  
Main Thread output: 7  
Main Thread output: 8  
child--My Thread output: 2  
Main Thread output: 9  
child--My Thread output: 3  
child--My Thread output: 4  
child--My Thread output: 5  
child--My Thread output: 6  
child--My Thread output: 7  
child--My Thread output: 8  
child--My Thread output: 9  
  
Process finished with exit code 0
```

P3 优缺点

- **优点：**编码简单。
- **缺点：**子线程类已经继承了 `Thread` 类，无法再继承其他类，不利于后续功能扩展。

2.2 创建方式2：实现 `Runnable` 接口

P1 步骤

1. 创建一个线程任务类 `MyRunnable` 并实现 `Runnable` 接口；
2. 重写 `run()` 方法；
3. 把 `MyRunnable` 线程任务对象作为参数传递给 `Thread` 的一个有参构造器，从而生成一个线程对象；
4. 调用该线程对象的 `start()` 方法启动线程。

P2 代码演示

- `ThreadTest2` 类：

```
1 public class ThreadTest2 {  
2     public static void main(String[] args) {  
3         Runnable target = new MyRunnable();  
4         new Thread(target).start();  
5  
6         for (int i = 0; i < 10; i++) {  
7             System.out.println("Main Thread output: " + i);  
8         }  
9     }  
10 }
```

- `MyRunnable` 类：

```
1 public class MyRunnable implements Runnable {  
2     @Override  
3     public void run() {  
4         for (int i = 0; i < 10; i++) {  
5             System.out.println("child--My Runnable output: " + i);  
6         }  
7     }  
8 }
```

- 控制台输出（每次输出结果都不同，仅截取其中某一次）：

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\CS-Software  
child--My Runnable output: 0  
child--My Runnable output: 1  
child--My Runnable output: 2  
child--My Runnable output: 3  
child--My Runnable output: 4  
child--My Runnable output: 5  
child--My Runnable output: 6  
Main Thread output: 0  
child--My Runnable output: 7  
Main Thread output: 1  
Main Thread output: 2  
Main Thread output: 3  
Main Thread output: 4  
Main Thread output: 5  
Main Thread output: 6  
Main Thread output: 7  
Main Thread output: 8  
child--My Runnable output: 8  
Main Thread output: 9  
child--My Runnable output: 9  
  
Process finished with exit code 0
```

P3 优缺点

- **优点：**线程任务类只是实现接口，可以继续继承其它类，实现其它接口，扩展性强。
- **缺点：**需要额外创建一个 `Runnable` 对象。

P4 使用匿名内部类简化上述代码

```
1 public class ThreadTest2_2 {  
2     public static void main(String[] args) {  
3         // Lambda表达式  
4         Runnable target = () -> {  
5             for (int i = 0; i < 10; i++) {  
6                 System.out.println("child output: " + i);  
7             }  
8         );  
9         new Thread(target).start();  
10    }  
11 }
```

2.3 创建方式3：利用 `Callable` 接口和 `FutureTask` 类

P0 引入背景

前两种创建方式都存在一个问题：假如线程执行完毕后有一些数据需要返回，由于 `run()` 方法的返回值为空，所以均不能直接返回结果。

因此，JDK5.0 提供了 `Callable` 接口和 `FutureTask` 类来解决这个问题。

P1 步骤

1. 创建一个类 `MyCallable` 并实现 `Callable` 接口；
2. 重写 `call` 方法，封装线程任务和要返回的数据；
3. 把 `Callable` 对象封装成 `FutureTask` 对象（线程任务对象）。
4. 把该线程任务对象作为参数传递给 `Thread` 的一个有参构造器，从而生成一个线程对象；

5. 调用该线程对象的 `start()` 方法启动线程；
6. 线程执行完毕后，可以通过 `FutureTask` 对象的 `get()` 方法去获取线程任务的执行结果。

⌚ Tip

可以采用匿名内部类简化步骤。

P2 代码演示

- `ThreadTest3` 类：

```
1 import java.util.concurrent.Callable;
2 import java.util.concurrent.FutureTask;
3
4 public class ThreadTest3 {
5     private static int n = 100;
6
7     public static void main(String[] args) throws Exception {
8
9         Callable<String> myCallable = () -> {
10             int sum = 0;
11             for (int i = 1; i <= n; i++) {
12                 sum += i;
13             }
14             return "child calculate the sum from 1 to " + n + ":" +
15             sum;
16         });
17
18         FutureTask<String> futureTask = new FutureTask<>(
19             myCallable);
20         new Thread(futureTask).start();
21
22         String result = futureTask.get();
23         System.out.println(result);
24     }
25 }
```

