1. Java的并发编程：线程的相关概念

- 视频教程：BiliBili-黑马程序员全面深入学习Java并发编程，JUC并发编程全套教程
- 博客（LostNFound）：Java 并发多线程编程

1.0.1 进程与线程

- 进程：当一个程序被运行，从磁盘加载这个程序的代码至内存，这时就开始了一个进程。进程可视为程序的一个实例。进程间相互独立
- 线程：一个进程可分为一到多个线程。一个线程是一个指令流，将指令流中的一条条指令以一定的顺序交给cpu执行。线程存在于进程中
- 线程为最小调度单位，进程为资源分配的最小单位。

1.0.2 并行与并发

- 并发：**单核cpu**下，线程是**串行执行**的，由于cpu在线程间的切换时间很快（时间片很短），人为感觉是同时运行的。**"微观串行，宏观并行"**。我们一般将这种**线程轮流使用cpu**的做法成为并发，concurrent。
- 并行：在**多核cpu**系统下可并行，parallel
  通常既有并发，也有并行

1.0.3 同步与异步

从方法调用的角度来讲，如果

- 需要等待结果的返回，才能继续运行就是**同步**
- 不需要等待结果的返回，就能继续运行就是**异步**。对于长时间的文件调用，异步调用更好。

1.1 Java线程

1.1.1 创建线程

1. 直接使用 new Thread()。

```
Thread t = new Thread () {
    public void run () {
        // 要执行的任务
    }
}
// 启动线程
t.start();
```

2. 使用 Runnable 配合 Thread。

```
Runnable task1 = new Runnable () {
    public void run () {
        // 要执行的任务
    }
}
Thread t = new Thread (task1);
// 启动线程
t.start();
```

可以用lambda简化代码，类似函数式编程

- 方法1是将线程和任务放在一起，方法2是把线程和任务分开了
- 用 Runnable 更容易与线程池等高级API结合，更灵活。

1.2 线程运行原理

1.2.1 线程上下文切换（Thread Context Switch）

因为以下一些原因导致cpu不再运行当前线程，转而执行另一个线程的代码:

- 线程的cpu时间片用完
- 垃圾回收
- 有更高优先级的线程需要运行
- 线程自己调用了sleep，yield，wait，join，park，synchrnized，lock 等方法
  当上下文切换发生时，需保存当前线程的状态，并恢复另一个线程的状态。频繁切换会影响性能。
  - sleep（当前线程休眠）: 调用sleep（）会让当前线程从*Running*状态进入*Timed Waiting*阻塞状态，该方法不占用cpu。
  - yield（当前线程让出cpu使用权）: 调用yield（）会让当前线程从*Running*状态进入*Runnable*就绪状态
  - join（同步等待）: 等待调用线程运行结束
  - interrupt（打断）

1.2.2 两阶段终止模式（Two Phase Termination）

```java
/*  两阶段终止模式（Two Phase Termination）：在进程T1中终止进程T2
    在终止进程T2之前让T2释放锁和临界资源
    不用stop（）  和 System.exit（）
*/
class TwoPhaseTermination {
    // 监控线程
    privite Thread monitor;

    // 启动监控线程
    public void start() {
        monitor = new Thread (() -> {
            while (true) {
                Thread current = Thread.currentThread();
                if (current.isInterrupted()) {
                    // TODO 释放锁和临界资源
                    System.out.println("释放锁和临界资源");
                    break;
                }
                try {
                    Thread.sleep(1000); // 情况1
                    /*
                        TODO 正常功能的代码块
                    */
                    // 情况2
                } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();
                    // 若sleep时被打断，会捕获错误e，此时的isInterrupted标记为false，程序会重复执行。所以有以下操作
                    current.interrupt(); // 重新设置isInterrupted打断标记
                }
            }
        });
        monitor.start();
    }

    // 停止监控线程
    public void stop() {
        monitor.interrupt();
    }
}
```

1.2.3 主线程和守护线程

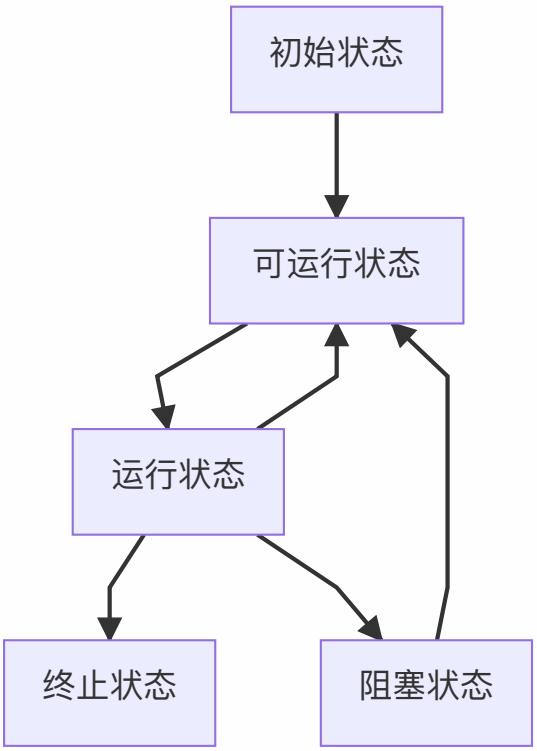
守护线程：只要其他非守护线程运行结束了，即使守护线程的代码没有执行完，也会强制结束

```
Thread.setDeamon(true); // 默认false
```

1.3 线程的状态

1.3.1 五种状态（操作系统层面）

1. 初始状态：在语言层面创建了线程对象，但未与操作系统线程关联
2. 可运行状态：（就需状态），已与操作系统线程关联，可由cpu调度执行
3. 运行状态：获得cpu时间片，正在执行。
   - 当cpu时间片用完，由【运行状态】转为【可运行状态】，导致线程的上下文切换
4. 阻塞状态：该状态下的线程不会占用cpu，会导致线程的上下文切换
   - 等阻塞操作结束，系统唤醒阻塞状态，切换至【可运行状态】
5. 终止状态



1.3.2 六种状态（Java语言 API层面）

1. NEW：线程被创建，还没有调用strat（）方法
2. RUNNABLE：调用了start（）方法后。该状态涵盖了操作系统层面的*【可运行状态】*、*【运行状态】*和*【阻塞状态】*
3. 三种“java中的阻塞状态”：
    1. BLOCKED：
    2. WAITING：
    3. TIMED_WAITING：
4. TERMINATED：代码运行结束

```
Thread t1 = new Thread("t1") {
    public void run () {}
};
t1.getState(); // NEW


Thread t2 = new Thread("t2") {
    public void run () {
        while (true){ // 运行中: RUNNABLE

        }
    }
};
t2.getState(); // RUNNABLE


Thread t3 = new Thread("t3") {
    public void run () {
        System.out.println("t3: Termination");
    }
};
t3.start();
t3.getState(); // TERMINATED


Thread t4 = new Thread("t4") {
    public void run () {
        synchronized (example.class) {
            try {
                Thread.sleep(300000); // TIMED_WAITING
            } catch (InterruptedException e) {
                    e.printStackTrace();

            }
        }
    }
};
t4.getState(); // TIMED_WAITING

