

JUC

1 java.util.concurrent

Callable

ArrayBlockingQueue

ConcurrentHashMap

CopyOnWriteArrayList

CountDownLatch

CyclicBarrier

Exchanger

Executors

FutureTask

LinkedBlockingQueue

Semaphore

ThreadPoolExecutor

2 java.util.concurrent.locks

AbstractQueuedSynchronizer

Condition

Lock

LockSupport

ReentrantLock

ReadWriteLock

ReentrantReadWriteLock

3 java.util.concurrent.atomic

AtomicInteger

AtomicReference

4 synchronized关键字 (底层也是cas+park实现的)

1 用户态和内核态

2 cas

cas会引起aba问题，解决方案:AtomicStampedReference

cas怎么解决原子性问题：lock

3 对象的内存布局

4 锁升级

5 volatile关键字

6 aqs

基于ch1队列的state共享变量的锁模式，通过模版方法模式实现

AQS实现的排它锁：ReentrantLock

AQS实现的共享锁：ReadWriteLock\Semaphore\CountDownLatch\CyclicBarrier

- * **AtomicInteger**
- * 底层是CAS+volatile实现的
- *
- * CAS的缺点：
 - * 1 ABA问题，改进方式 加版本号 具体实现AtomicStampedReference
 - * 2 自旋时间过长导致消耗CPU资源,自适应自旋
 - * 3 只能保证一个共享变量的原子操作，可以使用AtomicReference
- *
- *
- * 自旋锁使用场景：
 - * 如果业务逻辑执行时间很短，没有必要执行线程的切换（需要用户态->核心态转变），如果采用线程自旋的形式，会减少获取锁的成本。
- *
- * 如果竞争很激烈或者业务逻辑执行时间很长，采用自旋的形式不合适
- * （参考sync锁升级过程,如果自旋的线程数=CPU核数/2，或者自旋次数超过10次就会升级为重量级锁）
- *
- * 注意此处AtomicInteger变量并没有使用volatile关键字
- *
- *
- * 此场景并没有产生aba问题，应为每个线程都是执行+1操作

- * **1.7 HashMap Entry ConcurrentHashMap Segment HashEntry**
- * **1.8 HashMap Node ConcurrentHashMap Node**
- * **AQS Node**
- *
- * **synchronized 和 Lock区别**
- * 1 存在层面 sync是Java关键字，是JVM底层实现的（c++ monitorObject对象） Lock是Java实现的，是JUC包中的一个接口
- * 2 锁的状态 sync无法判断是否获得锁成功，Lock可以判断是否获取锁成功（isHeldByCurrentThread()）
- * 3 锁的获取 sync中，A线程获得锁，B线程等待。如果A阻塞，则B一直等待。在Lock中，如果A获取锁，B可能会尝试获取锁，获取不到才会等待
- * 4 锁的释放 sync中，代码执行完毕或者异常之后会自动释放。LOCK中，必须在finally中释放。
- * 5 锁的类型 sync中，可重入、不可中断、非公平锁 LOCK，可重入、可中断、可公平、可不公平（sync不可中断的意思是：A线程获取锁，B线程等待，线程中断不能停止B的等待）
- * 6 锁的性能 sync中，适用于竞争不激烈的场景。（经历过锁的优化之后，SYNC在竞争不激烈的情况下，性能优于Lock）。LOCK，适用于竞争激烈的场景
- *
- * **firstWaiter lastWaiter**

* **AQS**是抽象类，但是并没有抽象方法，因为如果是抽象类，所有抽象方法必须实现，但是一般情况下只需要实现部分方法。

* AQS底层采用的是 (state+CLH+CAS) 实现的

✿

* AQS类主要信息如下:

* 属性信息如下:

```
*     private transient volatile Node head;
*     private transient volatile Node tail;
*     private volatile int state;
*     private transient Thread exclusiveOwnerThread;
```

* 内部类信息如下:

```
* static final class Node {
*     volatile int waitStatus;
*     volatile Node prev;
*     volatile Node next;
*     volatile Thread thread;
*     Node nextwaiter;
* }
*
* public class ConditionObject implements Condition {
*     private transient Node firstwaiter;
*     private transient Node lastwaiter;
*     await();
*     signal();
*     signalAll();
* }
```

* 需要子类实现的方法如下:

```

* 1 tryAcquire(int arg); 获取排它锁 成功则返回true, 失败则返回false
* 2 tryRelease(int arg); 释放排它锁 成功则返回true, 失败则返回false
* 3 tryAcquireShared(int arg); 获取共享锁 负数表示失败; 0表示成功, 但没有剩余可用资源; 正数表示成功, 且有剩余资源

```

* `4 tryReleaseShared(int arg);` 释放共享锁 尝试释放资源，如果释放后允许唤醒后续等待结点返回`true`，否则返回`false`

* 5 isHeldExclusively(); 是否线程独占 只有用到condition才需要去实现它

✿

* 外部调用的时候使用的方法是(这些方法都是final的方法(模板方法模式)):

```
* AbstractQueuedSynchronizer.acquire(int arg);
```

```
* AbstractQueuedSynchronizer.release():
```

```
* AbstractQueuedSynchronizer.tryAcquireNanos();
```

✿

```
* AbstractQueuedSynchronizer.acquireShared();
```

```
* AbstractQueuedSynchronizer.releaseShared();
```

```
* AbstractQueuedSynchronizer.tryAcquireSharedNanos();
```

✿

✿

✿

✿

* **CANCELLED(1)**: 表示当前结点已取消调度。当**timeout**或被中断（响应中断的情况下），会触发变更为此状态，进入该状态后的结点将不会再变化。

* **SIGNAL(-1)**: 表示后继结点在等待当前结点唤醒。后继结点入队时，会将前继结点的状态更新为 **SIGNAL**。

* **CONDITION(-2)**: 表示结点等待在Condition上, 当其他线程调用了Condition的signal()方法后, CONDITION状态的结点将从等待队列转移到同步队列中, 等待获取同步锁。

* **PROPAGATE(-3)**: 共享模式下, 前继结点不仅会唤醒其后继结点, 同时也可能会唤醒后继的后继结点。

* 0: 新结点入队时的默认状态。

* 注意，负值表示结点处于有效等待状态，而正值表示结点已被取消。所以源码中很多地方用>0、<0来判断结点的状态是否正常。

✿

```

*
* 需要说明的一点是：CLH队列中，head节点永远是一个哑巴节点，它不代表任何线程（即head节点中的
thread永远是空），只有从次节点开始才代表了等待锁的线程。
* 也就是说当线程没有抢到锁被包装成Node节点扔进队列时，即使队列时空的，它也会排在第二个。
*
* AQS中的CAS操作针对5个变量，AQS类中的head,tail,state和Node类中的waitStatus,next
*
* Lock接口：
* void lock();
* void lockInterruptibly() throws InterruptedException;
* boolean tryLock();
* boolean tryLock(long time, TimeUnit unit) throws InterruptedException;
* void unlock();
* Condition newCondition();
*
* ReentrantLock implements Lock
* 主要内部类如下：
*     abstract static class Sync extends AbstractQueuedSynchronizer {
*         abstract void lock();
*     }
*     static final class NonfairSync extends Sync {
*         final void lock() {
*             if (compareAndSetState(0, 1))
*                 setExclusiveOwnerThread(Thread.currentThread());
*             else
*                 acquire(1);
*         }
*     }
*     static final class FairSync extends Sync {
*         final void lock() {
*             acquire(1);
*         }
*     }
* 主要方法如下：
* 1 构造器方法
*     public ReentrantLock() {
*         sync = new NonfairSync();
*     }
* 2 构造器方法
*     public ReentrantLock(boolean fair) {
*         sync = fair ? new FairSync() : new NonfairSync();
*     }
* 3 加锁方法
*     public void lock() {
*         sync.lock();
*     }
* 4 释放锁方法
*     public void unlock() {
*         sync.release(1);
*     }
*
* 思考AQS,ReentrantLock,Lock关系
*
* ReentrantLock是独占锁，但是有公平独占锁和非公平独占锁两种类型
* ReentrantReadWriteLock中的读锁是共享锁，也有公平共享锁和非公平共享锁两种类型
* 需要仔细体会下独占锁和共享锁 公平锁和非公平锁的关系
*
* ReadWriteLock 没有继承 Lock接口

