

## 16 虚拟机退出时机问题研究

更新时间：2019-12-11 11:45:22



“ 勤学如春起之苗，不见其增，日有所长。——陶潜 ”

### 1. 前言

前一节我们讲述了如何通过读源码，查询 [StackOverFlow](#)，写 DEMO 方式学习线程池。

然而线程池在使用过程中会遇到很多问题，本节将通过几个案例研究 Java 虚拟机关闭的问题。

### 2. 背景知识

本节重点学习 JVM 关闭时机相关问题，那么 JVM 在何时正常退出呢（不包含通过 `kill` 指令杀死进程等情况）？

根据《Java 虚拟机规范 (Java SE 8 版)》第 228 页，对应英文版为 [5.7 Java Virtual Machine Exit](#) 的相关描述我们可知：

Java 虚拟机退出的条件是，某个线程调用了 `Runtime` 类或 `System` 类的 `exit` 方法，或 `Runtime` 类的 `halt` 方法，并且 Java 安全管理器也允许这次 `exit` 或 `halt` 操作。

除此之外，JNI (Java Native Interface) 规范描述了用 JNI Invocation API 来加载或卸载 Java 虚拟机时，Java 虚拟机的退出情况 [1](#)。

根据《Java 并发编程实践》164 页相关论述，我们还了解到：

也可以通过一些其他平台相关的手段（比如发送 SIGINT, 或键入 Ctrl-C），都可以实现 JVM 的正常关闭。还可以调用“杀死”JVM 的操作系统进程而强制关闭 JVM 2。

另外根据《Java Language Specification : Java SE 8 Edition》12.8 Program Exit 的相关描述 3 我们可知：

当下面两种情况发生时，程序将会结束所有活动并退出：

- 只剩下守护线程（daemon thread）时。
- 某个线程调用了 Runtime 类或 System 类的 exit 方法，并且 Java 安全管理器也允许这次 exit 操作。

了解这个背景知识，接下来我们将开始分析相关的案例。

### 3. 案例及其分析

#### 3.1 JUnit 单元测试不支持多线程问题

本案例涉及两个类，一个是自定义线程类，一个是测试类。

自定义线程类：

```
import java.util.concurrent.TimeUnit;

public class DemoThread extends Thread {

    public DemoThread() {
    }

    @Override
    public void run() {
        for (int i = 0; i < 4; i++) {
            System.out.println(Thread.currentThread().getName() + "-->" + i);
            try {
                TimeUnit.SECONDS.sleep(1);
            } catch (InterruptedException ignore) {
            }
        }
    }
}
```

对应的单元测试：

```
public class ThreadDemoTest {

    @Test
    public void test() throws InterruptedException {
        DemoThread demoThread1 = new DemoThread();
        DemoThread demoThread2 = new DemoThread();

        demoThread1.start();
        demoThread2.start();
    }
}
```