```

```
40
41  Thread t5 = new Thread("t5") {
42      public void run () {
43          try {
44                  t2.join() // WAITING
45              } catch (InterruptedException e) {
46                      e.printStackTrace();
47
48              }
49      }
50  };
51  t5.getState(); // WAITING
52
53
54  Thread t6 = new Thread("t6") {
55      public void run () {
56      /*
57          由于t2对example这个类上锁，所以t6并不能完成该上锁操作
58          状态：BLOCKED阻塞状态
59      */
60          synchronized (example.class) {
61              try {
62                  Thread.sleep(300000); // TIMED_WAITING
63              } catch (InterruptedException e) {
64                      e.printStackTrace();
65
66              }
67          }
68      }
69  };
70  t6.getState(); // BLOCKED
```

2. 进程互斥 (L'exclusion mutuelle)

进程互斥指当一个进程访问某临界资源时，另一个想要访问该临界资源的进程必须等待。当前访问临界资源的进程结束，释放临界资源之后，另一个进程才能去访问临界资源。

临界区资源的互斥访问，可以逻辑上分为：

```
do {
    entry section; // 进入区：负责检查是否可进入临界区，若可以，应设置*正在访问临界资源的标志*，即上锁
    critical section; // 临界区：访问临界资源的那段代码
    exit section; // 退出区：负责解除正在访问临界资源的标志
    remainder section; //剩余区：做其他处理
} while (true)
// 进入区和退出区是负责*实现互斥*的代码段
```

需要遵守以下原则

1. 空闲让进。临界区空闲时，可以允许一个请求进入临界区的进程立即进入临界区；
2. 忙则等待。当已有进程进入临界区时，其他试图进入临界区的进程必须等待；
3. 有限等待。对请求访问的进程，应保证能在有限时间内进入临界区（保证不会饥饿）
4. 让权等待。当进程不能进入临界区时，应立即释放处理机，防止进程忙等待。

2.1 进程互斥的软件实现方法

2.1.1 单标志法 Alternance

算法思想：两个进程在访问完临界区后会把使用临界区的权限转交给另一个进程。也就是说每个进程进入临界区的权限只能被另一个进程赋予。交替进入临界区。

```
int turn = 0;
// 进程0
while (turn != 0){ // 进入区
    nop();
}
    critical section;// 临界区
    turn = 1; // 退出区
    remainder section; //剩余区

// 进程1
while (turn != 1){ // 进入区
    nop();
}
    critical section;// 临界区
    turn = 0; // 退出区
    remainder section; //剩余区
```

主要问题：违背“空闲让进”原则，必须“轮流访问”

2.1.2 双标志后检查法 Priorite a l'autre demandeur

先设置标志，表示自己想进入，检查对方标志，如果对方也要进入，那么就等待否则就进入

```
boolean flag[2]; // 表示进入临界区意愿的数组
flag[0] = false;
flag[1] = false;
// 进程0
    flag[0] = true; // 想进入临界区
    while (flag[1]){ // 如果另一个进程也想进入临界区，则该进程等待
        nop;
    }
    critical section;// 临界区
    flag[0] = false; // 修改为不想使用临界区
    remainder section; //剩余区

// 进程1
    flag[1] = true; // 想进入临界区
    while (flag[0]){ // 如果另一个进程也想进入临界区，则该进程等待
        nop;
    }
    critical section;// 临界区
    flag[1] = false; // 修改为不想使用临界区
    remainder section; //剩余区
```

优点：不会两个进程都进入临界区

缺点：双方会互相谦让，导致饥饿

2.1.3 Peterson 算法（不会饥饿）

算法思想：结合双标志法、单标志法的思想。如果双方都争着想进入临界区，那可以让进程尝试“孔融让梨”（谦让）。做一个有礼貌的进程。

- 增加标志位

```
boolean flag[2]; // 表示进入临界区意愿的数组
flag[0] = false;
flag[1] = false;
int turn = 0; //表示优先让哪个进程进入临界区
// 进程0
    flag[0] = true; // 自己想进入临界区
    turn = 1; // 可以优先让对方进入临界区 **新增**
    while (flag[1] && turn = 1){ // 如果另一个进程也想进入临界区，则该进程等待
        nop;
    }
    critical section;// 临界区
    flag[0] = false; // 修改为不想使用临界区
```

```
    remainder section; //剩余区

// 进程1
    flag[1] = true; // 自己想进入临界区
    turn = 0; // 可以优先让对方进入临界区 **新增**
    while (flag[0] && turn = 0){ // 如果另一个进程也想进入临界区，则该进程等待
        nop;
    }
    critical section;// 临界区
    flag[1] = false; // 修改为不想使用临界区
    remainder section; //剩余区
```

- 优点：不会饥饿
- 缺点：较为复杂

2.2 进程互斥的硬件实现方法

2.2.1 中断屏蔽法 Interruptions

利用开/关中断指令实现（与原语的实现思想相同，即在某进程开始访问临界区到结束访问为止都不允许被中断，也就不能发生进程切换，因此也不可能发生两个同时访问临界区的情况）

- 优点：简单、高效
- 缺点：不适用于多处理机；只适用于操作系统内核进程，不适用于用户进程（因为开/关中断指令只能运行在内核态，这组指令如果能让用户随意使用会很危险）

2.2.2 TestAndSet指令（TSL）

TSL 指令是用硬件实现的，执行的过程不允许被中断，只能一气呵成

相比软件实现方法，TSL 指令把“上锁”和“检查”操作用硬件的方式变成了一气呵成的原子操作。

- 优点：实现简单，无需像软件实现方法那样严格检查是否会有逻辑漏洞；适用于多处理机环境
- 缺点：不满足“让权等待”原则，暂时无法进入临界区的进程会占用CPU并循环执行TSL指令，从 而导致“忙等”。

2.2.3 Swap指令（XCHG）

逻辑上来看 Swap 和 TSL 并无太大区别，都是先记录下此时临界区是否已经被上锁（记录在 old 变 量上），再将上锁标记 lock 设置为 true，最后检查 old，如果 old 为 false 则说明之前没有别的进程 对临界区上锁，则可跳出循环，进入临界区。

- 优点：实现简单，无需像软件实现方法那样严格检查是否会有逻辑漏洞；适用于多处理机环境
- 缺点：不满足“让权等待”原则，暂时无法进入临界区的进程会占用CPU并循环执行TSL指令，从 而导致“忙等”。

3. 信号量 Semaphore

用户进程可以通过使用操作系统提供的一对原语来对信号量进行操作，从而很方便的实现进程互斥和同步。

- 信号量其实就是一个变量S，用以表示系统中某种资源的数量。
- 原语是一种特殊的程序段，执行的过程不允许被中断，只能一气呵成。
- 一对原语：
  - P(S) = wait(S) = down(S) = acquire(S) = S = S - 1
  - V(S) = signal(S) = up(S) = release(S) = S = S + 1

3.1 用信号量机制实现进程互斥

1. 分析并发进程的关键活动（activity），划定临界区
2. 设置互斥信号量**mutex**，初值为1。不同的临界资源需要设定不同的互斥信号量。
3. 在临界区之前执行P（mutex）
4. 在临界区之后执行V（mutex），P（）和V（）操作必须成对出现

```
/* 信号量机制实现进程互斥 */
Semaphore mutex = new Semaphore(1); // 初始化信号量

P1(){
    // ...
    mutex.wait(); // 加锁
    critical section; // 临界区
    mutex.signal(); // 解锁
    // ...
}

P2(){
    // ...
    mutex.wait(); // 加锁
    critical section; // 临界区
    mutex.signal(); // 解锁
    // ...
}
```