```

- * 主要方法:
- * Lock `readLock()`;
- * Lock `writeLock()`;
- *
- *
- * 之所以采用从后往前遍历,是因为我们处于多线程并发条件下,如果一个节点的`next`属性是`null`,并不能保证它是尾结点 (
- * 可能新加入的尾节点还没来得及执行`prev.next=node`) 但是如果一个队列能够入队,则它的`prev`属性一定是有值的,所以反向查找是最准确的
- *
- * 锁的释放必须在`finally`中
- *
- *
- * `ReentrantReadWriteLock` 实现了 `ReadWriteLock`
- *
- *
- *
- * 共享锁与独占锁的区别
- * 1 独占锁模式下,只有独占锁的节点释放了之后,才会唤醒后续节点的线程。
- * 2 共享锁模式下,当一个节点获取了共享锁,我们获取成功之后就可以唤醒后续节点线程,而不需要等待释放锁再唤醒线程。
- * 共享锁可以被多个线程同时持有,一个线程获取到锁,后续节点有很大几率可以获取到锁。所以,在获取锁和释放锁的时候都会唤醒后续节点的线程。
- *
- * `Semaphore#tryAcquireShared`方法的返回值是一个`int`类型(独占锁返回的是`boolean`类型-代表获取锁成功或者失败)
- * 0 代表获取锁成功,但是后续获取锁会失败
- * 大于0,代表获取锁成功,后续获取锁大概率会成功
- * 小于0,代表获取锁失败
- *
- * 共享锁--在构造方法中指定了`state`的值(代表了可以有多个线程同时获取锁)
- *
- * 在独占锁中`new Node()`中,`nextWaiter`指向`Node.EXCLUSIVE=null`
- * 在共享锁中`new Node()`中,`nextWaiter`指向`Node.SHARED=new Node()`--所有的节点的`nextWaiter`都指向同一个`SHARED`对象,可以用来判定下一个`NODE`是不是共享锁
- *
- * 在独占锁中`setHead()`--1 把`head`指针指向当前节点 2 当前节点的`thread=null` 3 当前节点的`prev=null` 4 元`head`节点的`next=null`(为了GC)
- * 在共享锁中`setHeadAndPropagate()` --1 `setHead()`(包含了以上所有动作) 2 如果`state`还有剩余锁&&下一个节点是共享节点,调用`releaseShared()`方法
- *
- * 释放锁的逻辑
- *

- * 主要介绍`java.util.concurrent.locks`包下的类
- * `AbstractQueuedSynchronizer`
- *
- * `Condition`
- *
- * `Lock`
- * `lock()` --一直等待锁
- * `tryLock()` -- 尝试获取锁,如果获取到返回`true`,否则返回`false`
- * `tryLock(long, TimeUnit)` -- 尝试在L时间内获取锁,如果获取到返回`true`,否则返回`false`
- * `unlock()` -- 解锁,必须放在`finally`中,一次`lock`对应一次`unlock`

```

*         newCondition() -- 返回一个Condition对象(synchronized与Object.wait\notify
组合使用) LOCK与Condition.await\notify组合使用
*
*         LockSupport
*
*         ReentrantLock
*
*         ReadWriteLock
*
*         ReentrantReadWriteLock

```

```

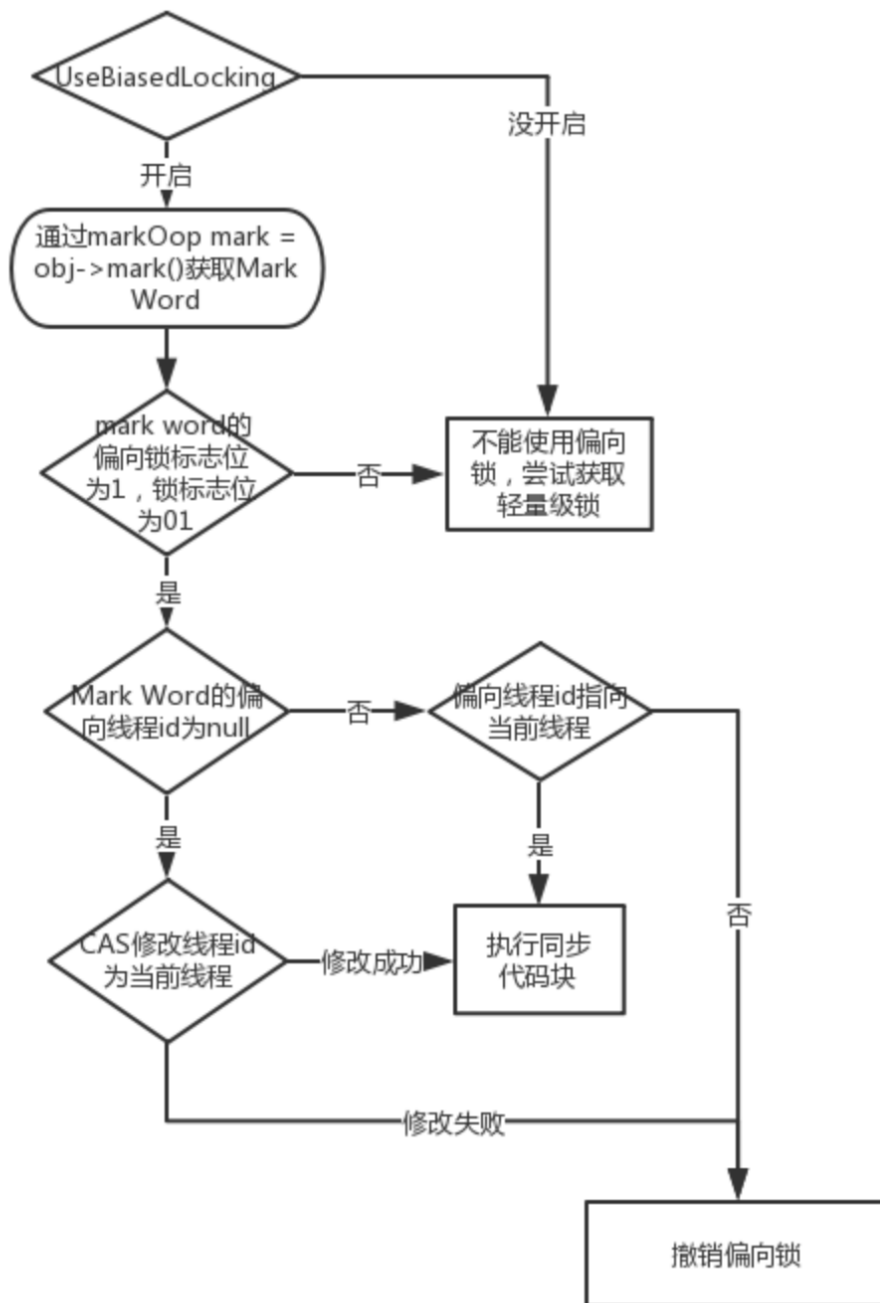
/**
 * synchronized关键字
 *
 * 重量级锁ObjectMonitor
 * (1) owner, 指向持有ObjectMonitor的线程;
 * (2) waitSet, wait状态的线程队列, 等待被唤醒, 也就是调用了wait;
 * (3) EntrySet, 等待锁的线程队列,
 * (4) Recursions, 重入次数
 *
 * 同步流程
 * (1) 有两个线程, 线程A、线程B将竞争锁访问同步代码块, 先进入ObjectMonitor的EntrySet中等待锁;
 * (2) 当CPU调度线程A获取到锁则进入同步代码, ObjectMonitor owner属性指向线程A, 线程B继续在EntryList中等待;
 * (3) 线程A在同步代码中执行wait, 则线程进入waitSet并释放锁, ObjectMonitor owner属性清空;
 * (4) CPU调度使线程B获取到锁进入同步代码块, ObjectMonitor owner属性指向线程B, 任务执行完退出同步代码之前调用notifyAll, 线程A被唤醒, 从waitSet转到EntryList中等待锁, 线程B退出同步代码块, ObjectMonitor owner属性清空;
 * (5) CPU调度使线程A获取同步锁, 继续后续代码;
 *
 * 每一个JAVA对象都和一个ObjectMonitor对象相关联, 关联关系存储在对象头中
 * 每一个试图进入代码块的线程都会被封装成Objectwaiter对象, 他们或者在EntryList中或者在waitSet中等待称为ObjectMonitor的owner
 *
 * synchronized 和 Lock区别
 * 1 存在层面 sync是Java关键字, 是JVM底层实现的(c++ monitorObject对象) Lock是Java实现的, 是JUC包中的一个接口
 * 2 锁的状态 sync无法判断是否获得锁成功, Lock的排他锁, 可以判断是否获取锁成功(isHeldByCurrentThread())
 * 3 锁的获取 sync中, A线程获得锁, B线程等待。如果A阻塞, 则B一直等待。在Lock中, 如果A获取锁, B可能会尝试获取锁, 获取不到才会等待
 * 4 锁的释放 sync中, 代码执行完毕或者异常之后会自动释放。LOCK中, 必须在finally中释放。
 * 5 锁的类型 sync中, 可重入、不可中断、非公平锁 LOCK, 可重入、可中断、可公平、可不公平(sync不可中断的意思是: A线程获取锁, B线程等待, 线程中断不能停止B的等待)
 * 6 锁的性能 sync中, 适用于竞争不激烈的场景。(经历过锁的优化之后, SYNC在竞争不激烈的情况下, 性能优于Lock)。LOCK, 适用于竞争激烈的场景
 *
 * 对象的内存布局:
 * 64位操作系统中:
 * 对象头
 * 8个字节的Markword (jvm启动时, 采用了延迟开启偏向锁的策略, 因为在jvm加载类时, 明确知道有锁的竞争。)