预期结果为，每个线程分别执行 4 次打印语句。

但是实际运行结果为：

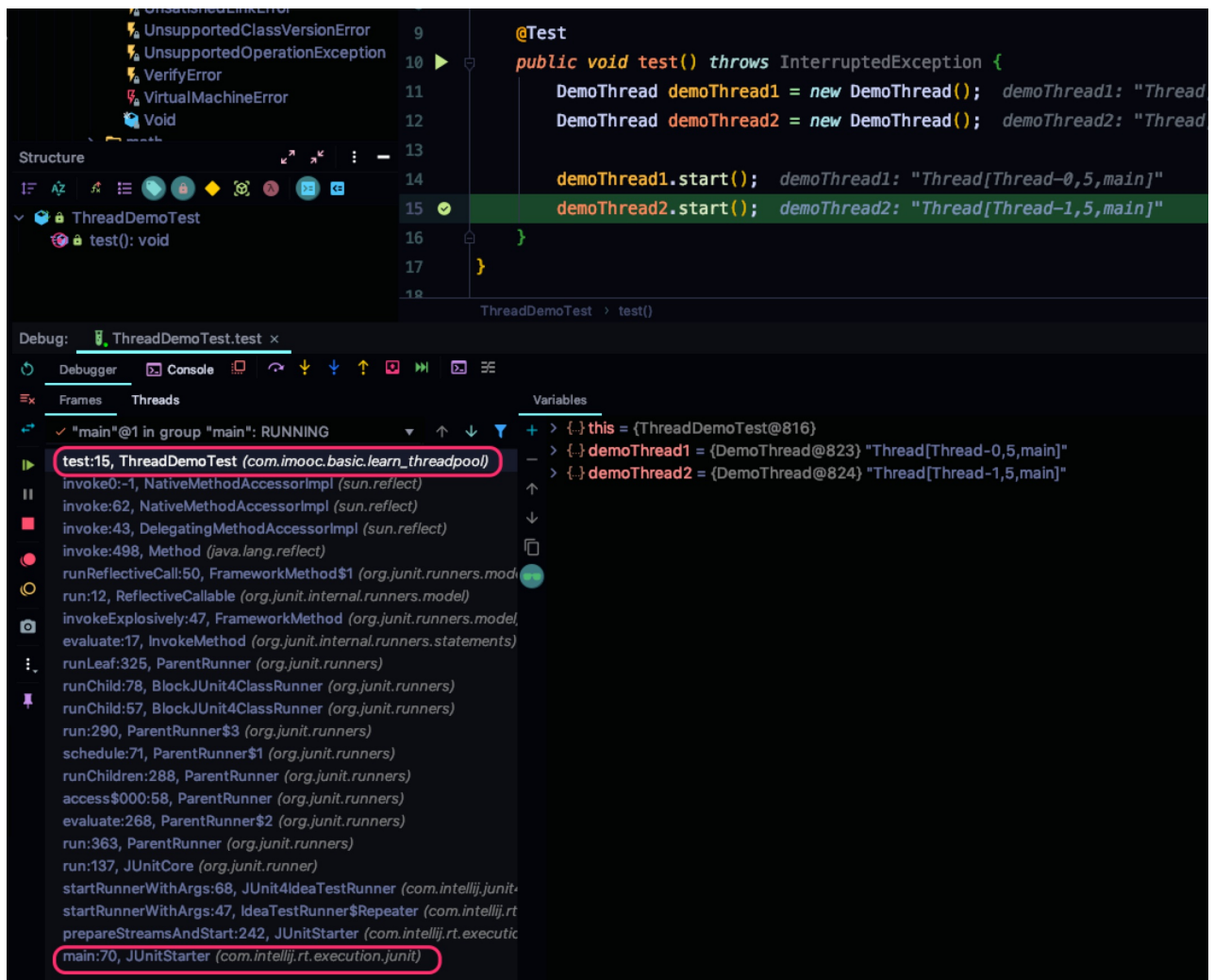
Thread-0->0

Thread-1->0

打印两行文字后程序退出。

通过观察现象，我们看出 JUnit 单元测试“不支持多线程”测试，换句话说两个线程可能还没执行完，程序就退出了。

我们首先尝试使用 \*\* 断点调试大法 \*\* 来寻找线索。



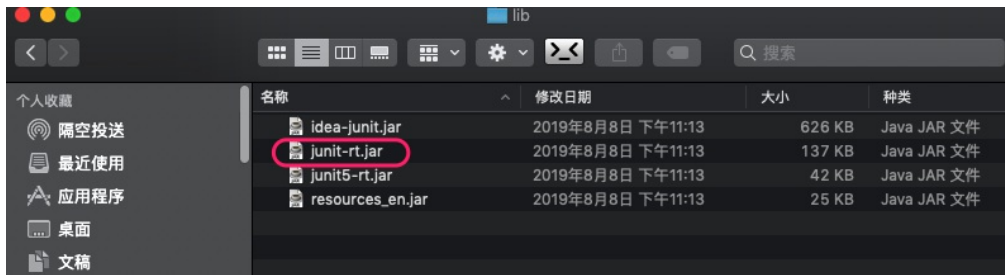
我们通过查看左侧的调用栈，可以清晰地看到顶层的为 `com.intellij.rt.execution.junit.JUnitStarter#main` 的 70 行，通过一系列的调用，启动当前测试方法。

按照惯例，我们可以双击左侧的调用进入源码。

但是，令人吐血的是，双击没反应，崩溃中...