3.2 用信号量机制实现进程同步

1. 分析什么地方需要实现“同步关系”，即必须保证“一前一后”执行的两个操作
2. 设置**同步信号量S**，初值为0。
3. 在“前面的操作”之后执行V（S）
4. 在“后面的操作”之前执行P（S）

事例见下文生产者/消费者问题

3.3 生产者/消费者问题

问题分析：

系统中有一组**生产者进程**和**一组消费者进程**，生产者进程每次生产一个产品放入缓冲区，消费者进程每次从缓冲区中取出一个产品并使用。（注：这里的“产品”理解为某种数据）

- 生产者、消费者共享一个**初始为空、大小为n的缓冲区**，
- 只有**缓冲区没满**时，生产者才能把产品放入缓冲区，否则必须等待。
- 只有**缓冲区不空时**，消费者才能从中取出产品，否则必须等待.
  缓冲区是临界资源，各进程必须**互斥地访问**。

分析步骤：

1. 关系分析。找出题目中描述的各个进程，分析它们之间的**同步、互斥**关系。
2. 整理思路。根据各进程的操作流程确定P、V操作的大致顺序
3. 设置信号量。设置需要的信号量，并根据题目条件确定信号量初值。（互斥信号量初值一般为1，同步信号量的初始值要看对应资源的初始值是多少）

```
Semaphore mutex = new Semaphore(1); // 初始化互斥信号量，表示对缓冲区的互斥访问
Semaphore tempon_empty = new Semaphore(N); // 同步信号量，表示空闲缓冲区的数量
Semaphore tempon_full = new Semaphore(0); // 同步信号量，表示产品数量，即非空缓冲区的数量
```

```
Producer() {
    while(true) {
        生产一个产品; // 第1步
        tempon_empty.down(); // 第2步，预将产品放入缓冲区，空闲缓冲区数量-1

        mutex.down();        /*************/
        将产品放入缓冲区;      /* 互斥操作临界区 */
        mutex.up();          /*************/

        tempon_full.up(); // 第3步，已将产品放入缓冲区，产品数量+1
    }
}
```

```
Comsumer() {
    while(true) {
        tempon_empty.up(); // 第1步，预将产品从缓冲区中取出，空闲缓冲区数量+1

        mutex.down();            /*************/
        从缓冲区取出一个产品;       /* 互斥操作临界区 */
        mutex.up();              /*************/

        tempon_full.down(); // 第2步，已将产品取出，欲使用产品，产品数量-1
        使用产品;
    }
}
```

3.4 读者-写者问题

问题分析：
有读者和写者两组并发进程共享一个文件，当两个或两个以上的读进程同时访问共享数据时不会产生副作用，但若某个写进程和其他进程(读进程或写进程）同时访问共享数据时则可能导致数据不一致的错误。因此要求：

```
1．允许多个读者可以同时对文件执行读操作；
2．只允许一个写者往文件中写信息；
3．任一写者在完成写操作之前不允许其他读者或写者工作；
4．写者执行写操作前，应让已有的读者和写者全部退出
```

分析步骤：

1. 关系分析。找出题目中描述的各个进程，分析它们之间的同步、互斥关系。
   - 两类进程：写进程，读进程
   - 互斥关系：写进程-写进程；写进程-读进程。两个读进程间不存在互斥问题。
     - 写进程和任何进程都互斥，所以设置一个互斥信号量rw，在写者访问共享文件前后分别执行P，V操作；
     - 写进程和读进程也互斥，所以读者访问共享文件前后也要对互斥信号量rw分别执行P，V操作；
     - 可以设计一个整数变量count来记录当前有几个读进程在访问文件。以实现当有两个读进程时，**第二个读进程不必再进行P（rw）操作，而直接访问文件**。
2. 整理思路。根据各进程的操作流程确定P、V操作的大致顺序
3. 设置信号量。设置需要的信号量，并根据题目条件确定信号量初值。（互斥信号量初值一般为1，同步信号量的初始值要看对应资源的初始值是多少）

```
Semaphore rw = new Semaphore(1); // 初始化互斥信号量，表示当前是否有进程正在访问共享文件
int count = 0; // 记录当前有几个读进程在访问文件
Semaphore mutex = new Semaphore(1); // 互斥信号量，用以保证对count变量的互斥访问
Semaphore w = new Semaphore(1); // 互斥信号量，用于实现“写优先”（先到先服务）
```

该策略为读者优先：
写进程可能会一直阻塞等待，从而饿死

```
Writer() {
    while(true){
        rw.down();      // 写之前“加锁”
        写文件;
        rw.up();        // 写之后“解锁”
    }
}
```

```
Reader() {
    while(true){
/*******************************************/
        mutex.down();       // 各个读进程互斥的访问count
        if (count == 0) {   // 因为对count的检查和赋值不是原子性的，所以要对count“上锁”
            rw.down();      // 对第一个读进程“加锁”
        }
        count ++;
        mutex.up();
/*******************************************/
        读文件;
/*******************************************/
        mutex.down();       // 各个读进程互斥的访问count
        count --;
        if (count == 0) {
            rw.up();        // 最后一个读进程负责“解锁”
        }
        mutex.up();
/*******************************************/
    }
}
```

写优先（先到先服务）：

```
注意分析以下并发执行w.down()的情况：
1. 读者1 -> 读者2
2. 写者1 -> 写者2
3. 写者1 -> 读者1
4. 读者1 -> 写者1 -> 读者2
5. 写者1 -> 读者1 -> 写者2
```

```
Writer() {
    while(true){
        w.down();
        rw.down();      // 写之前“加锁”
        写文件;
        rw.up();        // 写之后“解锁”
        w.up();
    }
}
```

```
Reader() {
    while(true){
/*****************************************/
        w.down();
        mutex.down();       // 各个读进程互斥的访问count
        if (count == 0) {   // 因为对count的检查和赋值不是原子性的，所以要对count“上锁”
            rw.down();      // 对第一个读进程“加锁”
        }
        count ++;
        mutex.up();
        w.up();
/*****************************************/
        读文件;
/*****************************************/
        mutex.down();       // 各个读进程互斥的访问count
        count --;
        if (count == 0) {
            rw.up();        // 最后一个读进程负责“解锁”
        }
        mutex.up();
/*****************************************/
    }
}
```

核心思想：

- 设置了一个计数器**count**用来记录当前正在访问共享文件的读进程数，从而根据进程是否是第一个/最后一个读进程，而做出不同的处理。
- 体会如何解决写进程饥饿的

3.5 哲学家问题

圆桌上坐着5名哲学家，每两个哲学家之间的桌上摆一根筷子，桌子的中间是一碗米饭。哲学们倾注毕生的精力用于思考和进餐，哲学家在思考时，并不影响他人。只有当哲学家饥饿时才试图拿起左、右两根筷子（一根一根地拿起）。如果筷子已在他人手上，则需等待。饥饿的哲学家只有同时拿起两根筷子才可以开始进餐。当进餐完毕后，放下筷子继续思考。

1. 关系分析。系统中有5个哲学家进程，5位哲学家**与左右邻居对其中间筷子的访问是互斥关系**
2. 整理思路。这个问题中只有互斥关系，但与之前遇到的问题不同的事，每个哲学家进程需要同时持有两个临界资源才能开始吃饭。如何**避免临界资源分配不当造成的死锁现象**，是哲学家问题的精髓。
3. 信号量设置。定义互斥信号量数组`chopstick [5] = {1,1,1,1,1}`用于实现对5个筷子的互斥访问。并对哲学家按`0~4`编号，哲学家`i`左边的筷子编号为`i`，右边的筷子编号为`(i+1) % 5`。

```
Semaphore chopstick[5] = new Semaphore(1);
Semaphore mutex = new Semaphore(1);
```

```
Philosoph_i () {    // i号哲学家进程
    while(true) {
        chopstick[i].down();            // 拿起左边筷子
        chopstick[(i+1)%5].down();      // 拿起右边筷子
        吃饭;
        chopstick[i].up();              // 放下左边筷子
        chopstick[(i+1)%5].up();        // 放下右边筷子
        思考;
    }
/*
    这种情况下，所有哲学家都会拿起左边的筷子，会造成死锁
*/
}
```

注意：这种情况下，所有哲学家都会拿起左边的筷子，会造成死锁。这种解决方案不合理。

如何防止死锁的发生呢?

