

JUC并发工具

一、CountDownLatch应用&源码分析

1.1 CountDownLatch介绍

CountDownLatch就是JUC包下的一个工具，整个工具最核心的功能就是计数器。

如果有三个业务需要并行处理，并且需要知道三个业务全部都处理完毕了。

需要一个并发安全的计数器来操作。

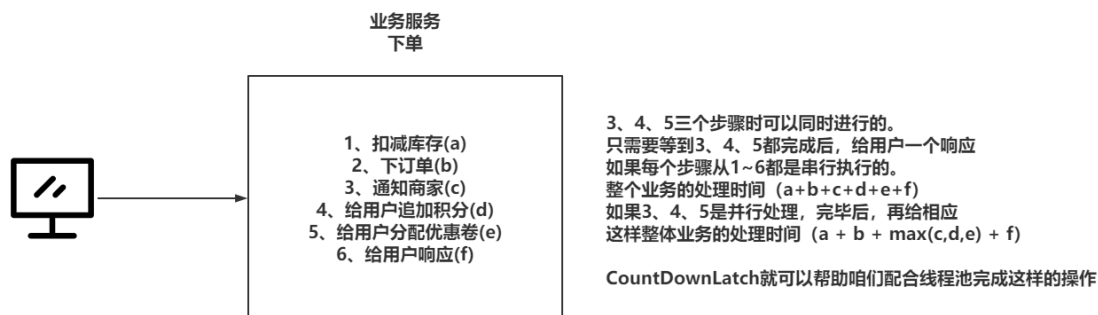
CountDownLatch就可以实现。

给CountDownLatch设置一个数值。可以设置3。

每个业务处理完毕之后，执行一次countDown方法，指定的3每次在执行countDown方法时，对3进行-1。

主线程可以在业务处理时，执行await，主线程会阻塞等待任务处理完毕。

当设置的3基于countDown方法减为0之后，主线程就会被唤醒，继续处理后续业务。



当咱们的业务中，出现2个以上允许并行处理的任务，并且需要在任务都处理完毕后，再做其他处理时，可以采用CountDownLatch去实现这个功能。

1.2 CountDownLatch应用

模拟有三个任务需要并行处理，在三个任务全部处理完毕后，再执行后续操作

CountDownLatch中，执行countDown方法，代表一个任务结束，对计数器 - 1

执行await方法，代表等待计数器变为0时，再继续执行

执行await(time,unit)方法，代表等待time时长，如果计数器不为0，返回false，如果在等待期间，计数器为0，方法就返回true

一般CountDownLatch更多的是基于业务去构建，不采用成员变量。

```
static ThreadPoolExecutor executor = (ThreadPoolExecutor)
Executors.newFixedThreadPool(3);

static CountDownLatch countDownLatch = new CountDownLatch(3);

public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    system.out.println("主业务开始执行");
```

```

        sleep(1000);
        executor.execute(CompanyTest::a);
        executor.execute(CompanyTest::b);
        executor.execute(CompanyTest::c);
        System.out.println("三个任务并行执行,主业务线程等待");
        // 死等任务结束
        // countDownLatch.await();
        // 如果在规定时间内,任务没有结束,返回false
        if (countDownLatch.await(10, TimeUnit.SECONDS)) {
            System.out.println("三个任务处理完毕,主业务线程继续执行");
        } else {
            System.out.println("三个任务没有全部处理完毕,执行其他的操作");
        }
    }

    private static void a() {
        System.out.println("A任务开始");
        sleep(1000);
        System.out.println("A任务结束");
        countDownLatch.countDown();
    }

    private static void b() {
        System.out.println("B任务开始");
        sleep(1500);
        System.out.println("B任务结束");
        countDownLatch.countDown();
    }

    private static void c() {
        System.out.println("C任务开始");
        sleep(2000);
        System.out.println("C任务结束");
        countDownLatch.countDown();
    }

    private static void sleep(long timeout){
        try {
            Thread.sleep(timeout);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

1.3 CountDownLatch源码分析

保证CountDownLatch就是一个计数器,没有什么特殊的功能,查看源码也只是查看计数器实现的方式

发现CountDownLatch的内部类Sync继承了AQS,CountDownLatch就是基于AQS实现的计数器。

AQS就是一个state属性,以及AQS双向链表

猜测计数器的数值实现就是基于state去玩的。

主线程阻塞的方式,也是阻塞在了AQS双向链表中。

1.3.1 有参构造

就是构建内部类Sync，并且给AQS中的state赋值

```
// CountdownLatch的有参构造
public CountdownLatch(int count) {
    // 健壮性校验
    if (count < 0) throw new IllegalArgumentException("count < 0");
    // 构建内部类，Sync传入count
    this.sync = new Sync(count);
}

// AQS子类，Sync的有参构造
Sync(int count) {
    // 就是给AQS中的state赋值
    setState(count);
}
```

1.3.2 await方法

await方法就时判断当前CountDownLatch中的state是否为0，如果为0，直接正常执行后续任务

如果不为0，以共享锁的方式，插入到AQS的双向链表，并且挂起线程

```
// 一般主线程await的方法，阻塞主线程，等待state为0
public void await() throws InterruptedException {
    sync.acquireSharedInterruptibly(1);
}

// 执行了AQS的acquireSharedInterruptibly方法
public final void acquireSharedInterruptibly(int arg) throws
InterruptedException {
    // 判断线程是否中断，如果中断标记位是true，直接抛出异常
    if (Thread.interrupted())
        throw new InterruptedException();
    if (tryAcquireShared(arg) < 0)
        // 共享锁挂起的操作
        doAcquireSharedInterruptibly(arg);
}

// tryAcquireShared在CountDownLatch中的实现
protected int tryAcquireShared(int acquires) {
    // 查看state是否为0，如果为0，返回1，不为0，返回-1
    return (getState() == 0) ? 1 : -1;
}

private void doAcquireSharedInterruptibly(int arg) throws InterruptedException {
    // 封装当前先成为Node，属性为共享锁
    final Node node = addWaiter(Node.SHARED);
    boolean failed = true;
    try {
        for (;;) {
            final Node p = node.predecessor();
            if (p == head) {
                int r = tryAcquireShared(arg);
                if (r >= 0) {
                    setHeadAndPropagate(node, r);

```

```

        p.next = null; // help GC
        failed = false;
        return;
    }
}
// 在这，就需要挂起当前线程。
if (shouldParkAfterFailedAcquire(p, node) &&
    parkAndCheckInterrupt())
    throw new InterruptedException();
}
} finally {
    if (failed)
        cancelAcquire(node);
}
}
}

```

1.3.3 countDown方法

countDown方法本质就是对state - 1，如果state - 1后变为0，需要去AQS的链表中唤醒挂起的节点

```

// countDown对计数器-1
public void countDown() {
    // 是-1。
    sync.releaseShared(1);
}

// AQS提供的功能
public final boolean releaseShared(int arg) {
    // 对state - 1
    if (tryReleaseShared(arg)) {
        // state - 1后，变为0，执行doReleaseShared
        doReleaseShared();
        return true;
    }
    return false;
}

// CountdownLatch的tryReleaseShared实现
protected boolean tryReleaseShared(int releases) {
    // 死循环是为了避免CAS并发问题
    for (;;) {
        // 获取state
        int c = getState();
        // state已经为0，直接返回false
        if (c == 0)
            return false;
        // 对获取到的state - 1
        int nextc = c-1;
        // 基于CAS的方式，将值赋值给state
        if (compareAndSetState(c, nextc))
            // 赋值完，发现state为0了。此时可能会有线程在await方法处挂起，那边挂起，需要这边
            // 唤醒
            return nextc == 0;
    }
}