既然 IDEA 可以使用该类，那么显然此类可以被 IDEA 加载，根据最外层的入口包名（com.intellij.rt.execution.junit），我们断定不是 JDK 中的类，也不是我们 pom.xml 中引入的 jar 包中的类，应该是 idea 自己的类库。

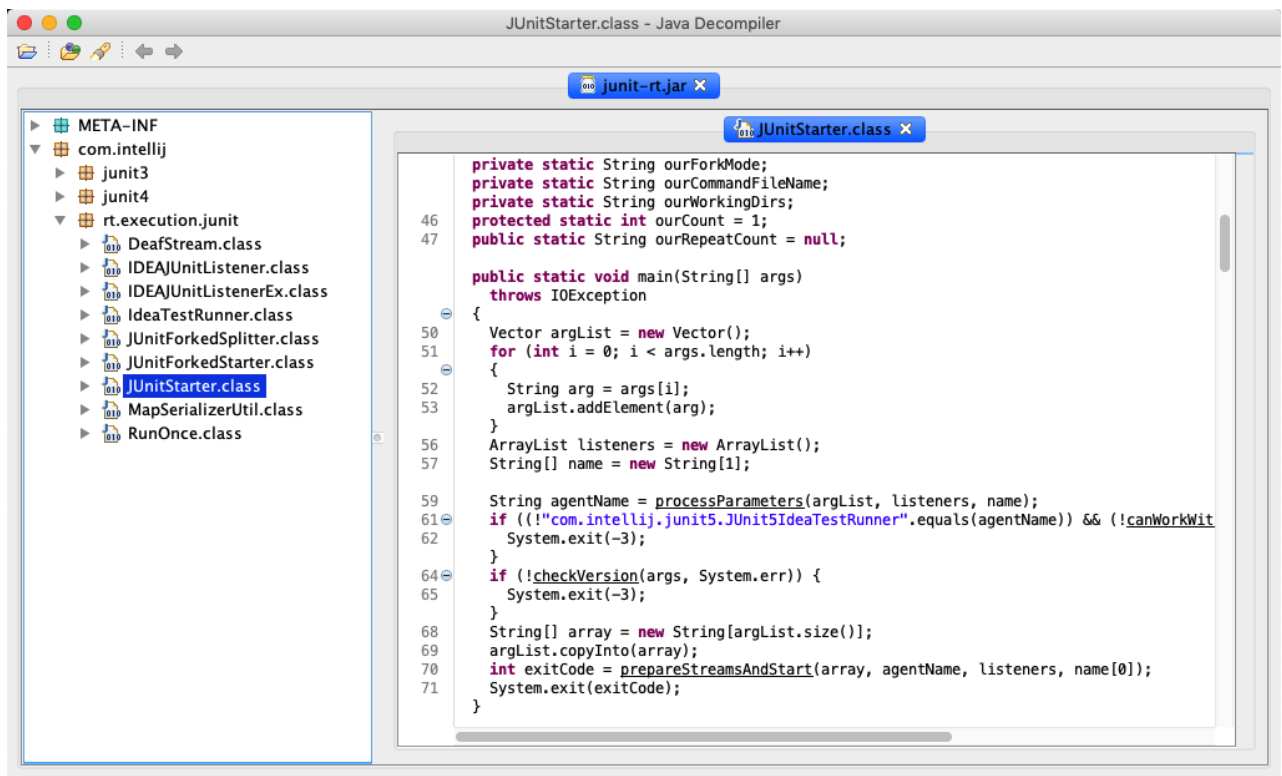
我们去 IDEA 的安装目录去寻找线索。排查了 lib 文件夹下的所有 jar 包，发现和名称相匹配的 jar 包。



我们如何查看这几个 jar 中有没有源码和上面的匹配呢？

可以使用前面介绍的 Java 反编译工具：JD-GUI，查看这些包的源码。

由于我们使用的是 JUnit4 我们首先查看 junit-rt.jar 的反编译代码。



我们在此处找到了 IDEA 调试时顶层的类！

从此反编译的代码可以看到，main 函数的 70 行。

```
int exitCode = prepareStreamsAndStart(array, agentName, listeners, name[0]);
```

该函数调用准备流和开始函数，并获得返回值作为退出码，然后调用 System.exit(exitCode); 退出 JVM。

因此问题就迎刃而解了。

我们重新梳理执行流程：

IDEA 运行 JUnit 4 时，

1. 先执行 `com.intellij.rt.execution.junit.JUnit4TestRunner#main`，此函数中调用 `prepareStreamsAndStart` 子函数；
2. 子函数最终调用到 `ThreadDemoTest#test` 的代码。
3. `ThreadDemoTest#test` 创建两个新线程并依次开启后结束，函数返回退出码，最终调用 `System.exit(exitCode)`；退出 JVM。