1. 可以对哲学家进程施加一些限制条件，比如最多允许四个哲学家同时进餐。这样可以保证至少有一个哲学家是可以拿到左右两只筷子的
2. 要求奇数号哲学家先拿左边的筷子，然后再拿右边的筷子，而偶数号哲学家刚好相反。用这种方法可以保证如果相邻的两个奇偶号哲学家都想吃饭，那么只会有其中一个可以拿起第一只筷子，另一个会直接阻塞。这就避免了占有一支后再等待另一只的情况。
3. 当且仅当一个哲学家左右两只筷子都可用时才允许他挂起筷子。

```
Semaphore chopstick[5] = new Semaphore(1);
Semaphore mutex = new Semaphore(1); // 互斥地取筷子
```

```
/*
    实现方法3.
*/
Philosoph_i () {    // i号哲学家进程
    while(true) {
        mutex.down();                   // 拿两个筷子的锁
        chopstick[i].down();            // 拿起左边筷子
        chopstick[(i+1)%5].down();      // 拿起右边筷子
        mutex.up();
        吃饭;
        chopstick[i].up();              // 放下左边筷子
        chopstick[(i+1)%5].up();        // 放下右边筷子
        思考;
    }
}
```

总结:

- 这些进程之间只存在互斥关系，但是与之前接触到的互斥关系不同的是，每个进程都需要同时持有两个临界资源，因此就有“死锁”问题的隐患。
- 如果在考试中遇到了一个进程需要同时持有多个临界资源的情况，应该参考哲学家问题的思想，分析题中给出的进程之间是否会发生循环等待，是否会发生死锁。

- 可以参考哲学家就餐问题解决死锁的三种思路

4. 死锁

4.1 死锁概念

在并发环境下，各进程因竞争资源而造成的一种**互相等待对方手里的资源，导致各进程都阻塞，都无法向前推进的现象**，就是死锁。
每个人都占有一个资源，同时又在等待另一个人手里的资源。发生“死锁”。

死锁产生的必要条件：

1. 互斥条件：只有对必须互斥使用的资源的争抢才会产生死锁。
2. 不可剥夺条件：进程所获得的资源在未使用完之前，不能**由其他进程强行夺走**
3. 请求和保持条件：进程已经**保持了至少一个资源**，但**又提出了新的资源请求**，而该资源又被其他进程占有，此时请求进程被阻塞，但**又对自己已有的资源保持不放**
4. 循环等待条件：存在一种进程**资源的循环等待链**，链中的每一个进程已获得的资源同时被下一个进程所请求。
   - **死锁 -> 一定有循环等待； 循环等待 不一定 发生死锁**

预防死锁：
破坏**死锁产生的必要条件**，即可预防死锁。

4.2 饥饿

饥饿：由于**长期得不到想要的资源**，某进程无法向前推进的现象。
比如在短进程优先（SPF)算法中，若有源源不断的短进程到来，则长进程将一直得不到处理机，从而发生长进程“饥饿“

4.3 死循环

死循环：某进程执行过程中一直跳不出某个循环的现象。有时是因为程序逻辑bug 导致的，有时是程序员故意设计的。

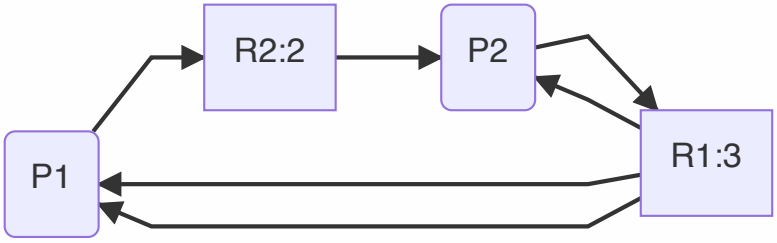
4.4 死锁、饥饿和死循环的异同点

	共同点	区别
死锁	都是进程无法顺利向前推进的现象	死锁一定是“循环等待对方手里的资源”导致的，因此如果有死锁现象，那至少有两个或两个以上的进程同时发生死锁。另外，发生死锁的进程一定处于阻塞态
饥饿		可能只有一个进程发生饥饿。发生饥饿的进程可能是阻塞态（如长期得不到需要的IO设备），也可能是就绪态（长期得不到处理机）
死循环		可能只有一个进程发生死循环。死循环可以是运行态，只不过无法继续推进。死锁和饥饿是由于操作系统分配资源的策略不合理导致的，而死循环是由代码逻辑错误导致的。死锁和饥饿是管理者(操作系统)的问题，死循环是被管理者的问题。

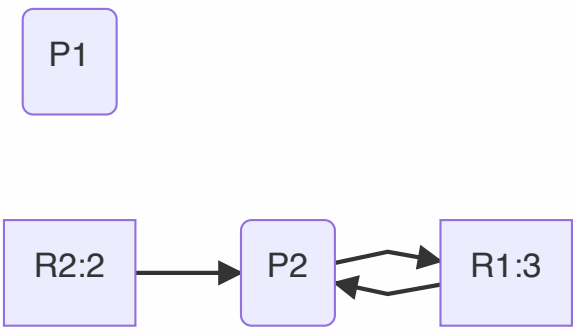
4.5 静态策略：根据资源分配图（Graphe d’allocation）预防死锁

4.5.1 资源分配图

- 两种结点
  - 进程结点：对应一个进程
  - 资源结点：对应一类资源，一类资源可能有多个。（一般用矩形代表资源结点，矩形中的小圆圈代表该类资源的数量）
- 两种边：
  - 进程结点 -> 资源结点：请求边，表示进程想申请几个资源（一条边代表一个）
  - 资源结点 -> 进程结点：分配边，表示已经为进程分配了几个资源



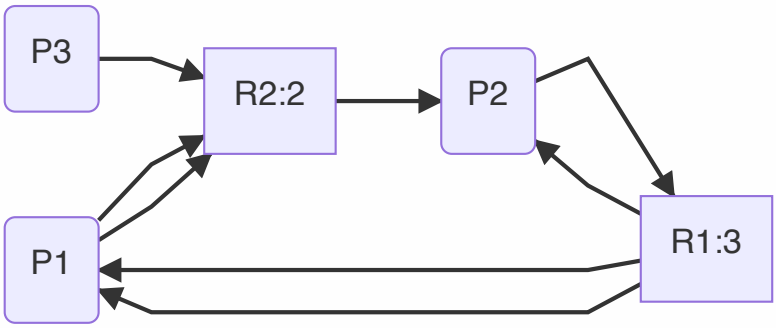
如果系统中剩余的可用资源数足够满足进程的需求，那么这个进程暂时是不会阻塞的，可以顺利地执行下去。



如果这个进程执行结束了把资源归还系统，就可能使某些正在等待资源的进程被激活，并顺利地执行下去。
相应的，这些被激活的进程执行完了之后又会归还一些资源，这样可能又会激活另外一些阻塞的进程....