// 如何唤醒在await方法处挂起的线程
private void doReleaseShared() {
}

```

```

// 死循环
for (;;) {
    // 拿到head
    Node h = head;
    // head不为null, 有值, 并且head != tail, 代表至少2个节点
    // 一个虚拟的head, 加上一个实质性的Node
    if (h != null && h != tail) {
        // 说明AQS队列中有节点
        int ws = h.waitStatus;
        // 如果head节点的状态为 -1.
        if (ws == Node.SIGNAL) {
            // 先对head节点将状态从-1, 修改为0, 避免重复唤醒的情况
            if (!compareAndSetWaitStatus(h, Node.SIGNAL, 0))
                continue;
            // 正常唤醒节点即可, 先看head.next, 能唤醒就唤醒, 如果head.next有问题, 从
            // 后往前找有效节点
            unparkSuccessor(h);
        }
        // 会在Semaphore中谈到这个位置
        else if (ws == 0 &&
            !compareAndSetWaitStatus(h, 0, Node.PROPAGATE))
            continue;
    }
    // 会在Semaphore中谈到这个位置
    if (h == head)
        break;
}
}

```

二、CyclicBarrier应用&源码分析

2.1 CyclicBarrier介绍

从名字上来看CyclicBarrier，就是代表循环屏障

Barrier屏障：让一个或多个线程达到一个屏障点，会被阻塞。屏障点会有一个数值，当达到一个线程阻塞在屏障点时，就会对屏障点的数值进行-1操作，当屏障点数值减为0时，屏障就会打开，唤醒所有阻塞在屏障点的线程。在释放屏障点之后，可以先执行一个任务，再让所有阻塞被唤醒的线程继续之后后续任务。

Cyclic循环：所有线程被释放后，屏障点的数值可以再次被重置。

CyclicBarrier一般被称为栅栏。

CyclicBarrier是一种同步机制，允许一组线程互相等待。现成的达到屏障点其实是基于await方法在屏障点阻塞。

CyclicBarrier并没有基于AQS实现，他是基于ReentrantLock锁的机制去实现了对屏障点--，以及线程挂起的操作。（CountDownLatch本身是基于AQS，对state进行release操作后，可以-1）

CyclicBarrier没来一个线程执行await，都会对屏障数值进行-1操作，每次-1后，立即查看数值是否为0，如果为0，直接唤醒所有的互相等待线程。

CyclicBarrier对比CountDownLatch区别

- 底层实现不同。CyclicBarrier基于ReentrantLock做的。CountDownLatch直接基于AQS做的。

- 应用场景不同。CountDownLatch的计数器只能使用一次。而CyclicBarrier在计数器达到0之后，可以重置计数器。CyclicBarrier可以实现相比CountDownLatch更复杂的业务，执行业务时出现了错误，可以重置CyclicBarrier计数器，再次执行一次。
- CyclicBarrier还提供了很多其他的功能：
 - 可以获取到阻塞的线程有多少
 - 在线程互相等待时，如果有等待的线程中断，可以抛出异常，避免无限等待的问题。
- CountDownLatch一般是让主线程等待，让子线程对计数器--。CyclicBarrier更多的让子线程也一起计数和等待，等待的线程达到数值后，再统一唤醒

CyclicBarrier：多个线程互相等待，直到到达同一个同步点，再一次执行。

2.2 CyclicBarrier应用

出国旅游。

导游小姐姐需要等待所有乘客都到位后，发送护照，签证等等文件，再一起出发

比如Tom，Jack，Rose三个人组个团出门旅游

在构建CyclicBarrier可以指定barrierAction，可以选择性指定，如果指定了，那么会在barrier归0后，优先执行barrierAction任务，然后再去唤醒所有阻塞挂起的线程，并行去处理后续任务。

所有互相等待的线程，可以指定等待时间，并且在等待的过程中，如果有线程中断，所有互相的等待的线程都会被唤醒。

如果在等待期间，有线程中断了，唤醒所有线程后，CyclicBarrier无法继续使用。

如果线程中断后，需要继续使用当前的CyclicBarrier，需要调用reset方法，让CyclicBarrier重置。

如果CyclicBarrier的屏障数值到达0之后，他默认会重置屏障数值，CyclicBarrier在没有线程中断时，是可以重复使用的。

```
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    CyclicBarrier barrier = new CyclicBarrier(3, () -> {
        System.out.println("等到各位大佬都到位之后，分发护照和签证等内容!");
    });

    new Thread(() -> {
        System.out.println("Tom到位!!!");
        try {
            barrier.await();
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("悲剧，人没到齐!");
            return;
        }
        System.out.println("Tom出发!!!");
    }).start();
    Thread.sleep(100);
    new Thread(() -> {
        System.out.println("Jack到位!!!");
        try {
            barrier.await();
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("悲剧，人没到齐!");
            return;
        }
    })
}
```

```

        System.out.println("Jack出发!!!");
    }).start();
    Thread.sleep(100);
    new Thread(() -> {
        System.out.println("Rose到位!!!");
        try {
            barrier.await();
        } catch (Exception e) {
            System.out.println("悲剧，人没到齐!");
            return;
        }
        System.out.println("Rose出发!!!");
    }).start();
    /*
    tom到位, jack到位, rose到位
    导游发签证
    tom出发, jack出发, rose出发
    */
}

```

2.3 CyclicBarrier源码分析

分成两块内容去查看，首先查看CyclicBarrier的一些核心属性，然后再查看CyclicBarrier的核心方法

2.3.1 CyclicBarrier的核心属性

```

public class CyclicBarrier {
    // 这个静态内部类是用来标记是否中断的
    private static class Generation {
        boolean broken = false;
    }

    /** CyclicBarrier是基于ReentrantLock实现的互斥操作，以及计数原子性操作 */
    private final ReentrantLock lock = new ReentrantLock();
    /** 基于当前的Condition实现线程的挂起和唤醒 */
    private final Condition trip = lock.newCondition();
    /** 记录有参构造传入的屏障数值，不会对这个数值做操作 */
    private final int parties;
    /** 当屏障数值达到0之后，优先执行当前任务 */
    private final Runnable barrierCommand;
    /** 初始化默认的Generation，用来标记线程中断情况 */
    private Generation generation = new Generation();
    /** 每来一个线程等待，就对count进行-- */
    private int count;
}

```

2.3.2 CyclicBarrier的有参构造

掌握构建CyclicBarrier之后，内部属性的情况

```

// 这个是CyclicBarrier的有参构造
// 在内部传入了parties，屏障点的数值
// 还传入了barrierAction，屏障点的数值达到0，优先执行barrierAction任务
public CyclicBarrier(int parties, Runnable barrierAction) {
    // 健壮性判
    if (parties <= 0) throw new IllegalArgumentException();
    // 当前类中的属性parties是保存屏障点数值的
    this.parties = parties;
    // 将parties赋值给属性count，每来一个线程，继续count做-1操作。
    this.count = parties;
    // 优先执行的任务
    this.barrierCommand = barrierAction;
}

```

2.3.3 CyclicBarrier中的await方法

在CyclicBarrier中，提供了2个await方法

- 第一个是无参的方式，线程要死等，直屏障点数值为0，或者有线程中断
- 第二个是有参方式，传入等待的时间，要么时间到位了，要不就是直屏障点数值为0，或者有线程中断

无论是哪种await方法，核心都在于内部调用的dowait方法

dowait方法主要包含了线程互相等待的逻辑，以及屏障点数值到达0之后的操作

```

// 包含了线程互相等待的逻辑，以及屏障点数值到达0后的操作
private int dowait(boolean timed, long nanos)throws
    // 当前新编程中断，抛出这个异常
    InterruptedException,
    // 其他线程中断，当前线程抛出这个异常
    BrokenBarrierException,
    // await时间到位，抛出这个异常
    TimeoutException {
    // 加锁
    final ReentrantLock lock = this.lock;
    lock.lock();
    try {
        // 拿到Generation对象的引用
        final Generation g = generation;

        // 判断下线程中断了么？如果中断了，直接抛出异常
        if (g.broken)
            throw new BrokenBarrierException();

        // 当前线程中断了么？
        if (Thread.interrupted()) {
            // 做了三个实现，
            // 设置broken为true，将count重置，唤醒其他等待的线程
            breakBarrier();
            // 抛出异常
            throw new InterruptedException();
        }

        // 屏障点做--
        int index = --count;
        // 如果屏障点为0，打开屏障啦！！
    }
}

```



```

if (index == 0) {
    // 标记
    boolean ranAction = false;
    try {
        // 拿到有参构造中传递的任务
        final Runnable command = barrierCommand;
        // 任务不为null, 优先执行当前任务
        if (command != null)
            command.run();
        // 上述任务执行没问题, 标记位设置为true
        ranAction = true;
        // 执行nextGeneration
        // 唤醒所有线程, 重置count, 重置generation
        nextGeneration();
        return 0;
    } finally {
        // 如果优先执行的任务出了问题i, 就直接抛出异常
        if (!ranAction)
            breakBarrier();
    }
}

