# 深入理解多线程（四）—— Moniter的实现原理

2018-02-26 学习多线程的 Hollis



全文字数： 1200
阅读时间： 3分钟

本文是《深入理解多线程系列文章》的第四篇。点击查看原文，阅读该系列所有文章。

在深入理解多线程（一）——Synchronized的实现原理中介绍过关于 `Synchronize` 的实现原理，无论是同步方法还是同步代码块，无论是 `ACC_SYNCHRONIZED` 还是 `monitorenter` 、 `monitorexit` 都是基于 `Monitor` 实现的，那么这篇来介绍下什么是**Monitor**。

## 操作系统中的管程

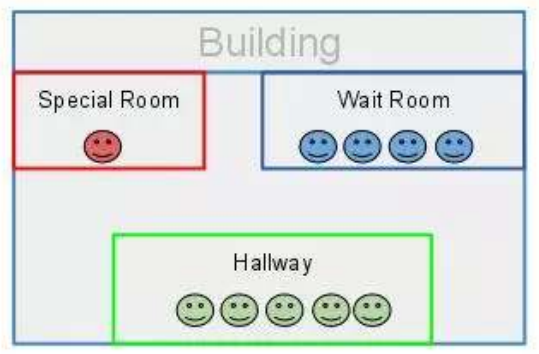
如果你在大学学习过操作系统，你可能还记得管程（monitors）在操作系统中是很重要的概念。同样Monitor在java同步机制中也有使用。

> 管程 (英语：Monitors，也称为监视器) 是一种程序结构，结构内的多个子程序（对象或模块）形成的多个工作线程互斥访问共享资源。这些共享资源一般是硬件设备或一群变量。管程实现了在一个时间点，最多只有一个线程在执行管程的某个子程序。与那些通过修改数据结构实现互斥访问的并发程序设计相比，管程实现很大程度上简化了程序设计。 管程提供了一种机制，线程可以临时放弃互斥访问，等待某些条件得到满足后，重新获得执行权恢复它的互斥访问。

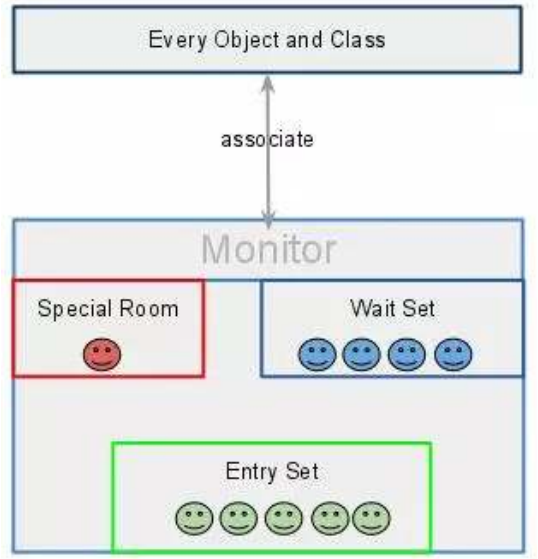
## Java线程同步相关的Moniter

在多线程访问共享资源的时候，经常会带来可见性和原子性的安全问题。为了解决这类线程安全的问题，Java提供了同步机制、互斥锁机制，这个机制保证了在同一时刻只有一个线程能访问共享资源。这个机制的保障来源于监视锁Monitor，每个对象都拥有自己的监视锁Monitor。

先来举个例子，然后我们在上源码。我们可以把监视器理解为包含一个特殊的房间的建筑物，这个特殊房间同一时刻只能有一个客人（线程）。这个房间中包含了一些数据和代码。




如果一个顾客想要进入这个特殊的房间，他首先需要在走廊（Entry Set）排队等待。调度器将基于某个标准（比如 FIFO）来选择排队的客户进入房间。如果，因为某些原因，该客户客户暂时因为其他事情无法脱身（线程被挂起），那么他将被送到另外一间专门用来等待的房间（Wait Set），这个房间的可以可以在稍后再次进入那件特殊的房间。如上面所说，这个建筑屋中一共有三个场所。