如果按上述过程分析，最终**能消除所有边**，就称这个图是**可完全简化的**。此时一定**没有发生死锁**（相当于能找到一个安全序列）

另一个例子：



如果最终**不能消除所有边**，那么此时就是**发生了死锁**。 **最终没有被消除的边所连的进程就发生了死锁**。

4.5.2 死锁的解除

用死锁检测算法化简资源分配图后，还连着边的那此进程就是死锁进程。
解除死锁的主要方法有：

1. 资源剥夺法。挂起（暂时放到外存上）某些死锁进程，并抢占它的资源，将这些资源分配给其他的死锁进程。但是应防止被挂起的进程长时间得不到资源而饥饿。
2. 撤销进程法（或称终止进程法）。强制撤销部分、甚至全部死锁进程，并剥夺这些进程的资源，这种方式的优点是实现简单，但所付出的代价可能会很大。因为有些进程可能已经运行了很长时间，已经接近结束了，旦被终止可谓功亏一篑，以后还得从头再来。
3. 进程回退法。让一个或多个死锁进程回退到足以避免死锁的地步。这就要求系统要记录进程的历史信息，设置还原点

4.6 动态策略：避免死锁

4.6.1 安全序列

所谓**安全序列**，就是值如果系统按照这种序列分配资源，则每个进程都能顺利完成。只要能找出一个安全序列，系统就是**安全状态**。当然，**安全序列可能有多个**。
如果分配了资源之后，系统中找不出任何一个安全序列，系统就进入了**不安全状态**。这就意味着之后**可能**所有进程都无法顺利的进行下去。当然，如果有进程提前归还了一些资源，那系统也**有可能重新回到安全状态**，不过我们在分配资源之前总是要考虑到最坏的情况。

因此可以**在资源分配之前前预判这次分配是否会导致系统进入不安全状态**，一次决定是否答应资源分配的请求。这也是“**银行家算法**”的核心思想。

4.6.2 银行家算法

假设系统中有n个进程，m种资源每个进程在运行前先声明对各种资源的最大需求数，则可用一个n*m的矩阵（可用二维数组实现） 表示所有进程对各种资源的最大需求数。不妨称为**最大需求矩阵** `Max`， `Max[i,j] = K` 表示进程`P_i`最多需要K个资源`R_j`。同理，系统可以用一个`n*m` 的**分配矩阵 Allocation** 表示对所有进程的资源分配情况。`Max - Allocation = Need` 矩阵，表示各进程最多还需要多少各类资源。
另外，还要用一个长度为m的一维数组 `Available(...)` 表示当前系统中**还有多少可用资源**
某进程pi向系统申请资源，可用1个长度为m的一维数组 `Request(...)`， 表示**本次申请的各种资源量**。

进程	最大需求(Max 矩阵)	已分配(Allocation 矩阵)	最多还需要(Need 矩阵)
P0	(7,5,3)	(0,1,0)	(7,4,3)
P1	(3,2,2)	(2,0,0)	(1,2,2)
P2	(9,0,2)	(3,0,2)	(6,0,0)
P3	(2,2,2)	(2,1,1)	(0,1,1)
P4	(4,3,3)	(0,0,2)	(4,3,1)

可用**银行家算法**预判本次分配是否会导致系统进入不安全状态：

1. 如果 `Request_i[j] < Need[i,j] (0 <= j < m)`便转向②：否则认为出错
2. 如果 `Request_i[j] < Available[i,j] (0 <= j < m)`，便转向③：否则表示尚无足够资源，p必须等待
3. 系统试探着把资源分配给进程Pi，并修改相应的数据（并非真的分配，修改数值只是为了做预判)：
   - `Available = Available - Request_j;`
   - `Allocation[i,j] = Allocation[i,j] + Request_i[j];`
   - `Need[i,j] = Need[i,j] - Request_i[j]`
4. 操作系统执行**安全性算法**，检查此次资源分配后，系统是**否处于安全状态**。若安全，才正式分配;否则，恢复相应数据，让进程阻塞等待。

银行家算法步骤：

1. 检查此次申请是否超过了之前声明的最大需求数
2. 检查此时系统剩余的可用资源是否还能满足这次请求
3. 试探着分配，更改各数据结构
4. 用安全性算法检查此次分配是否会导致系统进入不安全状态

安全性算法步骤：
检查当前的剩余可用资源是否能满足某个进程的最大需求，如果可以，就把该进程加入安全序列，并把该讲程持有的资源全部回收。
不断重复上述过程，看最终是否能让所有进程都加入安全序列。

5. 管程 Monitor

拓展阅读：

- Monitor 底层原理：关于 ObjectMonitor 的底层源码分析
- synchronized 关键字的锁升级阶段：乐观锁

管程是一种高级同步机制，由于实现进程的互斥和同步。

管程是一种特殊的软件模块，有这些部分组成：

1. 局部于管程的共享数据结构说明;
2. 对该数据结构进行操作的一组过程;
3. 对局部于管程的共享数据设置初始值的语句;
4. 管程有一个名字。

- Tips: “过程” 其实就是“函数”

管程的基本特征：

1. 局部于管程的数据只能被局部于管程的过程所访问;
2. 一个进程只有通过调用管程内的过程才能进入管程访问共享数据;
3. 每次仅允许一个进程在管程内执行某个内部过程。

5.1 Java中类似于管程的机制

Java 中，如果用关键字synchronized 来描述一个函数，那么这个函数同一时间段内只能被一个线程调用

```
static class monitor {
    private Item buffer[] = new Item[N]:
    private int count = 0;
    public synchronized void insert (Item item) {  // 每次只能有一个线程进入insert 函数，如果多个线程同时调用 insert 函数，则后来者需要排队等待
        ...
    }
}
```

我们考虑如下情形：

```
static int count = 0;
    public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
        Thread t1 = new Thread(()->{
            for (int i = 1;i<5000;i++){
                count++;
```

```
            }
        });
        Thread t2 =new Thread(()->{
            for (int i = 1;i<5000;i++){
                count--;
            }
        });
        t1.start();
        t2.start();
        t1.join();
        t2.join();
        System.out,println("count的值是",count);
    }
```

所得结果并不为0

5.2 临界区 Critical Section

一段代码块内如果存在对共享资源的多线程读写操作，称这段代码块为临界区

```
static int counter = 0; // 共享资源
static void increment ()
// 临界区代码块
{
    counter ++;
}

static void decrement ()
// 临界区代码块
{
    counter --;
}
```

5.3 竞态条件 Race Condition

多个线程在临界区内执行，由于代码的执行序列不同而导致结果无法预测，称之为发生了竞态条件，多线程的安全问题

- 阻塞式的解决办法：synchronized、锁
  - 锁又分为：互斥锁（mutex），自旋锁
- 非阻塞式的解决办法：原子变量

5.4 线程互斥锁：mutex

互斥锁可以确保一个资源每次只被一个线程访问
mutex = semaphore（1）

```
    lock(); // 上锁
    // 访问临界区
    unlock(); //解锁
```