// 死循环
for (;;) {
    try {
        // 如果调用await方法, 死等
        if (!timed)
            trip.await();
        // 如果调用await(time,unit), 基于设置的nanos时长决定await的时长
        else if (nanos > 0L)
            nanos = trip.awaitNanos(nanos);
    } catch (InterruptedException ie) {
        // 到这, 说明线程被中断了
        // 查看generation有没有被重置。
        // 并且当前broken为false, 需要做线程中断后的操作。
        if (g == generation && ! g.broken) {
            breakBarrier();
            throw ie;
        } else {
            Thread.currentThread().interrupt();
        }
    }
    // 是否是中断唤醒, 是就抛异常。
    if (g.broken)
        throw new BrokenBarrierException();
    // 说明被reset了, 返回index的数值。或者任务完毕也会被重置
    if (g != generation)
        return index;
    // 指定了等待的时间内, 没有等到所有线程都到位
    if (timed && nanos <= 0L) {
        // 中断任务
        breakBarrier();
        // 抛出异常
        throw new TimeoutException();
    }
}
} finally {
    lock.unlock();
}

```

```
}  
}
```

三、Semaphore应用&源码分析

3.1 Semaphore介绍

sync, ReentrantLock是互斥锁, 保证一个资源同一时间只允许被一个线程访问

Semaphore (信号量) 保证1个或多个资源可以被指定数量的线程同时访问

底层实现是基于AQS去做的。

Semaphore底层也是基于AQS的state属性做一个计数器的维护。state的值就代表当前共享资源的个数。如果一个线程需要获取的1或多个资源, 直接查看state的标识的资源个数是否足够, 如果足够的, 直接对state - 1拿到当前资源。如果资源不够, 当前线程就需要挂起等待。知道持有资源的线程释放资源后, 会归还给Semaphore中的state属性, 挂起的线程就可以被唤醒。

Semaphore也分为公平和非公平的概念。

使用场景: 连接池对象就可以基础信号量去实现管理。在一些流量控制上, 也可以采用信号量去实现。再比如去迪士尼或者是环球影城, 每天接受的人流量是固定的, 指定一个具体的人流量, 可能接受10000人, 每有一个人购票后, 就对信号量进行--操作, 如果信号量已经达到了0, 或者是资源不足, 此时就不能买票。

3.2 Semaphore应用

以上面环球影城每日人流量为例子去测试一下。

```
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {  
    // 今天环球影城还有人个人流量  
    Semaphore semaphore = new Semaphore(10);  
  
    new Thread(() -> {  
        System.out.println("一家三口要去~~");  
        try {  
            semaphore.acquire(3);  
            System.out.println("一家三口进去了~~~");  
            Thread.sleep(10000);  
        } catch (InterruptedException e) {  
            e.printStackTrace();  
        } finally {  
            System.out.println("一家三口走了~~~");  
            semaphore.release(3);  
        }  
    }).start();  
  
    for (int i = 0; i < 7; i++) {  
        int j = i;  
        new Thread(() -> {  
            System.out.println(j + "大哥来了。");  
            try {  
                semaphore.acquire();  
                System.out.println(j + "大哥进去了~~~");  
                Thread.sleep(10000);  
            } catch (InterruptedException e) {  
                e.printStackTrace();  
            }  
        })  
    }
```

```

        }finally {
            System.out.println(j + "大哥走了~~~");
            semaphore.release();
        }
    }).start();
}

Thread.sleep(10);

System.out.println("main大哥来了。");
if (semaphore.tryAcquire()) {
    System.out.println("main大哥进来了。");
}else{
    System.out.println("资源不够, main大哥进来了。");
}
Thread.sleep(10000);

System.out.println("main大哥又来了。");
if (semaphore.tryAcquire()) {
    System.out.println("main大哥进来了。");
    semaphore.release();
}else{
    System.out.println("资源不够, main大哥进来了。");
}
}

```

其实Semaphore整体就是对构建Semaphore时，指定的资源数的获取和释放操作

获取资源方式：

- acquire()：获取一个资源，没有资源就挂起等待，如果中断，直接抛异常
- acquire(int)：获取指定个数资源，资源不够，或者没有资源就挂起等待，如果中断，直接抛异常
- tryAcquire()：获取一个资源，没有资源返回false，有资源返回true
- tryAcquire(int)：获取指定个数资源，没有资源返回false，有资源返回true
- tryAcquire(time,unit)：获取一个资源，如果没有资源，等待time.unit，如果还没有，就返回false
- tryAcquire(int, time,unit)：获取指定个数资源，如果没有资源，等待time.unit，如果还没有，就返回false
- acquireUninterruptibly()：获取一个资源，没有资源就挂起等待，中断线程不结束，继续等
- acquireUninterruptibly(int)：获取指定个数资源，没有资源就挂起等待，中断线程不结束，继续等

归还资源方式：

- release()：归还一个资源
- release(int)：归还指定个数资源

3.3 Semaphore源码分析

先查看Semaphore的整体结构，然后基于获取资源，以及归还资源的方式去查看源码

3.3.1 Semaphore的整体结构

Semaphore内部有3个静态内类。

首先是向上抽取的Sync

其次还有两个Sync的子类NonFairSync以及FairSync两个静态内部类

Sync内部主要提供了一些公共的方法，并且将有参构造传入的资源个数，直接基于AQS提供的setState方法设置了state属性。

NonFairSync以及FairSync区别就是tryAcquireShared方法的实现是不一样。

3.3.2 Semaphore的非公平的获取资源

在构建Semaphore的时候，如果只设置资源个数，默认情况下是非公平。

如果在构建Semaphore，传入了资源个数以及一个boolean时，可以选择非公平还是公平。

```
public Semaphore(int permits, boolean fair) {
    sync = fair ? new FairSync(permits) : new NonfairSync(permits);
}
```

从非公平的acquire方法入手

首先确认默认获取资源数是1个，并且acquire是允许中断线程时，抛出异常的。获取资源的方式，就是直接用state - 需要的资源数，只要资源足够，就CAS的将state做修改。如果没有拿到锁资源，就基于共享锁的方式去将当前线程挂起在AQS双向链表中。如果基于doAcquireSharedInterruptibly拿锁成功，会做一个事情。会执行setHeadAndPropagate方法。一会说

```
// 信号量的获取资源方法（默认获取一个资源）
public void acquire() throws InterruptedException {
    // 跳转到了AQS中提供共享锁的方法
    sync.acquireSharedInterruptibly(1);
}

// AQS提供的
public final void acquireSharedInterruptibly(int arg) throws
InterruptedException {
    // 判断线程的中断标记位，如果已经中断，直接抛出异常
    if (Thread.interrupted())
        throw new InterruptedException();
    // 先看非公平的tryAcquireShared实现。
    // tryAcquireShared:
    //     返回小于0，代表获取资源失败，需要排队。
    //     返回大于等于0，代表获取资源成功，直接执行业务代码
    if (tryAcquireShared(arg) < 0)
        doAcquireSharedInterruptibly(arg);
}

// 信号量的非公平获取资源方法
final int nonfairTryAcquireShared(int acquires) {
    // 死循环。
    for (;;) {
        // 获取state的数值，剩余的资源个数
        int available = getState();
        // 剩余的资源个数 - 需要的资源个数
        int remaining = available - acquires;
        // 如果-完后，资源个数小于0，直接返回这个负数
        if (remaining < 0 ||
            // 说明资源足够，基于CAS的方式，将state从原值，改为remaining
            compareAndSetState(available, remaining))
            return remaining;
    }
}
```

```

// 获取资源失败，资源不够，当前线程需要挂起等待
private void doAcquireSharedInterruptibly(int arg) throws InterruptedException {
    // 构建Node节点，线程和共享锁标记，并且到AQS双向链表中
    final Node node = addWaiter(Node.SHARED);
    boolean failed = true;
    try {
        for (;;) {
            // 拿到上一个节点
            final Node p = node.predecessor();
            // 如果是head.next，就抢一手
            if (p == head) {
                // 再次基于不公平的方式去获取一次资源
                int r = tryAcquireShared(arg);
                // 到这，说明拿到了锁资源
                if (r >= 0) {
                    setHeadAndPropagate(node, r);
                    p.next = null;
                    failed = false;
                    return;
                }
            }
            // 如果上面没拿到，或者不是head的next节点，将前继节点的状态改为-1，并挂起当前线程
            if (shouldParkAfterFailedAcquire(p, node) &&
                parkAndCheckInterrupt())
                // 如果线程中断会抛出异常
                throw new InterruptedException();
        }
    } finally {
        if (failed)
            cancelAcquire(node);
    }
}

```

acquire()以及acquire(int)的方式，都是执行acquireSharedInterruptibly方法去尝试获取资源，区别只在于是否传入了需要获取的资源个数。

tryAcquire()以及tryAcquire(int)因为这两种方法是直接执行tryAcquire，**只使用不公平的实现**，只有不公平的情况下，才有可能在有线程排队的时候获取到资源

但是tryAcquire(int,time,unit)这种方法是正常走的AQS提供的acquire。因为这个tryAcquire可以排队一会，即便是公平锁也有可能拿到资源。这里的挂起和acquire挂起的区别仅仅是挂起的时间问题。

- acquire是一直挂起直到线程中断，或者线程被唤醒。
- tryAcquire(int,time,unit)是挂起一段时间，直到线程中断，要么线程被唤醒，要么阻塞时间到了

还有acquireUninterruptibly()以及acquireUninterruptibly(int)只是在挂起线程后，不会因为线程的中断而去抛出异常

3.3.3 Semaphore公平实现

公平与非公平只是差了一个方法的实现tryAcquireShared实现

这个方法的实现中，如果是公平实现，需要先查看AQS中排队的情况