- 控制台输出：

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\C  
child calculate the sum from 1 to 100: 5050  
  
Process finished with exit code 0
```

P3 优缺点

- **优点：**
 - 线程任务类只是实现接口，可以继续继承其它类，实现其它接口，扩展性强。
 - 可以在线程执行完毕后获取到线程的执行结果。
- **缺点：**编码相对复杂一些。

三、 Thread 类的常用API

3.1 常用构造器

序号	构造器	说明
01	<code>public Thread(String name)</code>	创建一个指定名称的线程对象。
02	<code>public Thread(Runnable target)</code>	封装 <code>Runnable</code> 对象成为线程对象。
03	<code>public Thread(Runnable target, String name)</code>	封装 <code>Runnable</code> 对象成为线程对象，同时指定线程名称。

3.2 常用方法

序号	方法	说明
01	<code>void run()</code>	线程的任务方法。
02	<code>void start()</code>	启动线程。
03	<code>String getName()</code>	获取当前线程名称，默认是 <code>Thread-索引</code> 。
04	<code>void setName(String name)</code>	为线程设置名称，建议在启动线程之前。
05	<code>static Thread currentThread()</code>	获取当前执行的线程对象。
06	<code>static void sleep(long time)</code>	让当前执行的线程休眠一定毫秒数后，再继续执行。
07	<code>final void join()</code>	调用此方法的线程会优先执行完毕，合理使用此方法可以安排线程执行顺序。

四、线程安全

4.1 线程安全问题

- 多个线程同时访问并修改同一个共享资源时，可能会出现业务安全问题。
- 比如A、B线程同时使用打印机，会导致打印出的内容混杂错乱。

4.2 用程序模拟线程安全问题

P1 需求

小明和小红是一对夫妻，他们有一个共同银行账户Account1，余额是10万元，现在模拟二人同时取出10万元的操作。

P2 代码演示

- Account :

```
1  /**
2  * 账户类，代表小明和小红的共同银行账户
3  * 单例模式
4  */
5  public class Account {
6      private double money;// 账户余额
7
8      private static Account account = new Account(100000);
9      private Account(double money) {
10          this.money = money;
11      }
12      public static Account getAccount() {
13          return account;
14      }
15
16      public void drawMoney(double moneyToDraw) {
17          String threadName = Thread.currentThread().getName();
18          if (money >= moneyToDraw) {
19              System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成功！");
20              money -= moneyToDraw;
21              System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" +
22                      money);
23          } else {
24              System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
25          }
26
27      public double getMoney() {
28          return money;
29      }
30      public void setMoney(double money) {
31          this.money = money;
```

```
32    }
33 }
```

- **CashWithdrawalThread:**

```
1 /**
2  * 取钱线程类
3 */
4 public class CashWithdrawalThread extends Thread {
5     private Account account;
6
7     public CashWithdrawalThread(String name, Account account) {
8         super(name);
9         this.account = account;
10    }
11
12    @Override
13    public void run() {
14        // 取钱
15        account.drawMoney(100000);
16    }
17 }
```

- **Test:**

```
1 public class Test {
2     public static void main(String[] args) {
3         Account account = Account.getAccount();
4         Thread xiaoMing = new CashWithdrawalThread("小明取钱",
5 account);
6         Thread xiaoHong = new CashWithdrawalThread("小红取钱",
7 account);
8         xiaoMing.start();
9         xiaoHong.start();
10    }
11 }
```

P3 控制台输出（每次输出结果都不同，仅截取其中某一次）

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\  
小红取钱100000.0成功!  
小明取钱100000.0成功!  
小红取钱后，余额变更为：0.0  
小明取钱后，余额变更为：-100000.0  
  
Process finished with exit code 0
```

五、线程同步

5.1 线程同步思想

- 让多个线程实现按顺序访问同一个共享资源，这样就解决了线程安全问题。

5.2 线程同步的常见方案

Important

加锁与解锁：每次只允许一个线程加锁，加锁后才能访问共享资源，访问完毕后自动解锁，然后其它线程才能再加锁进来。

参考案例：[4.2 用程序模拟线程安全问题。](#)