5.5 Semaphore 信号量

信号量，用来限制能访问共享资源的线程上限。（类比于滑动窗口）

```
public class testSemaphore {
    public static void main(String[] args) {
        // 1. 创建semaphore对象
        Semaphore semaphore = new Semaphore(3); // Semaphore(int,boolean), 其中int为访问共享资源的线程数、bool为是否公平

        // 2. 创建6个线程
        for (int i = 0; i < 6; i++) {
            new Thread (() -> {
                semaphore.acquire(); // 获得许可，semaphore数量减1
                System.out.println("Running...");
                Thread.sleep(1000);
                System.out.println("End...");
                semaphore.release(); // 释放许可，semaphore数量加1
            }).start();
        }
    }
}
/*
    运行结果为：
    Thread 0 : Running...
    Thread 1 : Running...
    Thread 2 : Running...
    (sleep 1s)
    Thread 0 : End...
    Thread 1 : End...
    Thread 2 : End...


    Thread 3 : Running...
    Thread 4 : Running...
    Thread 5 : Running...
    (sleep 1s)
    Thread 3 : End...
    Thread 4 : End...
    Thread 5 : End...
*/
```

5.6 Synchronized解决方案

Synchronized，俗称【对象锁】。它采用互斥的方式让同一时刻至多只有一个线程持有【对象锁】，其他线程再想获得这个【对象锁】时就会阻塞住。这样就能保证拥有锁的线程可以安全的执行临界区内的代码块，不用担心上下文的切换。
注意：
虽然 java 中互斥和同步都可以采用 synchronized 关键字来完成，但它们还是有区别的：

- 互斥是保证临界区的竞态条件发生，同一时刻只能有一个线程执行临界区的代码
- 同步是由于线程执行的先后，顺序不同但是需要一个线程等待其它线程运行到某个点。

5.6.1 Synchronized 语法：

```
synchronized (对象, object) // 线程1获得锁， 那么线程2的状态是(blocked)
{
    临界区
}
```

```
static int counter = 0;
static final Object lock = new Object();
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
     Thread t1 = new Thread(() -> {
         for (int i = 0; i < 5000; i++) {
             synchronized (lock) { // 加对象锁
             counter++;
            }
         }
    }, "t1");
     Thread t2 = new Thread(() -> {
         for (int i = 0; i < 5000; i++) {
             synchronized (lock) { // 加对象锁
             counter--;
         }
     }
     }, "t2");
     t1.start();
     t2.start();
     t1.join();
     t2.join();
     System.out.println(counter);
}
```

此时的结果才为0。

5.6.2 Synchronized 原理

synchronized实际上利用对象锁保证了临界区代码的原子性，临界区内的代码在外界看来是不可分割的，不会被线程切换所打断。
建议锁的对象设置为**final**，这样就不可变了。

5.6.3 Synchronized 面向对象的改进

```
lockObject lock = new lockObject();
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
     Thread t1 = new Thread(() -> {
         for (int i = 0; i < 5000; i++) {
            lock.increment();
            }
        }
    }, "t1");
     Thread t2 = new Thread(() -> {
         for (int i = 0; i < 5000; i++) {
            lock.decrement();
         }
     }, "t2");
     t1.start();
     t2.start();
     t1.join();
     t2.join();
     System.out.println(counter);
}

class lockObject {
    private int counter = 0;
    //加操作
    public void increment() {
        synchronized (this) {
            counter++;
        }
    }
    //减操作
    public void decrement() {
        synchronized (this) {
            counter--;
        }
    }
    // 获取当前counter
    public int getCounter() {
        synchronized (this) {
            return counter;
        }
    }
```

```
}
```

5.6.4 Synchronized 在方法上

```
// 在成员方法上
class Test{
        public synchronized void test() {

        }
    }
//等价于
class Test{
    public void test() {
        synchronized(this) { // 锁住this对象
        }
    }
}
```

```
// 在静态方法上
class Test{
        public synchronized static void test() {

        }
    }
//等价于
class Test{
    public static void test() {
        synchronized(Test.class) {
        }
    }
}
```

5.7. 变量的线程安全分析

5.7.1 成员变量和静态变量的线程安全分析

- 如果没有变量没有在线程间共享，那么变量是安全的
- 如果变量在线程间共享
  - 如果只有读操作，则线程安全
  - 如果有读写操作，则这段代码是临界区，需要考虑线程安全

5.7.2 局部变量线程安全分析

- 局部变量【局部变量被初始化为基本数据类型】是安全的
- 局部变量引用的对象未必是安全的
  - 如果局部变量引用的对象没有引用线程共享的对象，那么是线程安全的
  - 如果局部变量引用的对象引用了一个线程共享的对象，那么要考虑线程安全的

5.7.3 常见线程安全类

- String
- Integer
- StringBuffer
- Random
- Vector
- Hashtable
- java.util.concurrent 包下的类
  这里说它们是线程安全的是指，多个线程调用它们同一个实例的某个方法时，是线程安全的。也可以理解为它们的每个方法是原子的

```
Hashtable table = new Hashtable();
new Thread(()->{
    table.put("key", "value1");
}).start();
new Thread(()->{
    table.put("key", "value2");
}).start();
```

5.7.4 习题

找出临界区代码，加锁

- 买票：BiliBili-黑马程序员全面深入学习Java并发编程，JUC并发编程全套教程 买票问题
- 转账：BiliBili-黑马程序员全面深入学习Java并发编程，JUC并发编程全套教程 转账问题

Wait/Notify

API介绍

- `obj.wait()` 让进入obj监视器的线程到waitSet等待
- `obj.wait(long timeout)` 让进入obj监视器的线程到waitSet等待 **timeout时间长度**，继续执行
- `obj.notify()` 在obj上正在waitSet等待的线程中**随机选一个唤醒**
- `obj.notifyAll()` 让obj上正在waitSet等待的线程**全部唤醒**

前提是：**必须获得此对象的锁**，才能调用这几个方法

```
static final Object lock = new Object ();
public static void main(){

    new Thread (() -> {
        synchronized (lock) {
            try {
                lock.wait(); // 让线程t1在lock上一直等待下去
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
    },"t1").start();

    new Thread (() -> {
        synchronized (lock) {
            try {
                lock.wait(); // 让线程t2在lock上一直等待下去
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        }
    },"t2").start();

    Thread.sleep(2000);
    synchronized (lock) { // 主线程
        lock.notify(); // 随机唤醒一个
        lock.notifyAll(); // 唤醒所有
    }
}
```

wait和sleep的区别

- sleep是Thread方法，wait是所有对象的方法
- sleep不用与synchronized一起用，wait需要与synchronized一起用
- sleep**不会释放锁**，wait在等待时**会释放锁**

相同点：进入的状态都是TIMED-WAITING

```
synchronized (lock){
   while (条件不成立) {
       lock.wait();
    }
    // TODO
}

// 另一个线程
synchronized (lock){
    lock.notify();
}
```