那么如何避免两个子线程尚未执行完单元测试函数，就被主线程调用 `System.exit` 导致 JVM 退出呢？

方案 1：可以将代码写在 `main` 函数中；

还记得开头说的吗，只要有一个非守护线程还在运行，虚拟机就不会退出（正常情况下）。

使用 `main` 函数代码非常简单，这里就不再提供。

方案 2：可以使用 `CountDownLatch`；

改造自定义的线程类：

```
import java.util.concurrent.CountDownLatch;
import java.util.concurrent.TimeUnit;

public class DemoThread extends Thread {

    private CountDownLatch countDownLatch;

    public DemoThread(CountDownLatch countDownLatch) {
        this.countDownLatch = countDownLatch;
    }

    @Override
    public void run() {
        for (int i = 0; i < 4; i++) {
            System.out.println(Thread.currentThread().getName() + "-->" + i);
            try {
                TimeUnit.SECONDS.sleep(10);
            } catch (InterruptedException ignore) {
            }
        }
        countDownLatch.countDown();
    }
}
```

修改单元测试函数：

```
@Test
public void test() throws InterruptedException {
    CountDownLatch countDownLatch = new CountDownLatch(2);
    DemoThread demoThread1 = new DemoThread(countDownLatch);
    DemoThread demoThread2 = new DemoThread(countDownLatch);

    demoThread1.start();
    demoThread2.start();

    countDownLatch.await();
}
```

由于使用了 `countDownLatch.await()`，主线程会阻塞到两个线程都执行完毕。

具体原理大家可以查看 `java.util.concurrent.CountDownLatch#await()` 源码。

方案 3: 可以在测试函数最后调用 `join` 函数:

```
@Test
public void test() throws InterruptedException {
    DemoThread demoThread1 = new DemoThread();
    DemoThread demoThread2 = new DemoThread();

    demoThread1.start();
    demoThread2.start();

    demoThread1.join();
    demoThread2.join();
}
```

`join` 函数会等待当前线程执行结束再继续执行。

## 3.2 使用 `CompletableFuture` 的问题

大家可以猜想一下下面代码的执行结果是啥?

```
public class CompletableFutureDemo {

    public static void main(String[] args) {
        CompletableFuture.runAsync(() -> {
            try {
                TimeUnit.SECONDS.sleep(2L);
            } catch (InterruptedException ignore) {
            }
            System.out.println("异步任务");
        });
    }
}
```

可能出乎很多人的意料, 如果运行此段代码, 大概率会发现: 打印语句并没有被执行程序就退出了。

What? \*\* 前面不是说多线程问题可以通过将代码写在 `main` 函数中来避免的吗? \*\* 怎么瞬间打脸?

别急, 我们来研究一下这个问题:

```
/**
 * Returns a new CompletableFuture that is asynchronously completed
 * by a task running in the given executor after it runs the given
 * action.
 *
 * @param runnable the action to run before completing the
 * returned CompletableFuture
 * @param executor the executor to use for asynchronous execution
 * @return the new CompletableFuture
 */
public static CompletableFuture<Void> runAsync(Runnable runnable,
        Executor executor) {
    return asyncRunStage(screenExecutor(executor), runnable);
}
```

通过源码注释, 我们可知该函数是使用给定的 `executor` 来异步执行任务。

那么使用的线程池类型是什么呢?

```

/**
 * Null-checks user executor argument, and translates uses of
 * commonPool to asyncPool in case parallelism disabled.
 */
static Executor screenExecutor(Executor e) {
    if (!useCommonPool && e == ForkJoinPool.commonPool())
        return asyncPool;
    if (e == null) throw new NullPointerException();
    return e;
}

```

我们查看 `asyncPool` 的具体类型：

```

/**
 * Default executor -- ForkJoinPool.commonPool() unless it cannot
 * support parallelism.
 */
private static final Executor asyncPool = useCommonPool ?
    ForkJoinPool.commonPool() : new ThreadPerTaskExecutor();

/** Fallback if ForkJoinPool.commonPool() cannot support parallelism */
static final class ThreadPerTaskExecutor implements Executor {
    public void execute(Runnable r) { new Thread(r).start(); }
}