5.2.1 同步代码块

P1 概述

- 格式：

```
1 | synchronized(同步锁){  
2 |     // 访问共享资源的核心代码  
3 | }
```

- **作用**: 将访问共享资源的核心代码块加锁，从而保证线程安全。
- **原理**: 每次只允许一个线程加锁后进入，执行完毕后自动解锁，其它线程才可以再次加锁后进入。
- **同步锁的注意事项**: 对于当前同时执行的线程来说，同步锁必须是同一把（同一个对象），否则会出bug。

P2 重构 Account 类

```
1 /**
2 * 账户类，代表小明和小红的共同银行账户
3 * 单例模式
4 */
5 public class Account {
6     private double money;// 账户余额
7
8     private static Account account = new Account(100000);
9     private Account(double money) {
10         this.money = money;
11     }
12     public static Account getAccount() {
13         return account;
14     }
15
16     public void drawMoney(double moneyToDraw) {
17         String threadName = Thread.currentThread().getName();
18
19         // 同步代码块
20         synchronized ("Zsh") { // 由于"Zsh"在程序中只有一份，因此可以作为同一
把锁
21             if (money >= moneyToDraw) {
22                 System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成
功！");
23                 money -= moneyToDraw;
24                 System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" +
money);
25             } else {
26                 System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
27             }
28         }
29     }
30 }
```

```
28     }
29 }
30
31     public double getMoney() {
32         return money;
33     }
34     public void setMoney(double money) {
35         this.money = money;
36     }
37 }
```

P3 控制台输出

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\IDEA\lib\jdwp-agent.jar=8000,transport=dt_socket,server=y,suspend=n" -cp D:\IDEA\lib\idea_rt.jar" com.itheima.Account
小明取钱100000.0成功！
小明取钱后，余额变更为：0.0
小红取钱：余额不足！

Process finished with exit code 0
```

P4 上述代码存在的问题

假如有了新需求：小黑和小白是零一对夫妻，他们也有一个共同银行账户Account2，余额是10万元，现在同样想要模拟二人同时取出10万元的操作。

这时候，以下代码就暴露出了问题：

```
1 public void drawMoney(double moneyToDraw) {
2     String threadName = Thread.currentThread().getName();
3
4     synchronized ("Zsh") {
5         if (money >= moneyToDraw) {
6             System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成功！");
7             money -= moneyToDraw;
8             System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" + money);
9         } else {
10             System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
11         }
12     }
13 }
```

小明对Account1执行取钱操作时，他加了锁，但不光锁住了小红对Account1的访问权限，也锁住了小黑和小白对Account2的访问权限，这在逻辑上是不合理的！

根本原因：“Zsh”这个锁的范围过大。

P5 更正P2代码，将锁对象改为 `this`

`this` 代表账户对象，对于小明、小红来说 `this` 是 account1，对于小黑、小白来说 `this` 是 account2。

```
1 public void drawMoney(double moneyToDraw) {  
2     String threadName = Thread.currentThread().getName();  
3  
4     synchronized (this) {  
5         if (money >= moneyToDraw) {  
6             System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成功！");  
7             money -= moneyToDraw;  
8             System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" + money);  
9         } else {  
10             System.out.println(threadName + ": 余额不足！");  
11         }  
12     }  
13 }
```

P6 补充知识

对于静态方法来说，建议使用 `类名.class` 作为锁对象，因为它只有一份，即：

```
1 synchronized(Xxx.class){  
2  
3 }
```

5.2.2 同步方法

P1 概述

- 格式：

```
1 | 权限修饰符 synchronized 返回值类型 方法名(形参列表){  
2 |     // 访问共享资源的核心代码  
3 | }
```

- 作用：将访问共享资源的核心方法加锁，从而保证线程安全。

- 原理：

- 每次只允许一个线程加锁后进入，执行完毕后自动解锁，其它线程才可以再次加锁后进入。
- 被 `synchronized` 修饰的 **实例** 方法，隐含了一把锁，锁对象默认是 `this`。
- 被 `synchronized` 修饰的 **静态** 方法，隐含了一把锁，锁对象默认是 `类名.class`。

P2 重构 `Account` 类