```

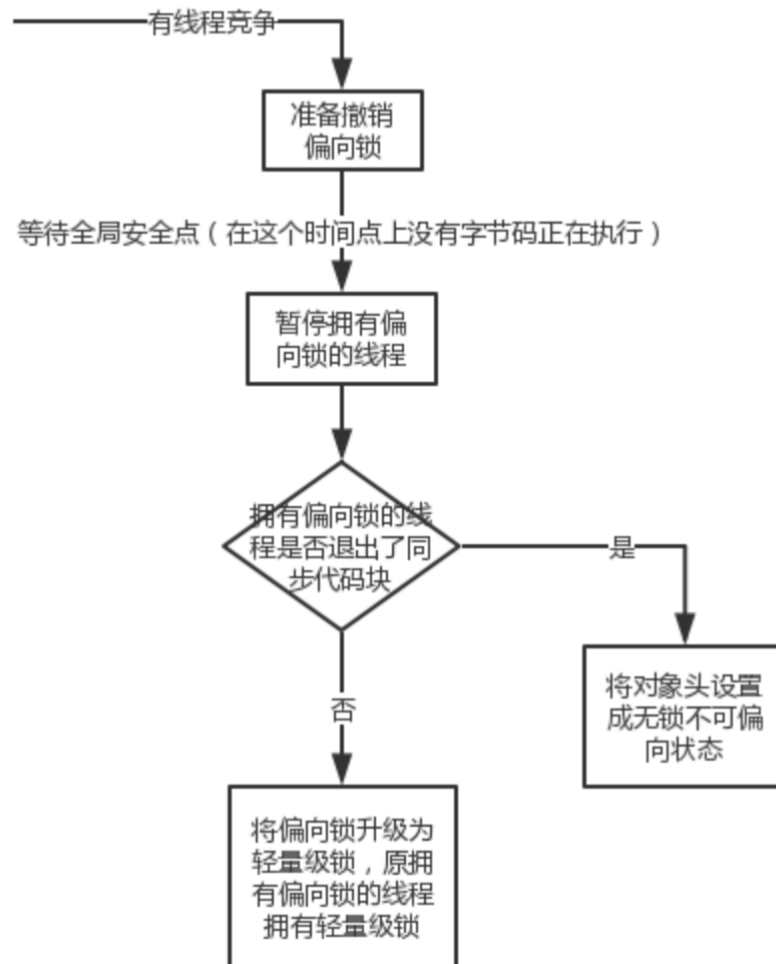
```

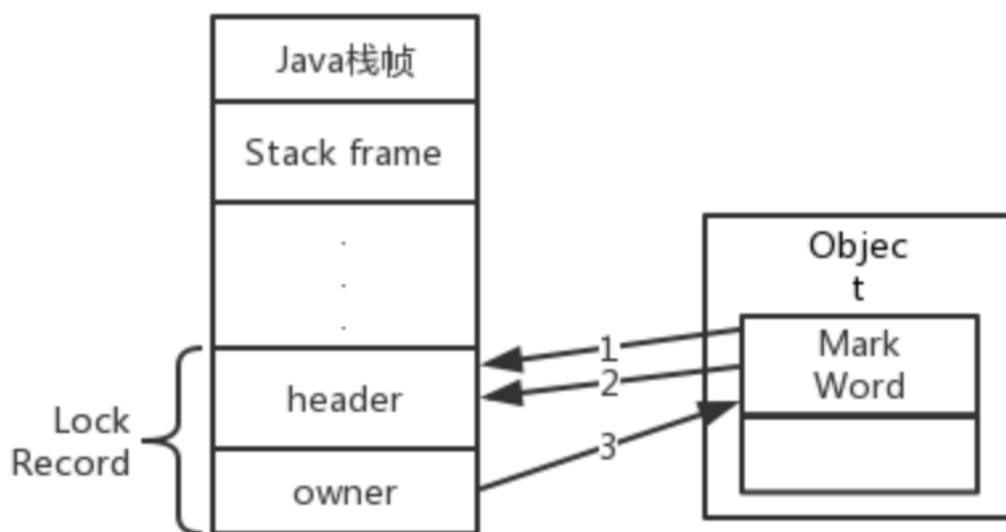
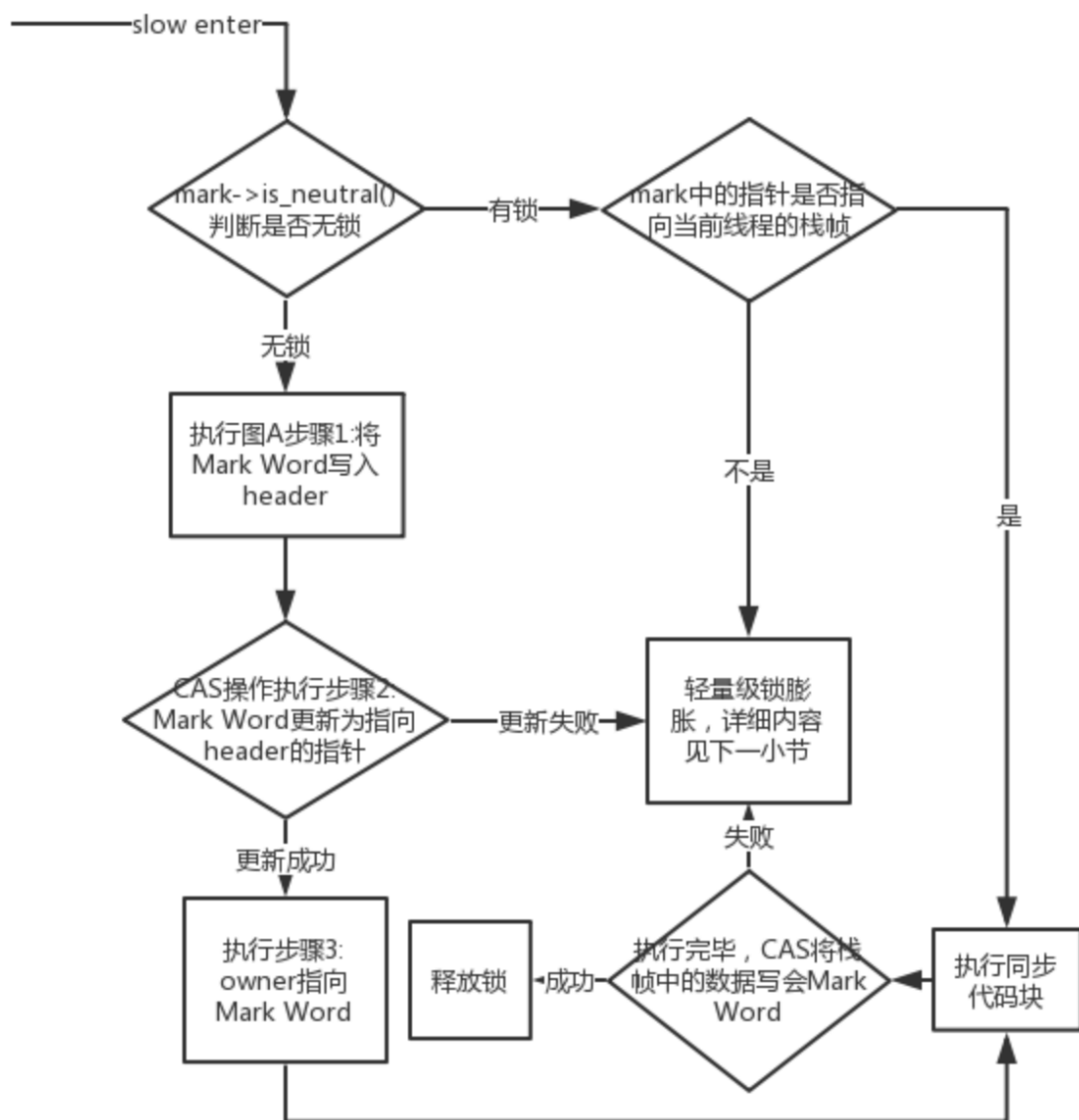
*           无锁           hashCode（跟实际内存位置有关） 4位的年龄信息 所以最大是16 1
位的0 表明无偏向 01表明是无锁（其实001才是表明无锁）
*           偏向锁           ThreadId(偏向的线程ID)           4位的年龄信息 所以最大是16 1
位的1 表明偏向锁 01表明是偏向锁（采用cas实现,UseBiasedLocking是否开启偏向锁）
*           如果UseBiasedLocking=false，则直接获取轻量级锁
*           如果ubl=true,则检查偏向锁标志是否是1，锁标志是否是01，如果不是该是
什么锁，就尝试获取什么锁
*           如果是101，查看threadId是否是空，
*           如果是空，尝试cas更改ThreadId
*           如果非空，比较是否是当前线程
*           如果是当前线程，获取锁成功。
*           如果不是，则进行偏向锁的撤销。
*           偏向锁撤销，等待全局安全点时，查看拥有锁的线程是
否退出了同步代码块
*           如果退出了，则设置成001
*           如果没有退出，则升级为轻量级锁
*           轻量级锁           指向线程栈中的LockRecord的指针
00表明是轻量级锁（采用cas实现）
*           LockRecord中有header和owner两个结构
*           当前对象是否有锁
*           如果没锁，将当前对象的MarkWord写入当前线程的栈帧的LockRecord的
header中（可能有多个线程写入同样的MarkWord）
*           cas操作把获取到锁的线程的LockRecord指针写入MarkWord中（可能有多个线程写入，但是只有一个会成功）
*           如果写入成功将LockRecord中的owner指向对象的MarkWord，然后执行同步代码块，执行完同步代码块，采用cas操作把记录的原来的MarkWord值写回，然后释放锁。
*           重量级锁           指向互斥量（重量级锁）的指针
10重量级锁
*           有两个队列，同步队列和等待队列，这个是需要用户态和内核态的转变的，所以比较重。
*           先判定owner是否为空
*           如果为空，则设置owner=当前线程,recursions=1,进入同步代码块