```

// 信号量公平实现
protected int tryAcquireShared(int acquires) {
    // 死循环。

```

```

for (;;) {
    // 公平实现在走下述逻辑前，先判断队列中排队的情况
    // 如果没有排队的节点，直接不走if逻辑
    // 如果有排队的节点，发现当前节点处在head.next位置，直接不走if逻辑
    if (hasQueuedPredecessors())
        return -1;

    // 下面这套逻辑和公平实现是一模一样的。
    int available = getState();
    int remaining = available - acquires;
    if (remaining < 0 ||
        compareAndSetState(available, remaining))
        return remaining;
}
}

```

3.3.4 Semaphore释放资源

因为信号量从头到尾都是共享锁的实现.....

释放资源操作，不区分公平和非公平

```

// 信号量释放资源的方法入口
public void release() {
    sync.releaseShared(1);
}

// 释放资源不分公平和非公平，都走AQS的releaseShared
public final boolean releaseShared(int arg) {
    // 优先查看tryReleaseShared，这个方法是信号量自行实现的。
    if (tryReleaseShared(arg)) {
        // 只要释放资源成功，执行doReleaseShared，唤醒AQS中排队的线程，去竞争Semaphore的
        // 资源
        doReleaseShared();
        return true;
    }
    return false;
}

// 信号量实现的释放资源方法
protected final boolean tryReleaseShared(int releases) {
    // 死循环
    for (;;) {
        // 拿到当前的state
        int current = getState();
        // 将state + 归还的资源个数，新的state要被设置为next
        int next = current + releases;
        // 如果归还后的资源个数，小于之前的资源数。
        // 避免出现归还资源后，导致next为负数，需要做健壮性判断
        if (next < current)
            throw new Error("Maximum permit count exceeded");
        // CAS操作，保证原子性，只会会有一个线程成功的就之前的state修改为next
        if (compareAndSetState(current, next))
            return true;
    }
}
}

```

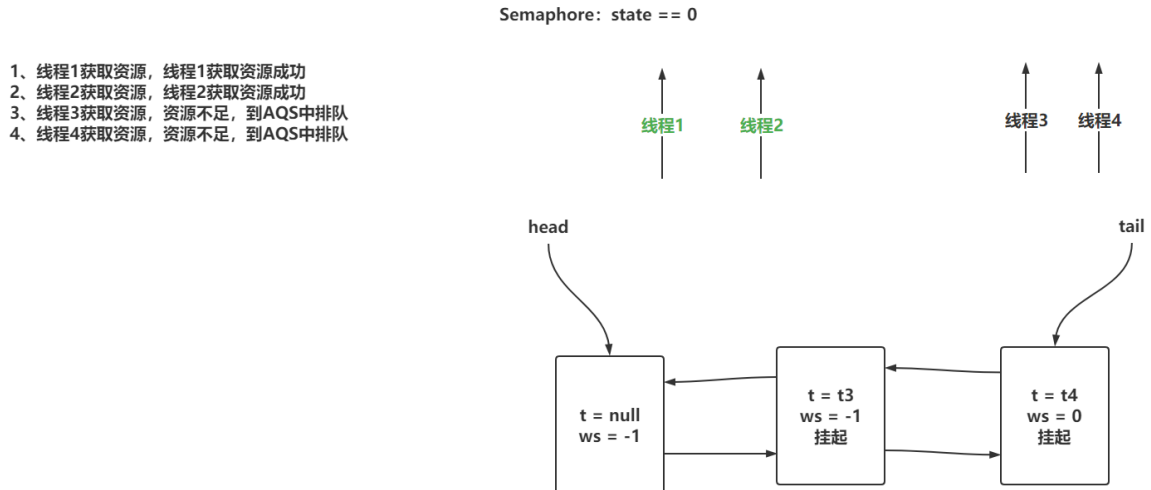
3.4 AQS中PROPAGATE节点

为了更好的了解PROPAGATE节点状态的意义，优先从JDK1.5去分析一下释放资源以及排队后获取资源的后置操作

3.4.1 掌握JDK1.5-Semaphore执行流程图

首先查看4个线程获取信号量资源的情况

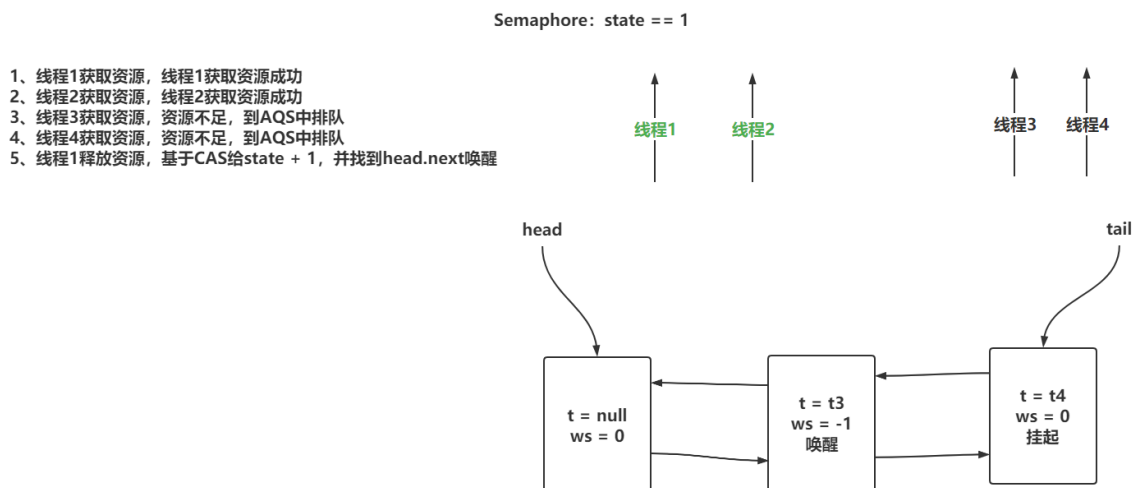
4个线程在获取Semaphore的资源



往下查看释放资源的过程会触发什么问题

首先t1释放资源，做了进一步处理

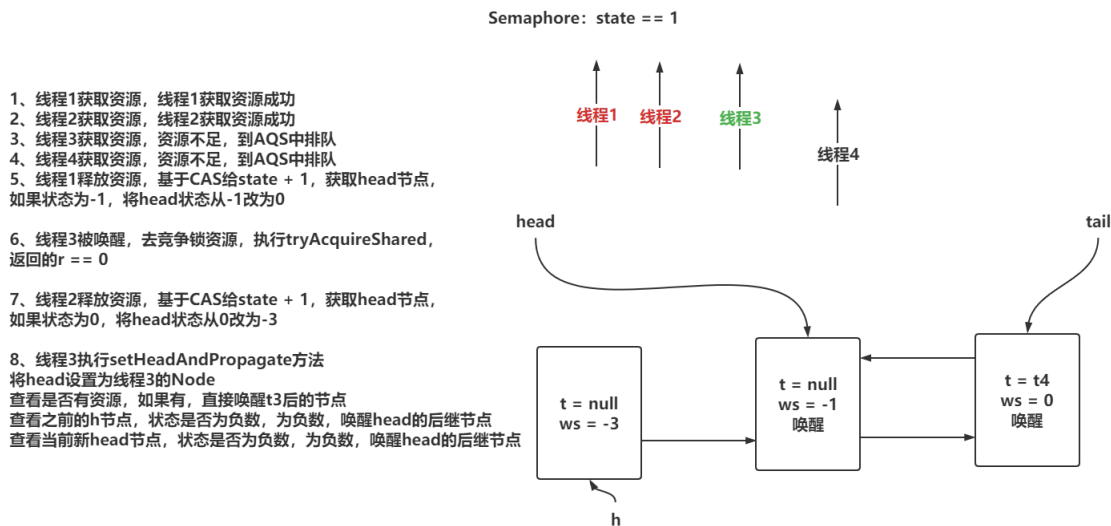
4个线程在获取Semaphore的资源



当线程3获取锁资源后，线程2再次释放资源，因为执行点问题，导致线程4无法被唤醒

3.4.2 分析JDK1.8的变化

4个线程在获取Semaphore的资源



=====JDK1.5实现