```
1 /**
2 * 账户类，代表小明和小红的共同银行账户
3 * 单例模式
4 */
5 public class Account {
6     private double money;// 账户余额
7
8     private static Account account = new Account(100000);
9     private Account(double money) {
10         this.money = money;
11     }
12     public static Account getAccount() {
13         return account;
14     }
15
16     // 同步方法，加上synchronized关键字
17     public synchronized void drawMoney(double moneyToDraw) {
18         String threadName = Thread.currentThread().getName();
19
20         if (money >= moneyToDraw) {
21             System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成功！");
22             money -= moneyToDraw;
23         }
24     }
25 }
```

```

23         System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" + money);
24     } else {
25         System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
26     }
27 }
28
29
30 public double getMoney() {
31     return money;
32 }
33 public void setMoney(double money) {
34     this.money = money;
35 }
36 }

```

P3 控制台输出

```

D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "
小明取钱100000.0成功!
小明取钱后，余额变更为：0.0
小红取钱：余额不足！

Process finished with exit code 0

```

P4 同步代码块 VS 同步方法

	同步代码块	同步方法
范围	较小	较大
性能	较高	较低
可读性	较差	较好

注：锁的范围越小，则代码性能越高，因为一个方法内部并非所有代码都是需要互斥访问的临界资源，如果无脑全部锁住，就会导致其他线程无法提前加载那些非临界资源，导致性能下降。

5.2.3 Lock 锁

P1 概述

- `Lock` 锁是 JDK5 开始提供的一个新的锁操作，通过它可以创建出锁对象，进行手动加锁和解锁，更加灵活、方便和强大。
- `Lock` 是一个接口，不能直接实例化，我们可以用它的其中一个实现类 `ReentrantLock` 来创建锁对象。

P2 重构 `Account` 类

```
1 import java.util.concurrent.locks.Lock;
2 import java.util.concurrent.locks.ReentrantLock;
3
4 /**
5  * 账户类，代表小明和小红的共同银行账户
6  * 单例模式
7 */
8 public class Account {
9     private double money;// 账户余额
10    private final Lock accountLock = new ReentrantLock(); // Lock锁对象，  
一个账户对象一把锁
11
12    private static Account account = new Account(100000);
13    private Account(double money) {
14        this.money = money;
15    }
16    public static Account getAccount() {
17        return account;
18    }
19
20    public void drawMoney(double moneyToDraw) {
21        String threadName = Thread.currentThread().getName();
22
23        accountLock.lock(); // 加锁
24        if (money >= moneyToDraw) {
25            System.out.println(threadName + "成功！");
26            money -= moneyToDraw;
27            System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" + money);
28        } else {
```

```
29         System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
30     }
31     accountLock.unlock(); // 解锁
32 }
33
34
35     public double getMoney() {
36         return money;
37     }
38     public void setMoney(double money) {
39         this.money = money;
40     }
41 }
```

P3 控制台输出

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe
小明取钱100000.0成功！
小明取钱后，余额变更为：0.0
小红取钱：余额不足！

Process finished with exit code 0
```

P4 上述代码存在的问题

`drawMoney` 方法内部，若加锁后，执行访问共享资源的核心代码过程中出现了异常，会使线程异常终止，无法进行解锁操作，从而导致其他线程也无法加锁，程序卡死。

P5 更正P2代码，使用 `try-catch-finally` 包裹核心代码

```
1 public void drawMoney(double moneyToDraw) {
2     String threadName = Thread.currentThread().getName();
3
4     accountLock.lock(); // 加锁
5     try {
6         if (money >= moneyToDraw) {
7             System.out.println(threadName + moneyToDraw + "成功！");
8             money -= moneyToDraw;
9             System.out.println(threadName + "后，余额变更为：" + money);
10        } else {
11            System.out.println(threadName + ": 余额不足！");
```

```
12     }
13 } catch (Exception e) {
14     e.printStackTrace();
15 } finally {
16     accountLock.unlock(); // 解锁
17 }
18 }
```

六、线程通信

6.1 概述

- 当多个线程同时访问同一个共享资源时，线程之间可以通过某种方式互相告知自己的状态以相互协调，避免无效的资源争夺。

6.2 线程通信的常见模型——生产者与消费者模型

- 生产者线程负责生产数据。
- 消费者线程负责消费生产者线程生产出来的数据。
- 生产者生产完数据后应该通知消费者消费，然后等待自己（不继续生产）；消费者消费完数据后也应该通知生产者生产，然后等待自己（不继续消费）。
- 先唤醒别人，再等待自己，否则无法唤醒。**