*           如果非空，查看owner是否是当前线程
*           如果是,recursions++,进入同步代码块
*           如果不是,自旋的方式等待，自旋失败，通过cas进入entryset中
*           4个字节的KlassPointer（默认开启了指针压缩）
*           如果是数据，还有4个字节的数组长度
*           实例数据
*           int 4个字节
*           long 8个字节
*           reference 4个字节（默认开启了指针压缩）
*           对其填充
*           对象的大小必须是8字节的倍数
*
*           重入：
*           对于不同级别的锁都有重入策略，偏向锁:单线程独占，重入只用检查threadId等于该线程；
*           轻量级锁：重入将栈帧中lock record的header设置为null，重入退出，只用弹出栈帧，直到最后一个重入退出CAS写回数据释放锁；
*           重量级锁：重入_recursions++，重入退出_recursions--，_recursions=0时释放锁
*
* */

```



偏向锁的撤销过程如下：





图A

- * `ArrayBlockingQueue`
- * `LinkedBlockingDeque`
- * `Executors.newFixedThreadPool()`和`Executors.newSingleThreadExecutor()`底层均使用此阻塞队列,会造成内存溢出的情况
- * `SynchronousQueue`
- * `Executors.newCachedThreadPool()`使用此阻塞队列,会大量创建线程
- * `add(E e)` `remove()` 会报错
- * `offer(E e)` `poll()` 返回
- * `put(E e)` `take()` 会阻塞

- * `volatile`关键字,轻量级的线程同步工具,
- * `jmm(java memory model)` java内存模型(可以画出内存模型),规定需要满足三个条件
- * 1 可见性
- * 2 原子性
- * 3 有序性
- * `volatile`满足两种,可见性和有序性,但是不满足原子性
- * `volatile`之所以能满足这两种特性底层是通过`memory barrier`实现的。
- * `memory barrier`禁止重排序和强制读取主存数据
- * 内存屏障和读写屏障

Condition接口的主要实现类是AQS的内部类 `ConditionObject` ,每个Condition对象都包含一个等待队列。该队列是Condition对象实现等待/通知的关键。AQS中同步队列与等待队列的关系如下：