```
=====
public final boolean releaseShared(int arg) {
    if (tryReleaseShared(arg)) {
        Node h = head;
        if (h != null && h.waitStatus != 0)
            unparkSuccessor(h);
        return true;
    }
    return false;
}
```

```
private void setHeadAndPropagate(Node node, int propagate) {
    setHead(node);
    if (propagate > 0 && node.waitStatus != 0) {
        Node s = node.next;
        if (s == null || s.isShared())
            unparkSuccessor(node);
    }
}
```

=====JDK1.8实现

```
=====
public final boolean releaseShared(int arg) {
    if (tryReleaseShared(arg)) {
        doReleaseShared();
        return true;
    }
    return false;
}

private void doReleaseShared() {
    for (;;) {
        // 拿到head节点
        Node h = head;
        // 判断AQS中有排队的Node节点
        if (h != null && h != tail) {
            // 拿到head节点的状态
            int ws = h.waitStatus;
```



```

        // 状态为-1
        if (ws == Node.SIGNAL) {
            // 将head节点的状态从-1, 改为0
            if (!compareAndSetWaitStatus(h, Node.SIGNAL, 0))
                continue;
            // 唤醒后继节点
            unparkSuccessor(h);
        }
        // 发现head状态为0, 将head状态从0改为-3, 目的是为了往后面传播
        else if (ws == 0 &&
            !compareAndSetWaitStatus(h, 0, Node.PROPAGATE))
            continue; // loop on failed CAS
    }
    // 没有并发的時候。head节点没变化, 正常完成释放排队的线程
    if (h == head)
        break;
}

private void setHeadAndPropagate(Node node, int propagate) {
    // 拿到head
    Node h = head;
    // 将线程3的Node设置为新的head
    setHead(node);
    // 如果propagate 大于0, 代表还有剩余资源, 直接唤醒后续节点, 如果不满足, 也需要继续往后判断看下是否需要传播
    // h == null: 看成健壮性判断即可
    // 之前的head节点状态为负数, 说明并发情况下, 可能还有资源, 需要继续向后唤醒Node
    // 如果当前新head节点的状态为负数, 继续释放后续节点
    if (propagate > 0 || h == null || h.waitStatus < 0 || (h = head) == null ||
        h.waitStatus < 0) {
        // 唤醒当前节点的后继节点
        Node s = node.next;
        if (s == null || s.isShared())
            doReleaseShared();
    }
}

```

异步编程

一、FutureTask应用&源码分析

1.1 FutureTask介绍

FutureTask是一个可以取消异步任务的类。FutureTask对Future做的一个基本实现。可以调用方法区开始和取消一个任务。

一般是配合Callable去使用。

异步任务启动之后, 可以获取一个绑定当前异步任务的FutureTask。

可以基于FutureTask的方法去取消任务, 查看任务是否结果, 以及获取任务的返回结果。

FutureTask内部的整体结构中, 实现了RunnableFuture的接口, 这个接口又继承了Runnable, Future这个两个接口。所以FutureTask也可以作为任务直接交给线程池去处理。

1.2 FutureTask应用

大方向是FutureTask对任务的控制：

- 任务执行过程中状态的控制
- 任务执行完毕后，返回结果的获取

FutureTask的任务在执行run方法后，是无法被再次运行，需要使用runAndReset方法才可以。

```
public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    // 构建FutureTask，基于泛型执行返回结果类型
    // 在有参构造中，声明Callable或者Runnable指定任务
    FutureTask<String> futureTask = new FutureTask<>(() -> {
        System.out.println("任务开始执行.....");
        Thread.sleep(2000);
        System.out.println("任务执行完毕.....");
        return "OK!";
    });

    // 构建线程池
    ExecutorService service = Executors.newFixedThreadPool(10);

    // 线程池执行任务
    service.execute(futureTask);

    // futureTask提供了run方法，一般不会自己去调用run方法，让线程池去执行任务，由线程池去执行run方法
    // run方法在执行时，是有任务状态的。任务已经执行了，再次调用run方法无效的。
    // 如果希望任务可以反复被执行，需要去调用runAndReset方法
    //     futureTask.run();

    // 对返回结果的获取，类似阻塞队列的poll方法
    // 如果在指定时间内，没有拿到方法的返回结果，直接扔TimeoutException
    //     try {
    //         String s = futureTask.get(3000, TimeUnit.MILLISECONDS);
    //         System.out.println("返回结果: " + s);
    //     } catch (Exception e) {
    //         System.out.println("异常返回: " + e.getMessage());
    //         e.printStackTrace();
    //     }

    // 对返回结果的获取，类似阻塞队列的take方法，死等结果
    //     try {
    //         String s = futureTask.get();
    //         System.out.println("任务结果: " + s);
    //     } catch (ExecutionException e) {
    //         e.printStackTrace();
    //     }

    // 对任务状态的控制
    //     System.out.println("任务结束了么? : " + futureTask.isDone());
    //     Thread.sleep(1000);
    //     System.out.println("任务结束了么? : " + futureTask.isDone());
    //     Thread.sleep(1000);
    //     System.out.println("任务结束了么? : " + futureTask.isDone());
}
```

1.3 FutureTask源码分析

看FutureTask的源码，要从几个方向去看：

- 先查看FutureTask中提供的一些状态
- 在查看任务的执行过程

1.3.1 FutureTask中的核心属性

清楚任务的流转流转状态是怎样的，其次对于核心属性要追到是干嘛的。

```
/**
 * FutureTask的核心属性
 * FutureTask任务的状态流转
 * NEW -> COMPLETING -> NORMAL          任务正常执行，并且返回结果也正常返回
 * NEW -> COMPLETING -> EXCEPTIONAL      任务正常执行，但是结果是异常
 * NEW -> CANCELLED                      任务被取消
 * NEW -> INTERRUPTING -> INTERRUPTED    任务被中断
 */
// 记录任务的状态
private volatile int state;
// 任务被构建之后的初始状态
private static final int NEW = 0;
private static final int COMPLETING = 1;
private static final int NORMAL = 2;
private static final int EXCEPTIONAL = 3;
private static final int CANCELLED = 4;
private static final int INTERRUPTING = 5;
private static final int INTERRUPTED = 6;

/** 需要执行任务，会被赋值到这个属性 */
private Callable<V> callable;
/** 任务的任务结果要存储在这几个属性中 */
private Object outcome; // non-volatile, protected by state reads/writes
/** 执行任务的线程 */
private volatile Thread runner;
/** 等待返回结果的线程Node对象， */
private volatile WaitNode waiters;
static final class WaitNode {
    volatile Thread thread;
    volatile WaitNode next;
    WaitNode() { thread = Thread.currentThread(); }
}
```

1.3.2 FutureTask的run方法

任务执行前的一些判断，以及调用任务封装结果的方式，还有最后的一些后续处理

```
// 当线程池执行FutureTask任务时，会调用的方法
public void run() {
    // 如果当前任务状态不是NEW，直接return告辞
    if (state != NEW ||
        // 如果状态正确是NEW，这边需要基于CAS将runner属性设置为当前线程
        // 如果CAS失败，直接return告辞
        !UNSAFE.compareAndSwapObject(this, runnerOffset, null,
            Thread.currentThread()))
        return;
```