```

默认是 `ForkJoinPool.commonPool()`，如果不支持并行则会构造一个新的 `ThreadPerTaskExecutor` 线程池对象。

我们再次回到正题，我们可以查看调用链：

`java.util.concurrent.CompletableFuture#runAsync(java.lang.Runnable)`



`java.util.concurrent.CompletableFuture#asyncRunStage`



`java.util.concurrent.ForkJoinPool#execute(java.lang.Runnable)`



`java.util.concurrent.ForkJoinPool#externalPush`



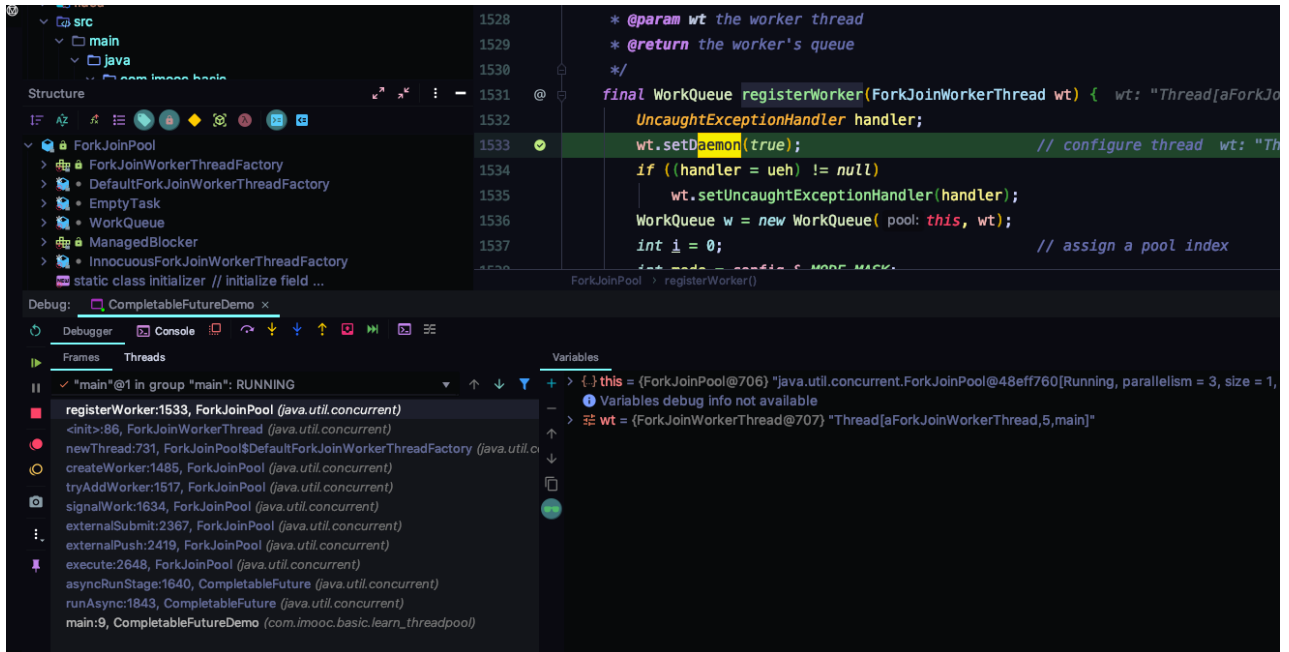
...

最终调用到：

`java.util.concurrent.ForkJoinPool#registerWorker`



如下图所示，大家可以在 `registerWorker` 函数的设置守护线程代码的地方打断点，然后调试，通过查看左侧“Debugger”选项卡的“Frames”调用栈来研究整个调用过程，也可以切换到“Threads”来查看线程的运行状态。



接下来我们看源码：

```
/**
 * Callback from ForkJoinWorkerThread constructor to establish and
 * record its WorkQueue.
 *
 * @param wt the worker thread
 * @return the worker's queue
 */
final WorkQueue registerWorker(ForkJoinWorkerThread wt) {
    UncaughtExceptionHandler handler;
    // 第 1 处
    wt.setDaemon(true); // configure thread
    // 省略中间代码
    wt.setName(workerNamePrefix.concat(Integer.toString(i >>> 1)));
    return w;
}
```