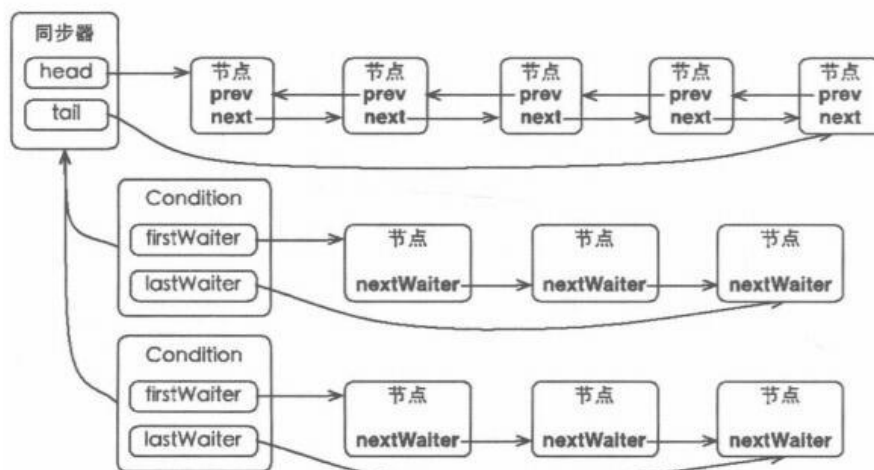


图 5-10 同步队列与等待队列 https://blog.csdn.net/gs_albb

在Object的监视器模型上,一个对象拥有一个同步队列与一个等待队列,而AQS拥有一个同步队列和多个等待队列。

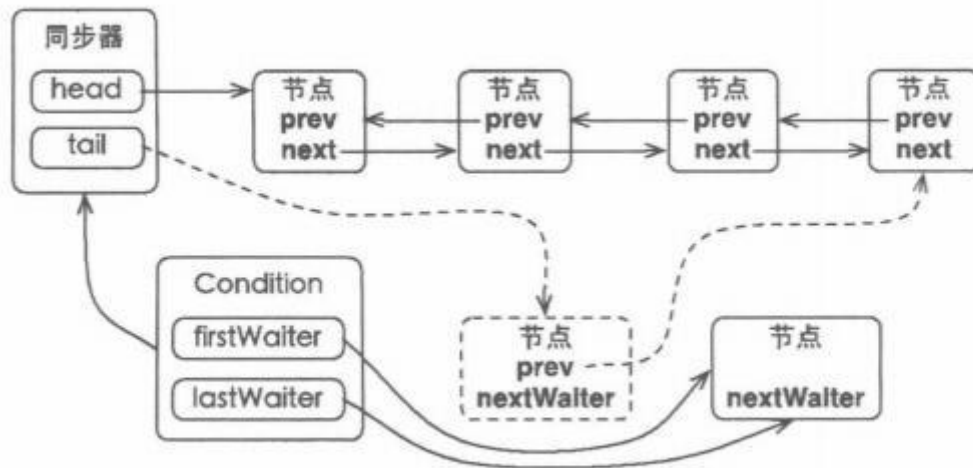
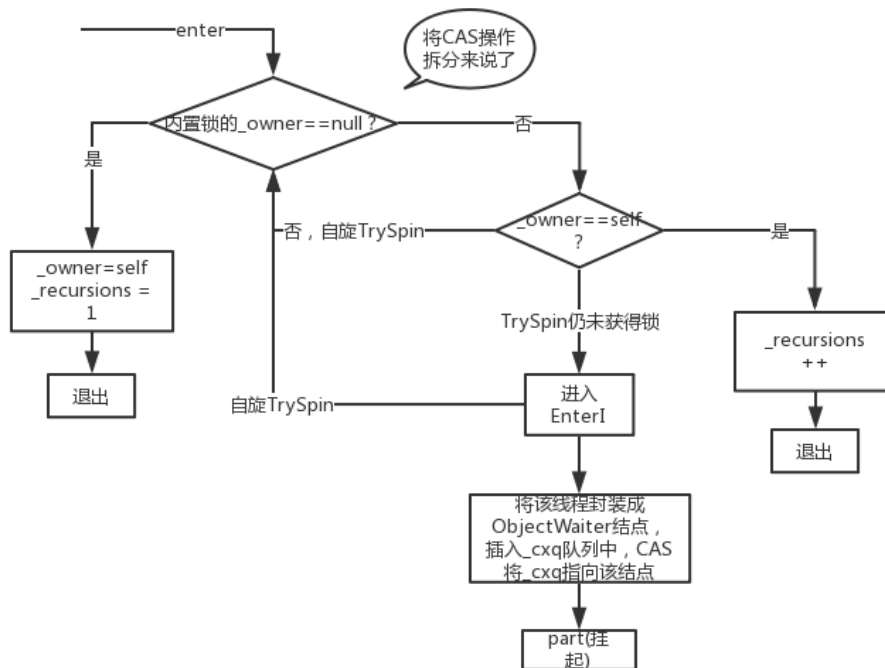
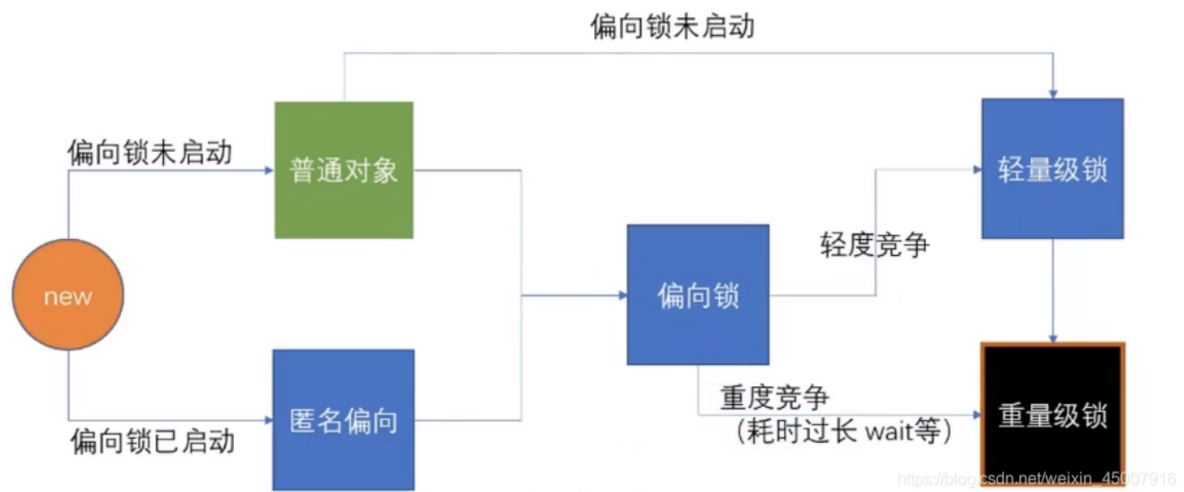


图 5-12 节点从等待队列移动到同步队列 log.csdn.net/gs_albb

SYNC重量级锁的获取过程





Hotspot的实现

锁状态	25位	31位	1位	4bit	1bit 偏向锁位	2bit 锁标志位
无锁态 (new)	unused	hashCode (如果有调用)	unused	分代年龄	0	0 1

锁状态	54位	2位	1位	4bit	1bit 偏向锁位	2bit 锁标志位
偏向锁	当前线程指针 <code>JavaThread*</code>	Epoch	unused	分代年龄	1	0 1

锁状态	62位	2bit 锁标志位
轻量级锁	指向线程栈中Lock Record的指针	0 0
自旋锁 无锁		
重量级锁	指向互斥量 (重量级锁) 的指针	1 0
GC标记信息	CMS过程用到的标记信息	1 1

https://blog.csdn.net/weixin_45007916

讲解SYNC

<https://blog.csdn.net/zwjyyy1203/article/details/106217887>

讲解aqs

<https://segmentfault.com/a/1190000016058789>

AQS非公平锁底层原理代码分析：

```

调用端代码样例
Lock lock = new ReentrantLock();
lock.lock();
try {
    //do buss
} finally {
    lock.unlock();
}