```

try {
    // 将要执行的任务拿到
    Callable<V> c = callable;
    // 健壮性判断，保证任务不是null
    // 再次判断任务的状态是NEW (DCL)
    if (c != null && state == NEW) {
        // 执行任务
        // result: 任务的返回结果
        // ran: 如果为true，任务正常结束。 如果为false，任务异常结束。
        V result;
        boolean ran;
        try {
            // 执行任务
            result = c.call();
            // 正常结果，ran设置为true
            ran = true;
        } catch (Throwable ex) {
            // 如果任务执行期间出了异常
            // 返回结果置位null
            result = null;
            // ran设置为false
            ran = false;
            // 封装异常结果
            setException(ex);
        }
        if (ran)
            // 封装正常结果
            set(result);
    }
} finally {
    // 将执行任务的线程置位null
    runner = null;
    // 拿到任务的状态
    int s = state;
    // 如果状态大于等于INTERRUPTING
    if (s >= INTERRUPTING)
        // 进来代表任务中断，做一些后续处理
        handlePossibleCancellationInterrupt(s);
}
}

```

1.3.3 FutureTask的set&setException方法

任务执行完毕后，修改任务的状态以及封装任务的结果

```

// 没有异常的时候，正常返回结果
protected void set(V v) {
    // 因为任务执行完毕，需要将任务的状态从NEW，修改为COMPLETING
    if (UNSAFE.compareAndSwapInt(this, stateOffset, NEW, COMPLETING)) {
        // 将返回结果赋值给 outcome 属性
        outcome = v;
        // 将任务状态变为NORMAL，正常结束
        UNSAFE.putOrderedInt(this, stateOffset, NORMAL);
        // 一会再说.....
        finishCompletion();
    }
}

```

```

}

// 任务执行期间出现了异常，这边要封装结果
protected void setException(Throwable t) {
    // 因为任务执行完毕，需要将任务的状态从NEW，修改为COMPLETING
    if (UNSAFE.compareAndSwapInt(this, stateOffset, NEW, COMPLETING)) {
        // 将异常信息封装到 outcome 属性
        outcome = t;
        // 将任务状态变为EXCEPTIONAL，异常结束
        UNSAFE.putOrderedInt(this, stateOffset, EXCEPTIONAL);
        // 一会再说.....
        finishCompletion();
    }
}
}

```

1.3.4 FutureTask的cancel方法

任务取消的一个方式

- 任务直接从NEW状态转换为CANCEL
- 任务从NEW状态变成INTERRUPTING，然后再转换为INTERRUPTED

```

// 取消任务操作
public boolean cancel(boolean mayInterruptIfRunning) {
    // 查看任务的状态是否是NEW，如果NEW状态，就基于传入的参数mayInterruptIfRunning
    // 决定任务是直接从NEW转换为CANCEL，还是从NEW转换为INTERRUPTING
    if (!(state == NEW &&
        UNSAFE.compareAndSwapInt(this, stateOffset, NEW, mayInterruptIfRunning ?
        INTERRUPTING : CANCELLED)))
        return false;
    try {
        // 如果mayInterruptIfRunning为true
        // 就需要中断线程
        if (mayInterruptIfRunning) {
            try {
                // 拿到任务线程
                Thread t = runner;
                if (t != null)
                    // 如果线程不为null，直接interrupt
                    t.interrupt();
            } finally {
                // 将任务状态设置为INTERRUPTED
                UNSAFE.putOrderedInt(this, stateOffset, INTERRUPTED);
            }
        }
    } finally {
        // 任务结束后的一些处理~~ 一会看~~
        finishCompletion();
    }
    return true;
}
}

```

1.3.5 FutureTask的get方法

这个是线程获取FutureTask任务执行结果的方法

```
// 拿任务结果
public V get() throws InterruptedException, ExecutionException {
    // 获取任务的状态
    int s = state;
    // 要么是NEW，任务还没执行完
    // 要么COMPLETING，任务执行完了，结果还没封装好。
    if (s <= COMPLETING)
        // 让当前线程阻塞，等待结果
        s = awaitDone(false, 0L);
    // 最终想要获取结果，需要执行report方法
    return report(s);
}

// 线程等待FutureTask结果的过程
private int awaitDone(boolean timed, long nanos) throws InterruptedException {
    // 针对get方法传入了等待时长时，需要计算等到什么时间点
    final long deadline = timed ? System.nanoTime() + nanos : 0L;
    // 声明好需要的Node，queued：放到链表中了么？
    waitNode q = null;
    boolean queued = false;
    for (;;) {
        // 查看线程是否中断，如果中断，从等待链表中移除，甩个异常
        if (Thread.interrupted()) {
            removewaiter(q);
            throw new InterruptedException();
        }
        // 拿到状态
        int s = state;
        // 到这，说明任务结束了。
        if (s > COMPLETING) {
            if (q != null)
                // 如果之前封装了waitNode，现在要清空
                q.thread = null;
            return s;
        }
        // 如果任务状态是COMPLETING，这就不需要去阻塞线程，让步一下，等待一小会，结果就有了
        else if (s == COMPLETING)
            Thread.yield();
        // 如果还没初始化waitNode，初始化
        else if (q == null)
            q = new waitNode();
        // 没放队列的话，直接放到waiters的前面
        else if (!queued)
            queued = UNSAFE.compareAndSwapObject(this, waitersoffset,
                                                    q.next = waiters, q);

        // 准备挂起线程，如果timed为true，挂起一段时间
        else if (timed) {
            // 计算出最多可以等待多久
            nanos = deadline - System.nanoTime();
            // 如果等待的时间没了
            if (nanos <= 0L) {
                // 移除当前的Node，返回任务状态
                removewaiter(q);
            }
        }
    }
}
```

```

        return state;
    }
    // 等一会
    LockSupport.parkNanos(this, nanos);
}
else
    // 死等
    LockSupport.park(this);
}
}

// get的线程已经可以阻塞结束了，基于状态查看能否拿到返回结果
private V report(int s) throws ExecutionException {
    // 拿到outcome 返回结果
    Object x = outcome;
    // 如果任务状态是NORMAL，任务正常结束，返回结果
    if (s == NORMAL)
        return (V)x;
    // 如果任务状态大于等于取消
    if (s >= CANCELLED)
        // 直接抛出异常
        throw new CancellationException();
    // 到这就是异常结束
    throw new ExecutionException((Throwable)x);
}

```

1.3.6 FutureTask的finishCompletion方法

只要任务结束了，无论是正常返回，异常返回，还是任务被取消都会执行这个方法

而这个方法其实就是唤醒那些执行get方法等待任务结果的线程

```

// 任务结束后触发
private void finishCompletion() {
    // 在任务结束后，需要唤醒
    for (WaitNode q; (q = waiters) != null;) {
        // 第一步直接以CAS的方式将WaitNode置为null
        if (UNSAFE.compareAndSwapObject(this, waitersOffset, q, null)) {
            for (;;) {
                // 拿到了Node中的线程
                Thread t = q.thread;
                // 如果线程不为null
                if (t != null) {
                    // 第一步先置位null
                    q.thread = null;
                    // 直接唤醒这个线程
                    LockSupport.unpark(t);
                }
                // 拿到当前Node的next
                WaitNode next = q.next;
                // next为null，代表已经将全部节点唤醒了，跳出循环
                if (next == null)
                    break;
                // 将next置位null
                q.next = null;
                // q的引用指向next
                q = next;
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        break;
    }
}

// 任务结束后，可以基于这个扩展方法，记录一些信息
done();

// 任务执行完，把callable具体任务置位null
callable = null;
}

```

二、CompletableFuture应用&源码分析

2.1 CompletableFuture介绍

平时多线程开发一般就是使用Runnable，Callable，Thread，FutureTask，ThreadPoolExecutor这些内容和并发编程息息相关。相对来说成本都不高，多多使用是可以熟悉这些内容。这些内容组合在一起去解决一些并发编程的问题时，很多时候没有办法很方便的去完成异步编程的操作。

Thread + Runnable：执行异步任务，但是没有返回结果

Thread + Callable + FutureTask：完整一个可以有返回结果的异步任务

- 获取返回结果，如果基于get方法获取，线程需要挂起在WaitNode里
- 获取返回结果，也可以基于isDone判断任务的状态，但是这里需要不断轮询

上述的方式都是有一定的局限性的。

比如说任务A，任务B，还有任务C。其中任务B还有任务C执行的前提是任务A先完成，再执行任务B和任务C。

如果任务的执行方式逻辑比较复杂，可能需要业务线程导出阻塞等待，或者是大量的任务线程去编一些任务执行的业务逻辑。对开发成本来说比较高。

CompletableFuture就是帮你处理这些任务之间的逻辑关系，编排好任务的执行方式后，任务会按照规划好的方式一步一步执行，不需要让业务线程去频繁的等待

2.2 CompletableFuture应用

CompletableFuture应用还是需要一内内的成本的。

首先对CompletableFuture提供的函数式编程中三个函数有一个掌握