6.3 用程序模拟生产者与消费者模型

P1 需求

- 创建3个生产者线程，负责生产包子，每个线程每次只能生产1个包子放在桌子上；
- 创建2个消费者线程，负责吃包子，每个线程每次只能从桌子上拿1个包子吃。

P2 Object 类提供的等待和唤醒方法

⚠ Warning

以下方法应该使用当前同步锁对象进行调用。

方法	说明
<code>void wait()</code>	让当前线程等待并释放占用的锁，直到另一个线程调用 <code>notify()</code> 或 <code>notifyAll()</code> 方法。
<code>void notify()</code>	唤醒正在等待的某个线程。
<code>void notifyAll()</code>	唤醒正在等待的所有线程。

P3 代码演示

- Desk :

```
1 import java.util.ArrayList;
2 import java.util.List;
3
4 public class Desk {
5     private List<String> list = new ArrayList<>();
6
7     // 放1个包子: cook1 cook2 cook3
8     public synchronized void put() {
9         String name = Thread.currentThread().getName();
10        try {
11            if (list.size() == 0) {
12                list.add(name + "'s bread");
13                System.out.println(name + " makes a bread");
14                Thread.sleep(1000);
15
16                // 先唤醒别人，再等待自己，否则无法唤醒
17                this.notifyAll();
18                this.wait();
19            } else {
20                // 有包子了，不做了
21                // 先唤醒别人，再等待自己，否则无法唤醒
22            }
23        } catch (InterruptedException e) {
24            e.printStackTrace();
25        }
26    }
27}
```

```
22             this.notifyAll();
23             this.wait();
24         }
25     } catch (Exception e) {
26         e.printStackTrace();
27     }
28 }
29
30 // 取1个包子: eater1 eater2
31 public synchronized void get() {
32     String name = Thread.currentThread().getName();
33     try {
34         if (list.size() == 1) {
35             System.out.println(name + " eats " + list.get(0));
36             list.clear();
37             Thread.sleep(1000);
38
39             this.notifyAll();
40             this.wait();
41         } else {
42             this.notifyAll();
43             this.wait();
44         }
45     } catch (Exception e) {
46         e.printStackTrace();
47     }
48 }
49 }
```

- Cook :

```
1 public class Cook implements Runnable {
2     private Desk desk;
3
4     public Cook(Desk desk) {
5         this.desk = desk;
6     }
7
8     @Override
9     public void run() {
10        while (true) {
11            desk.put();
12        }
13    }
14 }
```

```
14 }
```

- **Eater:**

```
1 public class Eater implements Runnable {
2     private Desk desk;
3
4     public Eater(Desk desk) {
5         this.desk = desk;
6     }
7
8     @Override
9     public void run() {
10        while (true) {
11            desk.get();
12        }
13    }
14 }
```

- **Test:**

```
1 public class Test {
2     public static void main(String[] args) {
3         Desk desk = new Desk();
4
5         // 创建3个生产者线程
6         new Thread(new Cook(desk), "cook1").start();
7         new Thread(new Cook(desk), "cook2").start();
8         new Thread(new Cook(desk), "cook3").start();
9
10        // 创建2个消费者线程
11        new Thread(new Eater(desk), "eater1").start();
12        new Thread(new Eater(desk), "eater2").start();
13    }
14 }
```

P4 控制台输出（每次输出结果都不同，仅截取其中某一次）

```
D:\CS-Softwares\JDK\JDK21\bin\java.exe "-javaagent:D:\CS-
cook1 makes a bread
eater2 eats cook1's bread
cook3 makes a bread
eater1 eats cook3's bread
cook1 makes a bread
eater1 eats cook1's bread
cook3 makes a bread
eater1 eats cook3's bread
cook1 makes a bread
eater2 eats cook1's bread
cook2 makes a bread
eater1 eats cook2's bread
cook1 makes a bread
eater1 eats cook1's bread
cook3 makes a bread
eater1 eats cook3's bread
cook1 makes a bread
eater2 eats cook1's bread
cook2 makes a bread

Process finished with exit code -1
```

七、线程池