```

```
//构造方法中指定了是非公平锁
public ReentrantLock() {
    sync = new NonfairSync();
}
```

//lock.lock调用非公平锁的lock方法

```
final void lock() {
    //并没有检查当前队列是否有排队情况，直接尝试获取锁，此处显示出非公平锁，此处并没有采用重试，
    失败之后尝试acquire入队列
    if (compareAndSetState(0, 1))
        //如果CAS把state变成1，表示获取锁成功，把当前线程设置成独占线程
        setExclusiveOwnerThread(Thread.currentThread());
    else
        //调用AQS的acquire方法
        acquire(1);
}
```

//获取锁的逻辑-主要包含三个方法

//tryAcquire-aqs子类实现的方法

//addwaiter-把当前线程封装成Node对象放入队列，注意此处的Node类型是Node.EXCLUSIVE

//acquireQueued-更新前节点的状态

```
public final void acquire(int arg) {
    if (!tryAcquire(arg) &&
        acquireQueued(addwaiter(Node.EXCLUSIVE), arg))
        //如果是被别的线程中断唤醒，获取到锁之后，会自己打断
        selfInterrupt();
}
```

//非公平锁中tryAcquire方法的具体实现

```
final boolean nonfairTryAcquire(int acquires) {
    final Thread current = Thread.currentThread();
    int c = getState();
    if (c == 0) {
        //如果当前锁没有被占用，通过CAS操作尝试获取锁，此处也体现出非公平锁，此处并没有采用重试，
        失败之后返回false
        if (compareAndSetState(0, acquires)) {
            //设置排他线程
            setExclusiveOwnerThread(current);
            return true;
        }
    }
    //线程重入的情况
    else if (current == getExclusiveOwnerThread()) {
        int nextc = c + acquires;
        if (nextc < 0) // overflow
            throw new Error("Maximum lock count exceeded");
        setState(nextc);
        return true;
    }
    //非上述两种情况，返回false，后续进入CLH队列
    return false;
}
```

//把Node节点放入队列

```
private Node addwaiter(Node mode) {
    //构建新Node
    /*Node(Thread thread, Node mode) {
        *      this.nextwaiter = mode;
        *      this.thread = thread;
        *}
    */
    Node node = new Node(Thread.currentThread(), mode);
    // 尝试快速入队
    Node pred = tail;
    if (pred != null) {
        //当前线程的节点的prev值变成尾结点，考虑如果有多个线程同时进入，会有多个线程的节点的prev值会变成尾结点
        node.prev = pred;
        //如果tail节点不是空的，即队列中有值，采用CAS操作把AQS的尾节点变成当前线程的节点，此处只会有一个线程会成功（思考尾分叉），此处并没有采用重试，失败之后采用别的方式进入队列
        if (compareAndSetTail(pred, node)) {
            // 把上一个尾节点的next值，指向新的尾节点
            pred.next = node;
            return node;
        }
    }
    //如果快速入队失败，尝试正常入队
    enq(node);
    return node;
}
```

```
//快速入队失败之后尝试正常入队
private Node enq(final Node node) {
    //采用死循环重试的方式
    for (;;) {
        Node t = tail;
        if (t == null) { // Must initialize
            //如果尾节点是空，表明是第一次进入队列，则new Node()对象，此对象没有Thread属性，称为空节点。把空节点置成CLH队列的头节点
            //所以，注意CLH队列的头节点要么是NULL,要么是没有Thread属性的空节点
            if (compareAndSetHead(new Node()))
                tail = head;
        } else {
            node.prev = t;
            //采用CAS的方式把当前节点设置成尾结点，如果失败，会一直重试，直至设置成功
            if (compareAndSetTail(t, node)) {
                t.next = node;
                return t;
            }
        }
    }
}
```

```
// 修改Node节点状态
final boolean acquireQueued(final Node node, int arg) {
    boolean failed = true;
    try {
        boolean interrupted = false;
        //采用死循环的方式一直重试
        for (;;) {
```



```

        //获取当前节点的前一个节点
        final Node p = node.predecessor();
        //如果当前节点的前一个节点是头节点，则调用上面的tryAcquire方法，继续尝试获取锁
        if (p == head && tryAcquire(arg)) {
            //如果获取锁成功，则把当前节点设置成头节点，并把当前节点的thread属性置null，
            //当前节点的prev属性置null
            setHead(node);
            //把当前节点的前节点的next属性变成null，为了方便GC回收
            p.next = null; // help GC
            failed = false;
            return interrupted;
        }
        //获取锁失败的处理
        if (shouldParkAfterFailedAcquire(p, node) &&
            parkAndCheckInterrupt())
            interrupted = true;
    }
} finally {
    if (failed)
        cancelAcquire(node);
}
}

```

```

//设置当前节点为头节点，并把当前节点的thread属性置null，当前节点的prev属性置null
private void setHead(Node node) {
    head = node;
    node.thread = null;
    node.prev = null;
}

```

```

// 如果获取锁失败，进入park状态
private static boolean shouldParkAfterFailedAcquire(Node pred, Node node) {
    int ws = pred.waitStatus;
    //查看当前节点的前一个节点，如果waitStatus == -1，直接返回
    if (ws == Node.SIGNAL)
        return true;
    //查看当前节点的前一个节点，如果waitStatus == 1，则一直往前找，直到找到waitStatus <= 0
    //的节点作为它的前节点
    if (ws > 0) {
        do {
            node.prev = pred = pred.prev;
        } while (pred.waitStatus > 0);
        pred.next = node;
    } else {
        //如果waitStatus <= 0，独占锁只有waitStatus == 0的场景，则通过CAS把前节点的
        //waitStatus变成-1
        compareAndSetWaitStatus(pred, ws, Node.SIGNAL);
    }
    return false;
}

```

```
//如果设置了前节点waitStatus = -1之后，当前节点的线程park
private final boolean parkAndCheckInterrupt() {
    //未获取到锁的线程会一直park在这个位置，直到被上个节点的线程唤醒或者被别的线程中断
    LockSupport.park(this);
    //如果被唤醒，则返回是否是中断被唤醒的标识，如果返回true，表明是被别的线程中断，如果返回false，表明是被前节点唤醒
    return Thread.interrupted();//此方法会消除中断标识
}
```

```
//如果是被别的线程中断之后获取到锁，并不是从前节点唤醒的，则线程自己中断
static void selfInterrupt() {
    Thread.currentThread().interrupt();
}
```

AQS公平锁底层原理代码分析：

```
//调用端代码
Lock lock = new ReentrantLock(true);
lock.lock();
try {
    //do buss
} finally {
    lock.unlock();
}
```

```
//构造其中指定使用公平锁
public ReentrantLock(boolean fair) {
    sync = fair ? new FairSync() : new NonfairSync();
}
```

```
//公平锁的lock实现
//此处并没有采用CAS直接获取锁
final void lock() {
    acquire(1);
}
```

```
//此处的获取锁的主要逻辑和非公平锁的逻辑一致，只是tryAcquire方法是公平锁的实现
public final void acquire(int arg) {
    if (!tryAcquire(arg) &&
        acquireQueued(addWaiter(Node.EXCLUSIVE), arg))
        selfInterrupt();
}
```

```
//公平锁的尝试获取锁的逻辑
protected final boolean tryAcquire(int acquires) {
    final Thread current = Thread.currentThread();
    int c = getState();
    if (c == 0) {
```

```

//如果state==0&&队列中没有正在等待的线程，则尝试CAS获取锁
if (!hasQueuedPredecessors() &&
    compareAndSetState(0, acquires)) {
    setExclusiveOwnerThread(current);
    return true;
}
}
else if (current == getExclusiveOwnerThread()) {
    int nextc = c + acquires;
    if (nextc < 0)
        throw new Error("Maximum lock count exceeded");
    setState(nextc);
    return true;
}
//如果state!=0或者CAS获取锁失败则当前线程进入队列
return false;
}