```

Supplier<U>    // 生产者，没有入参，有返回结果
Consumer<T>    // 消费者，有入参，但是没有返回结果
Function<T,U> // 函数，有入参，又有返回结果

```

2.2.1 supplyAsync

CompletableFuture如果不提供线程池的话，默认使用的ForkJoinPool，而ForkJoinPool内部是守护线程，如果main线程结束了，守护线程会跟着一起结束。

```

public static void main(String[] args) {
    // 生产者，可以指定返回结果
    CompletableFuture<String> firstTask = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {

```



```

        System.out.println("异步任务开始执行");
        System.out.println("异步任务执行结束");
        return "返回结果";
    });

    String result1 = firstTask.join();
    String result2 = null;
    try {
        result2 = firstTask.get();
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    } catch (ExecutionException e) {
        e.printStackTrace();
    }

    System.out.println(result1 + "," + result2);
}

```

2.2.2 runAsync

当前方式既不会接收参数，也不会返回任何结果，非常基础的任务编排方式

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture.runAsync(() -> {
        System.out.println("任务go");
        System.out.println("任务done");
    });

    System.in.read();
}

```

2.2.3 thenApply , thenApplyAsync

有任务A，还有任务B。

任务B需要在任务A执行完毕后再执行。

而且任务B需要任务A的返回结果。

任务B自身也有返回结果。

thenApply可以拼接异步任务，前置任务处理完之后，将返回结果交给后置任务，然后后置任务再执行

thenApply提供了带有Async的方法，可以指定每个任务使用的具体线程池。

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    ExecutorService executor = Executors.newFixedThreadPool(10);

    /*CompletableFuture<String> taskA = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        String id = UUID.randomUUID().toString();
        System.out.println("执行任务A: " + id);
        return id;
    });
    CompletableFuture<String> taskB = taskA.thenApply(result -> {
        System.out.println("任务B获取到任务A结果: " + result);
        result = result.replace("-", "");
        return result;
    });
}

```

```

        System.out.println("main线程拿到结果: " + taskB.join());*/

        CompletableFuture<String> taskB = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
            String id = UUID.randomUUID().toString();
            System.out.println("执行任务A: " + id + "," +
                Thread.currentThread().getName());
            return id;
        }).thenApplyAsync(result -> {
            System.out.println("任务B获取到任务A结果: " + result + "," +
                Thread.currentThread().getName());
            result = result.replace("-", "");
            return result;
        }, executor);

        System.out.println("main线程拿到结果: " + taskB.join());
    }

```

2.2.4 thenAccept , thenAcceptAsync

套路和thenApply一样，都是任务A和任务B的拼接

前置任务需要有返回结果，后置任务会接收前置任务的结果，返回后置任务没有返回值

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务A");
        return "abcdefg";
    }).thenAccept(result -> {
        System.out.println("任务b, 拿到结果处理: " + result);
    });

    System.in.read();
}

```

2.2.5 thenRun , thenRunAsync

套路和thenApply，thenAccept一样，都是任务A和任务B的拼接

前置任务没有返回结果，后置任务不接收前置任务结果，后置任务也会有返回结果

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture.runAsync(() -> {
        System.out.println("任务A! !");
    }).thenRun(() -> {
        System.out.println("任务B! !");
    });

    System.in.read();
}

```

2.2.6 thenCombine , thenAcceptBoth , runAfterBoth

比如有任务A，任务B，任务C。任务A和任务B并行执行，等到任务A和任务B全部执行完毕后，再执行任务C。

A+B ----- C

基于前面thenApply，thenAccept，thenRun知道了一般情况三种任务的概念

thenCombine以及thenAcceptBoth还有runAfterBoth的区别是一样的。

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture<Integer> taskC = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务A");
        try {
            Thread.sleep(2000);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return 78;
    }).thenCombine(CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务B");
        try {
            Thread.sleep(2000);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        return 66;
    }), (resultA, resultB) -> {
        System.out.println("任务C");
        int resultC = resultA + resultB;
        return resultC;
    });

    System.out.println(taskC.join());
    System.in.read();
}
```

2.2.7 applyToEither , acceptEither , runAfterEither

比如有任务A，任务B，任务C。任务A和任务B并行执行，只要任务A或者任务B执行完毕，开始执行任务C

A or B ----- C

applyToEither，acceptEither，runAfterEither三个方法拼接任务的方式都是一样的

区别依然是，可以接收结果并且返回结果，可以接收结果没有返回结果，不接收结果也没返回结果

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture<Integer> taskC = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务A");
        return 78;
    }).applyToEither(CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务B");
        return 66;
    }), resultFirst -> {
        System.out.println("任务C");
    });
}
```

```

        return resultFirst;
    });

    System.out.println(taskC.join());
    System.in.read();
}

```

2.2.8 exceptionally , thenCompose , handle

exceptionally

这个也是拼接任务的方式，但是只有前面业务执行时出现异常了，才会执行当前方法来处理

只有异常出现时，CompletableFuture的编排任务没有处理完时，才会触发

thenCompose , handle

这两个也是异常处理的套路，可以根据方法描述发现，他的功能方向比exceptionally要更加丰富

thenCompose可以拿到返回结果同时也可以拿到出现的异常信息，但是thenCompose本身是Consumer不能返回结果。无法帮你捕获异常，但是可以拿到异常返回的结果。

handle可以拿到返回结果同时也可以拿到出现的异常信息，并且也可以指定返回托底数据。可以捕获异常的，异常不会抛出去。

```

public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture<Integer> taskC = CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务A");
        //        int i = 1 / 0;
        return 78;
    }).applyToEither(CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        System.out.println("任务B");
        return 66;
    }), resultFirst -> {
        System.out.println("任务C");
        return resultFirst;
    }).handle((r,ex) -> {
        System.out.println("handle:" + r);
        System.out.println("handle:" + ex);
        return -1;
    });
    /*.exceptionally(ex -> {
        System.out.println("exceptionally:" + ex);
        return -1;
    });*/
    /*.whenComplete((r,ex) -> {
        System.out.println("whenComplete:" + r);
        System.out.println("whenComplete:" + ex);
    });*/

    System.out.println(taskC.join());
    System.in.read();
}

```

2.2.9 allOf , anyOf

allOf的方式是让内部编写多个CompletableFuture的任务，多个任务都执行完后，才会继续执行你后续拼接的任务

allOf返回的CompletableFuture是Void，没有返回结果

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture.allOf(
        CompletableFuture.runAsync(() -> {
            try {
                Thread.sleep(1000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            System.out.println("任务A");
        }),
        CompletableFuture.runAsync(() -> {
            try {
                Thread.sleep(2000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            System.out.println("任务B");
        }),
        CompletableFuture.runAsync(() -> {
            try {
                Thread.sleep(3000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            System.out.println("任务C");
        })
    ).thenRun(() -> {
        System.out.println("任务D");
    });

    System.in.read();
}
```

anyOf是基于多个CompletableFuture的任务，只要有一个任务执行完毕就继续执行后续，最先执行完的任务做作为返回结果的入参

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
    CompletableFuture.anyOf(
        CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
            try {
                Thread.sleep(1000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            System.out.println("任务A");
            return "A";
        }),
        CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
            try {
                Thread.sleep(2000);
            } catch (InterruptedException e) {
                e.printStackTrace();
            }
            System.out.println("任务B");
            return "B";
        })
    ).thenRun(() -> {
        System.out.println("任务D");
    });

    System.in.read();
}
```

```

        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        System.out.println("任务B");
        return "B";
    }},
    CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
        try {
            Thread.sleep(3000);
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        System.out.println("任务C");
        return "C";
    })
).thenAccept(r -> {
    System.out.println("任务D执行, " + r + "先执行完毕的");
});

System.in.read();
}

```

2.3 CompletableFuture源码分析

CompletableFuture的源码内容特别多。不需要把所有源码都看了，更多的是要掌握整个CompletableFuture的源码执行流程，以及任务的执行时机。

从CompletableFuture中比较简单的方法作为分析的入口，从而掌握整体执行的流程。

2.3.1 当前任务执行方式

将任务和CompletableFuture封装到一起，再执行封装好的具体对象的run方法即可

```

// 提交任务到CompletableFuture
public static CompletableFuture<Void> runAsync(Runnable runnable) {
    // asyncPool: 执行任务的线程池
    // runnable: 具体任务。
    return asyncRunStage(asyncPool, runnable);
}