例子：

```
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;

import static cn.itcast.n2.util.Sleeper.sleep;

@Slf4j(topic = "c.TestCorrectPosture")
public class TestCorrectPostureStep4 {
    static final Object room = new Object();
    static boolean hasCigarette = false;
    static boolean hasTakeout = false;

    public static void main(String[] args) {


        new Thread(() -> {
            synchronized (room) {
                log.debug("有烟没? [{}]", hasCigarette);
                while (!hasCigarette) {
                    log.debug("没烟，先歇会！");
                    try {
                        room.wait();
                    } catch (InterruptedException e) {
                        e.printStackTrace();
                    }
                }
                log.debug("有烟没? [{}]", hasCigarette);
                if (hasCigarette) {
                    log.debug("可以开始干活了");
                } else {
                    log.debug("没干成活...");
                }
            }
        }, "小南").start();

        new Thread(() -> {
            synchronized (room) {
                Thread thread = Thread.currentThread();
                log.debug("外卖送到没? [{}]", hasTakeout);
```

```
                if (!hasTakeout) {
                    log.debug("没外卖，先歇会！");
                    try {
                        room.wait();
                    } catch (InterruptedException e) {
                        e.printStackTrace();
                    }
                }
                log.debug("外卖送到没？[{}]", hasTakeout);
                if (hasTakeout) {
                    log.debug("可以开始干活了");
                } else {
                    log.debug("没干成活...");
                }
            }
        }, "小女").start();

        sleep(1);
        new Thread(() -> {
            synchronized (room) {
                hasTakeout = true;
                log.debug("外卖到了噢！");
                room.notifyAll();
            }
        }, "送外卖的").start();
    }
}
```

6. ReentrantLock

基于对象层面，synchronized基于“关键字”
相对于 synchronized 它具备如下特点

- 可中断
- 可以设置超时时间
- 可以设置为公平锁
- 支持多个条件变量
- 与 synchronized 一样，都支持可重入

6.1 基本语法

```
// 获取锁
reentrantLock.lock();
try {
    // 临界区
}
finally {
    // 释放锁
    reentrantLock.unlock();
}
```

6.2 可重入

可重入是指同一个线程如果首次获得了这把锁，那么因为它是这把锁的拥有者，因此有权利再次获取这把锁
如果是不可重入锁，那么第二次获得锁时，自己也会被锁挡住.

```
static ReentrantLock lock = new ReentrantLock();

public static void main(String[] args) {
    method1();
}
public static void method1() {
    lock.lock(); // 锁的重入
    try {
        log.debug("execute method1");
        method2(); // 调用method2
    }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}
public static void method2() {
    lock.lock();
    try {
        log.debug("execute method2");
        method3(); // 调用method3
    }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}
public static void method3() {
    lock.lock();
    try {
        log.debug("execute method3");
        }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}
```

Output:

```
17:59:11.862 [main] c.TestReentrant - execute method1
17:59:11.865 [main] c.TestReentrant - execute method2
17:59:11.865 [main] c.TestReentrant - execute method3
```

6.3 可打断

```
ReentrantLock lock = new ReentrantLock();

Thread t1 = new Thread(() -> {
    log.debug("启动...");
    try {
        // 如果没有竞争，那么此方法就会获得lock对象锁
        // 如果有竞争就进入阻塞队列，可以被其他进程用 interrupt 方法打断
        lock.lockInterruptibly(); // 可中断锁
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
        log.debug("等锁的过程中被打断");
        return;
    }
    try {
        log.debug("获得了锁");
        }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}, "t1");

lock.lock();
log.debug("获得了锁");
t1.start();
try {
    sleep(1);
    t1.interrupt(); // 执行中断
    log.debug("执行打断");
}
finally {
    lock.unlock();
}
```

Output:

```
18:02:40.520 [main] c.TestInterrupt - 获得了锁
18:02:40.524 [t1] c.TestInterrupt - 启动...
18:02:41.530 [main] c.TestInterrupt - 执行打断
java.lang.InterruptedException
    at
java.util.concurrent.locks.AbstractQueuedSynchronizer.doAcquireInterruptibly(AbstractQueued
Synchr onizer.java:898)
    at
java.util.concurrent.locks.AbstractQueuedSynchronizer.acquireInterruptibly(AbstractQueuedSy
nchron izer.java:1222)
    at java.util.concurrent.locks.ReentrantLock.lockInterruptibly(ReentrantLock.java:335)
at cn.itcast.n4.reentrant.TestInterrupt.lambda$main$0(TestInterrupt.java:17)
    at java.lang.Thread.run(Thread.java:748)
18:02:41.532 [t1] c.TestInterrupt - 等锁的过程中被打断
```

注意如果是不可中断模式，那么即使使用了 interrupt 也不会让等待中断

```
ReentrantLock lock = new ReentrantLock();

Thread t1 = new Thread(() -> {
    log.debug("启动...");
    lock.lock(); // 普通锁
    try {
        log.debug("获得了锁");
        }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}, "t1");

lock.lock();
log.debug("获得了锁");
t1.start();
try {
    sleep(1);
    t1.interrupt(); // 执行中断
    log.debug("执行打断");
    sleep(1);
}
finally {
    log.debug("释放了锁");
    lock.unlock();
}
```

Output:

```
18:06:56.261 [main] c.TestInterrupt - 获得了锁
18:06:56.265 [t1] c.TestInterrupt - 启动...
18:06:57.266 [main] c.TestInterrupt - 执行打断 // 这时 t1 并没有被真正打断，而是仍继续等待锁
18:06:58.267 [main] c.TestInterrupt - 释放了锁
18:06:58.267 [t1] c.TestInterrupt - 获得了锁
```

6.4 锁超时

当一个线程尝试获取锁时，发现其他线程持有着锁一直没有释放，超过一段时间之后对方并没有释放锁，此线程就放弃等待。

```
ReentrantLock lock = new ReentrantLock();

Thread t1 = new Thread(() -> {
    log.debug("启动...");
    if (!lock.tryLock()) {
        log.debug("获取立刻失败，返回");
        return;
    }
    try {
        log.debug("获得了锁");
    }
    finally {
        lock.unlock();
    }
}, "t1");

lock.lock();
log.debug("获得了锁");
t1.start();
try {
    sleep(2);
}
finally {
    lock.unlock();
}
```

Output:

```
18:15:02.918 [main] c.TestTimeout - 获得了锁
18:15:02.921 [t1] c.TestTimeout - 启动...
18:15:02.921 [t1] c.TestTimeout - 获取立刻失败，返回
```

6.5 条件变量

synchronized 中也有条件变量，就是我们讲原理时那个 waitSet 休息室，当条件不满足时进入 waitSet 等待
ReentrantLock 的条件变量比 synchronized 强大之处在于，它是支持多个条件变量的，这就好比

- synchronized 是那些不满足条件的线程都在一间休息室等消息
- 而 ReentrantLock 支持多间休息室，有专门等烟的休息室、专门等早餐的休息室、唤醒时也是按休息室来唤醒

使用要点:

- await 前需要获得锁
- await 执行后，会释放锁，进入 conditionObject 等待 await 的线程被唤醒(或打断、或超时)取重新竞争 lock 锁
  竞争 lock 锁成功后，从 await 后继续执行

```
static ReentrantLock lock = new ReentrantLock();
// 创建新的条件变量（休息室）
static Condition condition1 = lock.newCondition();
static Condition condition2 = lock.newCondition();

public static void main (String[] args) {
    lock.lock();

    condition1.await(); // 进入“休息室”等待

    condition1.signal(); // 从“休息室”唤醒

    condition1.signalAll();
}
```

7. 线程池 Thread Pool

7.1 线程池

什么是线程池?
线程池其实就是一种多线程处理的形式，处理过程中可以将任务添加到到队列中，然后在创建线程后自动启动这些任务。

使用线程池的优势:

- 使用线程池可以统一的管理线程和控制线程并发数量;
- 可以与任务分离，提升线程重用度;
- 提升系统的响应速度

7.2 线程池的使用

7.2.1 Java内置线程池

接口继承自java.util.concurrent.ThreadPoolExecutor

```
public ThreadPoolExecutor(
    int corePoolSize, // 核心线程数量
    int maximumPoolSize, // 最大线程数量
    long keepAliveTime, // 最大空闲时间（存活时间）
    TimeUnit unit, // 时间单位，TimeUnit 枚举类型
    BlockingQueue<Runnable> workQueue, // 任务阻塞队列
    ThreadFactory threadFactory, // 线程工厂
    RejectedExecutionHandler handler // 饱和处理机制
)
```

工作方式：

1. 线程池中刚开始没有线程，当一个任务提交给线程池后，线程池会创建一个新线程来执行任务。
2. 当线程数达到 corePoolSize 并没有线程空闲，这时再加入任务，新加的任务会被加入workQueue 队列排队，直到有空闲的线程。
3. 如果队列选择了有界队列，那么任务超过了队列大小时，会创建 maximumPoolSize - corePoolSize 数目的线程来救急。
4. 如果线程到达 maximumPoolSize 仍然有新任务这时会执行拒绝策略。拒绝策略 jdk 提供了 4 种实现，其它著名框架也提供了实现
   - AbortPolicy 让调用者抛出 RejectedExecutionException 异常，这是默认策略
   - allerRunsPolicy 让调用者运行任务
   - DiscardPolicy 放弃本次任务
   - DiscardOldestPolicy 放弃队列中最早的任务，本任务取而代之
   - Dubbo 的实现，在抛出 RejectedExecutionException 异常之前会记录日志，并 dump 线程栈信息，方便定位问题
   - Netty 的实现，是创建一个新线程来执行任务
   - ActiveMQ 的实现，带超时等待(60s)尝试放入队列，类似我们之前自定义的拒绝策略
   - PinPoint 的实现，它使用了一个拒绝策略链，会逐一尝试策略链中每种拒绝策略
5. 当高峰过去后，超过corePoolSize 的救急线程如果一段时间没有任务做，需要结束节省资源，这个时间由 keepAliveTime 和 unit 来控制。

7.2.2 自定义线程池

创建一批线程，让这些线程可以得到重复的利用。这样既可以减少内存的占用，也可以减少线程的数量，避免频繁的上下文切换。

```
    /*
        需求：
            自定义线程池练习，这是任务类，需要实现Runnable
```

```
            包含任务编号，每个任务设计执行时间0.2s
    */
public class MyTask implements Runnable {

    private int id; // id的初始化可以利用构造方法

    public MyTask (int id) {
        this.id = id;
    }

    @Override
    public void run() {
        String name = Thread.currentThread.getName();
        System.out.println("线程:" + name + "即将执行任务:" + id);
        try {
            Thread.sleep(200);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        System.out.println("线程:" + name + "完成任务!");
    }
}
```

```
    /*
        需求:
            自定义线程池练习，这是线程类，需要继承Thread类
            包含线程的名字 和 一个用于保存所有任务的集合
    */
public class MyThread extends Thread {
    private String name; // 线程的名字
    private List<Runnable> tasks;

    public MyThred (String name, List<Runnable> tasks) {
        super(name);
        this.tasks = tasks;
    }

    @Override
    public void run () {
        // 判断集合中是否有任务，只要有就一直执行任务
        while (tasks.size > 0) {
            Runnable r = tasks.remove(0);
            r.run();
        }
    }
}
```

```
    /*
        需求:
            自定义线程池练习，这是线程池类（核心）
```

```
        成员变量：
            1. 任务队列 集合 需要控制线程安全问题
            2. 当前线程数量
            3. 核心线程数
            4. 最大线程数
            5. 任务队列的长度
        成员方法：
            1. 提交任务：将任务添加到集合中，需要判断是否超出了任务总长度
            2. 执行任务：判断当前线程数量，决定创建核心线程还是非核心线程
    */
public class MyThreadPool {
    // 1.任务队列
    private List<Runnable> tasks = Collections.synchronizedList(new LinkedList());
    // 2. 当前线程数量
    private int num;
    // 3. 核心线程数
    private int corePoolSize;
    // 4. 最大线程数
    private int maxPoolSize;
    // 5. 任务队列的长度
    private int workSize;

    public MyThreadPool (int corePoolSize, int maxPoolSize, int workSize) {
        this.corePoolSize = corePoolSize;
        this.maxPoolSize = maxPoolSize;
        this.workSize = workSize;
    }

    // 1. 提交任务
    public void submit (Runnable r) {
        // 判断当前集合中任务的数量是否超出了最大任务数量
        if (tasks.size() >= workSize && num >= maxPoolSize) {
            System.out.println("任务" + r + "被丢弃了...")
        }
        else {
            tasks.add(r);
            execTask(r); // 执行任务
        }
    }

    // 2. 执行任务
    private void execTask (Runnable r) {
        // 判断当前线程池中的线程总数量是否超出了核心数
        if (num < corePoolSize) {
            new Mywork ("核心线程", tasks).start();
            num++;
        }
        else if (num < maxPoolSize) {
            new Mywork ("非核心线程", tasks).start();
            num++;
        }
        else {
```

```
            System.out.println("任务" + r + "被缓存了...")
        }
    }

}
```

```
    /*
        测试类:
            1. 创建线程池对象
            2. 提交多个对象
    */
public class MyTest {
    MyThreadPool pool = new MyThreadPool (2,4,10);

    public static void main (String[] args) {
        for (int i = 0; i < 0; i++) {
            MyTask myTasks = new MyTask(i);
            pool.submit(myTasks);
        }
    }
}
```

```
class BlockingQueue<T> {
    // 1.任务队列
    private Deque<T> queue = new ArrayDeque<>();
    // 2.锁
    private ReentrantLock lock = new ReentrantLock();
    // 3.生产者条件变量
    private Condition fullWaitSet = lock.newCondition();
    // 4.消费者条件变量
    private Condition emptyWaitSet = lock.newCondition();
    // 5.容量
    private int capcity;

    // 6.阻塞获取
    public T take() {
        lock.lock();
        try {
            while (queue.isEmpty()) {
                try emptyWaitSet.await();
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            T t = queue.removeFrist();
        } finally {
            lock.unlock();
        }
    }
    // 7.阻塞添加
    public void put (T element) {
```

```
29
30      }
31      // 8.获取大小
32      public int size() {
33
34      }
35  }
```

7.3 Fork/Join

主要思想：分而治之，把一个大任务拆分成多个小任务。

```
1   class SumTask extends RecursiveTask<Long> {
2       @Override
3       protected Long compute() {
4           SumTask subtask1 = new SumTask(...);
5           SumTask subtask2 = new SumTask(...);
6           invoke(subtask1); // 执行subtask1
7           invokeAll(subtask1,subtask2); // 执行全部
8           Long result1 = subtask1.join();
9           Long result2 = subtask2.join();
10          return (result1 + result2);
11      }
12  }
```

8. Transaction

详情跳转至博客：LostNFound - 事务 Transaction 简介

定义：

Suite d'opérations qui, exécutée seule a partir d'un état initial cohérent, aboutit a un état final cohérent