```

```

public final boolean hasQueuedPredecessors() {
    Node t = tail;
    Node h = head;
    Node s;
    //如果h=null t=null表明队列中没有等待的线程，则返回false，整个Node进入队列中
    //如果h非空，t非空但是t==h表明队列中没有等待的线程，则返回false，整个Node进入队列中
    //如果h非空 t是空 s = null表明 整个队里刚开始是空的，第一个线程进入队列时，刚把head空节点设置好，并未设置tail节点
    //如果h非空 t非空，s != null表明 整个队列中至少有一个值，如果s的线程是当前线程，则返回false，s是第一个等待的线程，尝试获取锁
    //如果h非空 t非空 s != null 但是s的线程不是当前线程，返回true，尝试进入队列
    return h != t &&
        ((s = h.next) == null || s.thread != Thread.currentThread());
}

```

公平锁和非公平锁的解锁流程都是一样的

```

//此处的release方法调用的是AQS中的方法，所以，公平锁和非公平锁都是一个流程
public void unlock() {
    sync.release(1);
}

```

```

//释放锁
public final boolean release(int arg) {
    //调用AQS实现类中的方法，此处调用的是ReentrantLock内部类Sync中的方法，公平锁和非公平锁都一样
    if (tryRelease(arg)) {
        Node h = head;
        //释放锁成功之后，如果头节点不是空&&头节点状态!=0，表明后续由需要头节点唤醒的线程
        if (h != null && h.waitStatus != 0)
            unparkSuccessor(h);
        return true;
    }
    return false;
}

```

```

//尝试释放锁
protected final boolean tryRelease(int releases) {
    //state值，每释放一次就减1
    int c = getState() - releases;
    if (Thread.currentThread() != getExclusiveOwnerThread())
        throw new IllegalMonitorStateException();
    boolean free = false;
    //如果state=0，表明该线程不再使用锁，需要把exclusiveOwnerThread变成null
    //如果state!=0，表明该线程还需要继续使用锁，但是只是释放了一次而已
    if (c == 0) {
        free = true;
        setExclusiveOwnerThread(null);
    }
    setState(c);
    return free;
}

```

```

//如果上个线程完全释放锁，即state=0&&CLH队列中头节点非空&&头结点的waitStatus!=0则唤醒CLH队
列中的下一个线程
private void unparkSuccessor(Node node) {
    int ws = node.waitStatus;
    //如果头节点状态<0，则采用CAS方法把statue变成0
    if (ws < 0)
        compareAndSetWaitStatus(node, ws, 0);
    Node s = node.next;
    //如果头节点的下一个节点为空或者waitStatus >0，则从尾节点开始往前遍历，找出
waitStatus<=0的最前面的那一个节点。
    if (s == null || s.waitStatus > 0) {
        s = null;
        for (Node t = tail; t != null && t != node; t = t.prev)
            if (t.waitStatus <= 0)
                s = t;
    }
    //如果找到了该节点，则唤醒该节点上的线程
    if (s != null)
        LockSupport.unpark(s.thread);
}

```

共享锁的获取源码分析

```

//使用端代码逻辑
Semaphore semaphore = new Semaphore(5);
semaphore.acquire();
semaphore.release();

```

```

//锁的构造方法
public Semaphore(int permits) {
    sync = new NonfairSync(permits);
}

```

```

//非公平锁的实现
NonfairSync(int permits) {
    super(permits);
}

//Semaphore内部类Sync的构造方法
Sync(int permits) {
    setState(permits);
}

//设置AQS的state属性的值
protected final void setState(int newState) {
    state = newState;
}

```

```

//调用获取共享锁的方法
public void acquire() throws InterruptedException {
    sync.acquireSharedInterruptibly(1);
}

```

```

//获取可打断的共享锁
public final void acquireSharedInterruptibly(int arg)
    throws InterruptedException {
    if (Thread.interrupted())
        throw new InterruptedException();
    //如果>=0表明获取锁成功，不需要等待队列，如果方法返回值<0表示线程获取锁失败，则需要进入CLH
    队列等待锁
    if (tryAcquireShared(arg) < 0)
        doAcquireSharedInterruptibly(arg);
}

```

```

//Semaphore内部NonfairSync非公平锁的实现
protected int tryAcquireShared(int acquires) {
    return nonfairTryAcquireShared(acquires);
}

```

```

//Semaphore内部Sync的方法
final int nonfairTryAcquireShared(int acquires) {
    //此处是一个死循环
    for (;;) {
        //获取当前的state值
        int available = getState();
        int remaining = available - acquires;
        //如果剩余的state的值<0,则直接返回负值
        //如果大于或者等于0, 尝试CAS更新状态--此处会一直重试，直至成功或者直接返回负值
        //返回负值就会进入CLH队列
        if (remaining < 0 ||
            compareAndSetState(available, remaining))
            return remaining;
    }
}

```

```

//线程进入队列&更新waitStatus状态，对比独占锁的acquireQueued
private void doAcquireSharedInterruptibly(int arg)

```

```

throws InterruptedException {
//此处的逻辑跟独占锁的一直，同一个方法
final Node node = addWaiter(Node.SHARED);
boolean failed = true;
try {
//此处是一个死循环，会保证进入队列一定成功
for (;;) {
    final Node p = node.predecessor();
    //如果当前节点的前一个节点是head节点
    if (p == head) {
        //再次尝试获取锁
        int r = tryAcquireShared(arg);
        //如果获取锁成功
        if (r >= 0) {
            //设置头节点
            setHeadAndPropagate(node, r);
            p.next = null; // help GC
            failed = false;
            return;
        }
    }
    if (shouldParkAfterFailedAcquire(p, node) &&
        parkAndCheckInterrupt())
        throw new InterruptedException();
}
} finally {
    if (failed)
        cancelAcquire(node);
}
}
}

```

```

//设置头节点&释放共享锁
private void setHeadAndPropagate(Node node, int propagate) {
    Node h = head; // Record old head for check below
    //设置头节点
    setHead(node);
    if (propagate > 0 || h == null || h.waitStatus < 0 ||
        (h = head) == null || h.waitStatus < 0) {
        Node s = node.next;
        if (s == null || s.isShared())
            doReleaseShared();
    }
}

```

```

//设置头节点，并把thread值为空，并且prev的值为空
private void setHead(Node node) {
    head = node;
    node.thread = null;
    node.prev = null;
}