// 内部执行的方法
static CompletableFuture<Void> asyncRunStage(Executor e, Runnable f) {
    // 对任务做非空校验
    if (f == null) throw new NullPointerException();
    // 直接构建了CompletableFuture的对象，作为最后的返回结果
    CompletableFuture<Void> d = new CompletableFuture<Void>();
    // 将任务和CompletableFuture对象封装为了AsyncRun的对象
    // 将封装好的任务交给了线程池去执行
    e.execute(new AsyncRun(d, f));
    // 返回构建好的CompletableFuture
    return d;
}

// 封装任务的AsyncRun类信息
static final class AsyncRun extends ForkJoinTask<Void> implements Runnable,
AsynchronousCompletionTask {
    // 声明存储CompletableFuture对象以及任务的成员变量

```

```

CompletableFuture<Void> dep;
Runnable fn;

// 将传入的属性赋值给成员变量
AsyncRun(CompletableFuture<Void> dep, Runnable fn) {
    this.dep = dep;
    this.fn = fn;
}
// 当前对象作为任务提交给线程池之后，必然会执行当前方法
public void run() {
    // 声明局部变量
    CompletableFuture<Void> d; Runnable f;
    // 将成员变量赋值给局部变量，并且做非空判断
    if ((d = dep) != null && (f = fn) != null) {
        // help GC, 将成员变量置位null, 只要当前任务结束后，成员变量也拿不到引用。
        dep = null; fn = null;
        // 先确认任务没有执行。
        if (d.result == null) {
            try {
                // 直接执行任务
                f.run();
                // 当前方法是针对Runnable任务的，不能将结果置位null
                // 要给没有返回结果的Runnable做一个返回结果
                d.completeNull();
            } catch (Throwable ex) {
                // 异常结束！
                d.completeThrowable(ex);
            }
        }
        d.postComplete();
    }
}
}

```

2.3.2 任务编排的存储&执行方式

首先如果要在前继任务处理后，执行后置任务的话。

有两种情况：

- 前继任务如果没有执行完毕，后置任务需要先放在stack栈结构中存储
- 前继任务已经执行完毕了，后置任务就应该直接执行，不需要在往stack中存储了。

如果单独采用thenRun在一个任务后面指定多个后继任务，CompletableFuture无法保证具体的执行顺序，而影响执行顺序的是前继任务的执行时间，以及后置任务编排的时机。

2.3.3 任务编排流程

```

// 编排任务，前继任务搞定，后继任务再执行
public CompletableFuture<Void> thenRun(Runnable action) {
    // 执行了内部的uniRunStage方法，
    // null: 线程池，现在没给。
    // action: 具体要执行的任务
    return uniRunStage(null, action);
}

// 内部编排任务方法
private CompletableFuture<Void> uniRunStage(Executor e, Runnable f) {

```

```

// 后继任务不能为null，健壮性判断
if (f == null) throw new NullPointerException();
// 创建CompletableFuture对象d，与后继任务f绑定
CompletableFuture<Void> d = new CompletableFuture<Void>();
// 如果线程池不为null，代表异步执行，将任务压栈
// 如果线程池是null，先基于uniRun尝试下，看任务能否执行
if (e != null || !d.uniRun(this, f, null)) {
    // 如果传了线程池，这边需要走一下具体逻辑
    // e: 线程池
    // d: 后继任务的CompletableFuture
    // this: 前继任务的CompletableFuture
    // f: 后继任务
    UniRun<T> c = new UniRun<T>(e, d, this, f);
    // 将封装好的任务，push到stack栈结构
    // 只要前继任务没结束，这边就可以正常的将任务推到栈结构中
    // 放入栈中可能会失败
    push(c);
    // 无论压栈成功与否，都要尝试执行以下。
    c.tryFire(SYNC);
}
// 无论任务执行完毕与否，都要返回后继任务的CompletableFuture
return d;
}

```

2.3.4 查看后置任务执行时机

任务在编排到前继任务时，因为前继任务已经结束了，这边后置任务会主动的执行

```

// 后置任务无论压栈成功与否，都需要执行tryFire方法
static final class UniRun<T> extends UniCompletion<T,Void> {

    Runnable fn;
    // executor: 线程池
    // dep: 后置任务的CompletableFuture
    // src: 前继任务的CompletableFuture
    // fn: 具体的任务
    UniRun(Executor executor, CompletableFuture<Void> dep, CompletableFuture<T>
src, Runnable fn) {
        super(executor, dep, src); this.fn = fn;
    }

    final CompletableFuture<Void> tryFire(int mode) {
        // 声明局部变量
        CompletableFuture<Void> d; CompletableFuture<T> a;
        // 赋值局部变量
        // (d = dep) == null: 赋值加健壮性校验
        if ((d = dep) == null ||
            // 调用uniRun。
            // a: 前继任务的CompletableFuture
            // fn: 后置任务
            // 第三个参数: 传入的是this, 是UniRun对象
            !d.uniRun(a = src, fn, mode > 0 ? null : this))
            // 进到这, 说明前继任务没结束, 等!
            return null;
        dep = null; src = null; fn = null;
        return d.postFire(a, mode);
    }
}

```



```

}

// 是否要主动执行任务
final boolean uniRun(CompletableFuture<?> a, Runnable f, UniRun<?> c) {
    // 方法要么正常结束，要么异常结束
    Object r; Throwable x;
    // a == null: 健壮性校验
    // (r = a.result) == null: 判断前继任务结束了么?
    // f == null: 健壮性校验
    if (a == null || (r = a.result) == null || f == null)
        // 到这代表任务没结束。
        return false;
    // 后置任务执行了没? == null, 代表没执行
    if (result == null) {
        // 如果前继任务的结果是异常结束。如果前继异常结束，直接告辞，封装异常结果
        if (r instanceof AltResult && (x = ((AltResult)r).ex) != null)
            completeThrowable(x, r);
        else
            // 到这，前继任务正常结束，后置任务正常执行
            try {
                // 如果基于tryFire(SYNC)进来，这里的c不为null，执行c.claim
                // 如果是因为没有传递executor，c就是null，不会执行c.claim
                if (c != null && !c.claim())
                    // 如果返回false，任务异步执行了，直接return false
                    return false;
                // 如果claim没有基于线程池运行任务，那这里就是同步执行
                // 直接f.run了。
                f.run();
                // 封装Null结果
                completeNull();
            } catch (Throwable ex) {
                // 封装异常结果
                completeThrowable(ex);
            }
    }
    return true;
}

// 异步的线程池处理任务
final boolean claim() {
    Executor e = executor;
    if (compareAndSetForkJoinTaskTag((short)0, (short)1)) {
        // 只要有线程池对象，不为null
        if (e == null)
            return true;
        executor = null; // disable
        // 基于线程池的execute去执行任务
        e.execute(this);
    }
    return false;
}
}

```

前继任务执行完毕后，基于嵌套的方式执行后置。

```

// A: 嵌套了B+C,    B: 嵌套了D+E
// 前继任务搞定，遍历stack执行后置任务
// A任务处理完，解决嵌套的B和C

```

```

final void postComplete() {
    // f: 前继任务的CompletableFuture
    // h: 存储后置任务的栈结构
    CompletableFuture<?> f = this; Completion h;
    // (h = f.stack) != null: 赋值加健壮性判断, 要确保栈中有数据
    while ((h = f.stack) != null ||
        // 循环一次后, 对后续节点的赋值以及健壮性判断, 要确保栈中有数据
        (f != this && (h = (f = this).stack) != null)) {
        // t: 当前栈中任务的后续任务
        CompletableFuture<?> d; Completion t;
        // 拿到之前的栈顶h后, 将栈顶换数据
        if (f.casStack(h, t = h.next)) {
            if (t != null) {
                if (f != this) {
                    pushStack(h);
                    continue;
                }
                h.next = null;    // detach
            }
            // 执行tryFire方法,
            f = (d = h.tryFire(NESTED)) == null ? this : d;
        }
    }
}

// 回来了 NESTED == -1
final CompletableFuture<Void> tryFire(int mode) {
    CompletableFuture<Void> d; CompletableFuture<T> a;
    if ((d = dep) == null ||
        !d.uniRun(a = src, fn, mode > 0 ? null : this))
        return null;
    dep = null; src = null; fn = null;
    // 内部会执行postComplete, 运行B内部嵌套的D和E
    return d.postFire(a, mode);
}

```

2.4 CompletableFuture执行流程图