从这里可知 `ForkJoinPool` 的工作线程类型为守护者线程。

根据前面背景知识的介绍，我们可知如果只有守护线程，程序将退出。

另外，我们也可以从设置守护线程的函数中找到相关描述：



```

/**
 * Marks this thread as either a {@linkplain #isDaemon daemon} thread
 * or a user thread. The Java Virtual Machine exits when the only
 * threads running are all daemon threads.
 *
 * <p> This method must be invoked before the thread is started.
 *
 * @param on
 *      if {@code true}, marks this thread as a daemon thread
 *
 * @throws IllegalStateException
 *      if this thread is {@linkplain #isAlive alive}
 *
 * @throws SecurityException
 *      if {@link #checkAccess} determines that the current
 *      thread cannot modify this thread
 */
public final void setDaemon(boolean on) {
    checkAccess();
    if (isAlive()) {
        throw new IllegalStateException();
    }
    daemon = on;
}

```

因此我们重新分析上面的案例：

```

public static void main(String[] args) {
    // 第 1 处
    CompletableFuture.runAsync(() -> {
        try {
            TimeUnit.SECONDS.sleep(2L);
        } catch (InterruptedException ignore) {
        }
        System.out.println("异步任务");
    });
    // 第 2 处
}

```

主线程为普通用户线程，执行到第 1 处，使用默认的 `ForkJoinPool` 来异步执行传入的任务。

此时工作线程（守护线程）如果得到运行机会，调用 `TimeUnit.SECONDS.sleep(2L)`，导致该线程 `sleep` 2 秒钟。

主线程执行到第 2 处（无代码），然后主线程执行完毕。

此时已经没有非守护线程，还不等工作线程从 `Time waiting` 睡眠状态结束，虚拟机发现已经没有非守护线程，便退出了。

### 3.3 拓展练习

有了上面的介绍，想必大家对虚拟机的退出时机有了一个不错的了解，那么我们看下面的代码片段：

请问程序执行后是否一定执行到 **finally** 代码块，为什么？

```

public class Demo {

    public static void main(String[] args) {
        // 省略一些代码 （第 1 处）
        try {
            BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader("file.txt"));
            System.out.println(br.readLine());
            br.close();
        } catch (Exception e) {
            // 省略一些代码 （第 2 处）
        } finally {
            System.out.println("Exiting the program");
        }
    }
}

```

结合今天所学内容，很多朋友可能会想到，在第 2 处如果让当前虚拟机退出，那么 **finally** 代码块就不会再执行。

因此可以添加 `System.exit(2)` 来实现。

当然还有其他的方法能够实现，大家可以在评论区畅所欲言。

## 4. 总结

本节重点讲述了虚拟机退出的条件，举了几个案例让大家能够对此有深刻的理解。

本节使用了读源码法，官方文档法，断点调试法等来分析这两个案例。

下一节我们将讲述如何解决多条件语句和条件语句的多层嵌套问题。

## 5. 思考题

请看下面代码片段，回答问题。

```

public class Demo {

    public static void main(String[] args) {

        // 省略一些代码 （第 1 处）
        try {
            BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader("file.txt"));
            System.out.println(br.readLine());
            br.close();
        } catch (Exception e) {
            System.exit(2);
        } finally {
            System.out.println("Exiting the program");
        }
    }
}

```

问题：如果 **try** 代码块发生异常，如何在第 1 处代码添加几行代码，使得 **finally** 代码块可以被执行到呢？

## 参考资料

---

[美] Tim Lindholm, Frank Yellin, Gilad Bracha, Alex Buckley. 《Java 虚拟机规范 (Java SE 8 版)》. [译] 爱飞翔, 周志明等. 机械工业出版社: 2018:228 □□

[美] Brian Goetz, Tim Peierls, etc. 《Java 并发编程实践》. 韩锴, 方妙译。北京。电子工业出版社. 2007.164

□□

Tim Lindholm, Frank Yellin, Gilad Bracha, Alex Buckley. 《Java Language Specification: Java SE 8 Edition》. 2015.378 □□

}



15 学习线程池的正确姿势

17 如何解决条件语句的多层嵌套问题?