```

```
//释放共享锁逻辑
public void release() {
    sync.releaseShared(1);
}
```

```
//AQS中的释放共享锁逻辑
public final boolean releaseShared(int arg) {
    //尝试释放锁，释放成功返回true，否则返回false
    if (tryReleaseShared(arg)) {
        doReleaseShared();
        return true;
    }
    return false;
}
```

```
//Semaphore中Sync中的方法，采用CAS+自旋的方式，一直尝试释放锁，直至成功，每次释放state值就+1
protected final boolean tryReleaseShared(int releases) {
    //死循环
    for (;;) {
        int current = getState();
        int next = current + releases;
        if (next < current) // overflow
            throw new Error("Maximum permit count exceeded");
        if (compareAndSetState(current, next))
            return true;
    }
}
```

```
//AQS中的方法，同样是采用CAS+自旋的方式
private void doReleaseShared() {
    //死循环
    for (;;) {
        Node h = head;
        if (h != null && h != tail) {
            int ws = h.waitStatus;
            if (ws == Node.SIGNAL) {
                //如果头节点状态是SIGNAL，则使用CAS把头节点状态变成0，此处只有一个线程可以完成此操作
                if (!compareAndSetWaitStatus(h, Node.SIGNAL, 0))
                    continue; // loop to recheck cases
                //完成变更的线程，可以唤醒后续的线程，没有变更成功的线程则继续循环
                unparkSuccessor(h);
            }
            //PROPAGATE为了解决线程无法唤醒的BUG
            else if (ws == 0 &&
                !compareAndSetWaitStatus(h, 0, Node.PROPAGATE))
                continue; // loop on failed CAS
        }
        //如果头结点没有发生过变化，则可以退出循环，这个是循环退出的唯一方式，否自会一直继续，形成调用风暴，增加后续节点唤醒的速度
        if (h == head) // loop if head changed
            break;
    }
}
```

Condition接口源码解析

```
//Condition是个接口
//ConditionObject是AQS的内部类,ConditionObject实现了Condition接口
//ConditionObject中有firstwaiter\lastwaiter两个属性
//condition必须和lock配合使用
//Lock接口有个方法newCondition, 返回Condition对象
Lock lock = new ReentrantLock();
Condition condition = lock.newCondition();
condition.await();
condition.signal();
condition.signalAll();
```

```
//调用的是ReentrantLock内部类Sync中的newCondition方法
public Condition newCondition() {
    return sync.newCondition();
}
```

```
//在该方法中直接new ConditionObject
final ConditionObject newCondition() {
    return new ConditionObject();
}
```

await方法源码解析

```
//AQS中ConditionObject内部类中的方法
//能调用此方法的必定是持有锁的线程--此处的锁必须是实现了Lock的锁
public final void await() throws InterruptedException {
    if (Thread.interrupted())
        throw new InterruptedException();
    //添加一个新的Node节点到等待队列中(注意, 此处并不是把同步队列中的Node节点加入等待队列, 而是创建了一个新的Node)
    Node node = addConditionWaiter();
    //释放锁, 此处的释放锁, 会释放该线程所有的锁, (即, 如果一个线程加了两次锁, state=2, 则此处直接state=0)并返回持有的锁的个数
    int savedState = fullyRelease(node);
    int interruptMode = 0;
    //查看当前节点是否在同步队列中
    while (!isOnSyncQueue(node)) {
        //当前线程挂起
        LockSupport.park(this);
        //-----
        //以下是线程被唤醒之后的逻辑--包括了被中断和被signal两种唤醒方式
        if ((interruptMode = checkInterruptWhileWaiting(node)) != 0)
            break;
    }
    if (acquireQueued(node, savedState) && interruptMode != THROW_IE)
        interruptMode = REINTERRUPT;
```



```

        if (node.nextwaiter != null) // clean up if cancelled
            unlinkCancelledWaiters();
        if (interruptMode != 0)
            reportInterruptAfterWait(interruptMode);
    }

```

```

//新建Node节点并加入到等待队列中
private Node addConditionWaiter() {
    Node t = lastwaiter;
    //如果Node的waitStatus非CONDITION, 则从firstwaiter开始, 往后遍历找出最后一个状态是
    //CONDITION节点作为尾部节点
    //等待队列中的状态有三种, CONDITION(初始状态), 0, 和CANCELLED
    //同步队列中的状态有三种, 0(初始状态), SIGNAL和取消, 以及PROPAGATE
    if (t != null && t.waitStatus != Node.CONDITION) {
        //从前往后遍历找出最后一个状态是CONDITION节点作为尾部节点
        unlinkCancelledWaiters();
        t = lastwaiter;
    }
    //创建一个新的节点 (注意, 节点状态是CONDITION)
    Node node = new Node(Thread.currentThread(), Node.CONDITION);
    //如果头节点是空, 则当前节点为头节点
    if (t == null)
        firstwaiter = node;
    //否则, 把尾节点的nextwaiter指向当前节点
    else
        t.nextwaiter = node;
    //尾节点指向当前节点
    lastwaiter = node;
    return node;
}

```

```

//释放线程拥有的所有锁, 即state=0, 此处返回值表明的是该线程持有的锁的个数 (重入的个数)
final int fullyRelease(Node node) {
    boolean failed = true;
    try {
        int savedState = getState();
        //排他锁释放线程方法一样
        if (release(savedState)) {
            failed = false;
            return savedState;
        } else {
            throw new IllegalMonitorStateException();
        }
    } finally {
        if (failed)
            node.waitStatus = Node.CANCELLED;
    }
}

```

```

//判定Node是否在同步队列中
final boolean isOnSyncQueue(Node node) {
    //在等待队列中
    if (node.waitStatus == Node.CONDITION || node.prev == null)
        return false;
    //在同步队列中
    if (node.next != null) // If has successor, it must be on queue
        return true;
    //从尾节点开始查询Node是否在同步队列中
    return findNodeFromTail(node);
}

```

```

//从尾节点开始查询Node是否在同步队列中
private boolean findNodeFromTail(Node node) {
    Node t = tail;
    for (;;) {
        if (t == node)
            return true;
        if (t == null)
            return false;
        t = t.prev;
    }
}

```

signal方法源码解析

```

//AQS中ConditionObject内部类中的方法
//能调用此方法的必定是持有锁的线程--此处的锁必须是实现了Lock的锁
public final void signal() {
    //检查当前线程是否持有锁
    if (!isHeldExclusively())
        throw new IllegalMonitorStateException();
    Node first = firstWaiter;
    if (first != null)
        //通知第一个waiter
        doSignal(first);
}

```

```

//通知第一个waiter
private void doSignal(Node first) {
    do {
        //如果头节点的下一个节点是空，则把等待队列置空
        if ((firstWaiter = first.nextWaiter) == null)
            lastWaiter = null;
        first.nextWaiter = null;
    } while (!transferForSignal(first) &&
        (first = firstWaiter) != null);
}

```

```

final boolean transferForSignal(Node node) {
    /*
     * If cannot change waitStatus, the node has been cancelled.
     */
}

```

```

    if (!compareAndSetWaitStatus(node, Node.CONDITION, 0))
        return false;

    /*
     * 加入到同步队列中，同获取锁中的enq方法是同一个方法，返回值是当前节点的前一个节点
     */
    Node p = enq(node);
    int ws = p.waitStatus;
    //如果前一个节点取消或者更改状态失败，则唤醒首节点
    if (ws > 0 || !compareAndSetWaitStatus(p, ws, Node.SIGNAL))
        LockSupport.unpark(node.thread);
    //返回true，则退出循环，表明唤醒节点
    return true;
}

```

await方法被唤醒之后的逻辑

```

private int checkInterruptWhileWaiting(Node node) {
    return Thread.interrupted() ?
        (transferAfterCancelledWait(node) ? THROW_IE : REINTERRUPT) :
        0;
}

```

```

final boolean transferAfterCancelledWait(Node node) {
    if (compareAndSetWaitStatus(node, Node.CONDITION, 0)) {
        enq(node);
        return true;
    }
    /*
     * If we lost out to a signal(), then we can't proceed
     * until it finishes its enq().  Cancelling during an
     * incomplete transfer is both rare and transient, so just
     * spin.
     */
    while (!isOnSyncQueue(node))
        Thread.yield();
    return false;
}

```

```

private void reportInterruptAfterWait(int interruptMode)
    throws InterruptedException {
    if (interruptMode == THROW_IE)
        throw new InterruptedException();
    else if (interruptMode == REINTERRUPT)
        selfInterrupt();
}

```