总之，监视器是一个用来监视这些线程进入特殊的房间的。他的义务是保证（同一时间）只有一个线程可以访问被保护的数据和代码。

Monitor其实是一种同步工具，也可以说是一种同步机制，它通常被描述为一个对象，主要特点是：

> 对象的所有方法都被“互斥”的执行。好比一个Monitor只有一个运行“许可”，任一个线程进入任何一个方法都需要获得这个“许可”，离开时把许可归还。
>
> 通常提供singal机制：允许正持有“许可”的线程暂时放弃“许可”，等待某个谓词成真（条件变量），而条件成立后，当前进程可以“通知”正在等待这个条件变量的线程，让他可以重新去获得运行许可。

## 监视器的实现

在Java虚拟机(HotSpot)中，Monitor是基于C++实现的，由ObjectMonitor实现的，其主要数据结构如下：

```
ObjectMonitor() {
  _header       = NULL;
  _count        = 0;
  _waiters      = 0,
  _recursions   = 0;
  _object       = NULL;
  _owner        = NULL;
  _WaitSet      = NULL;
  _WaitSetLock  = 0 ;
  _Responsible  = NULL ;
  _succ         = NULL ;
  _cxq          = NULL ;
  FreeNext      = NULL ;
  _EntryList    = NULL ;
  _SpinFreq     = 0 ;
  _SpinClock    = 0 ;
  OwnerIsThread = 0 ;
}
```

源码地址：objectMonitor.hpp

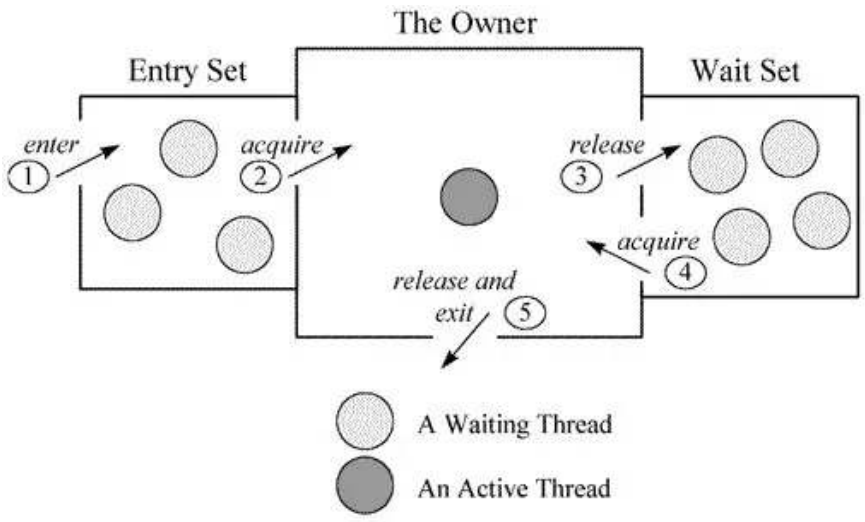
ObjectMonitor中有几个关键属性：

> _owner：指向持有ObjectMonitor对象的线程
>
> _WaitSet：存放处于wait状态的线程队列

> _EntryList：存放处于等待锁block状态的线程队列
>
> _recursions：锁的重入次数
>
> _count：用来记录该线程获取锁的次数

当多个线程同时访问一段同步代码时，首先会进入 `_EntryList` 队列中，当某个线程获取到对象的monitor后进入 `_Owner` 区域并把monitor中的 `_owner` 变量设置为当前线程，同时monitor中的计数器 `_count` 加1。即获得对象锁。

若持有monitor的线程调用 `wait()` 方法，将释放当前持有的monitor， `_owner` 变量恢复为 `null` ， `_count` 自减1，同时该线程进入 `_WaitSet` 集合中等待被唤醒。若当前线程执行完毕也将释放monitor(锁)并复位变量的值，以便其他线程进入获取monitor(锁)。如下图所示

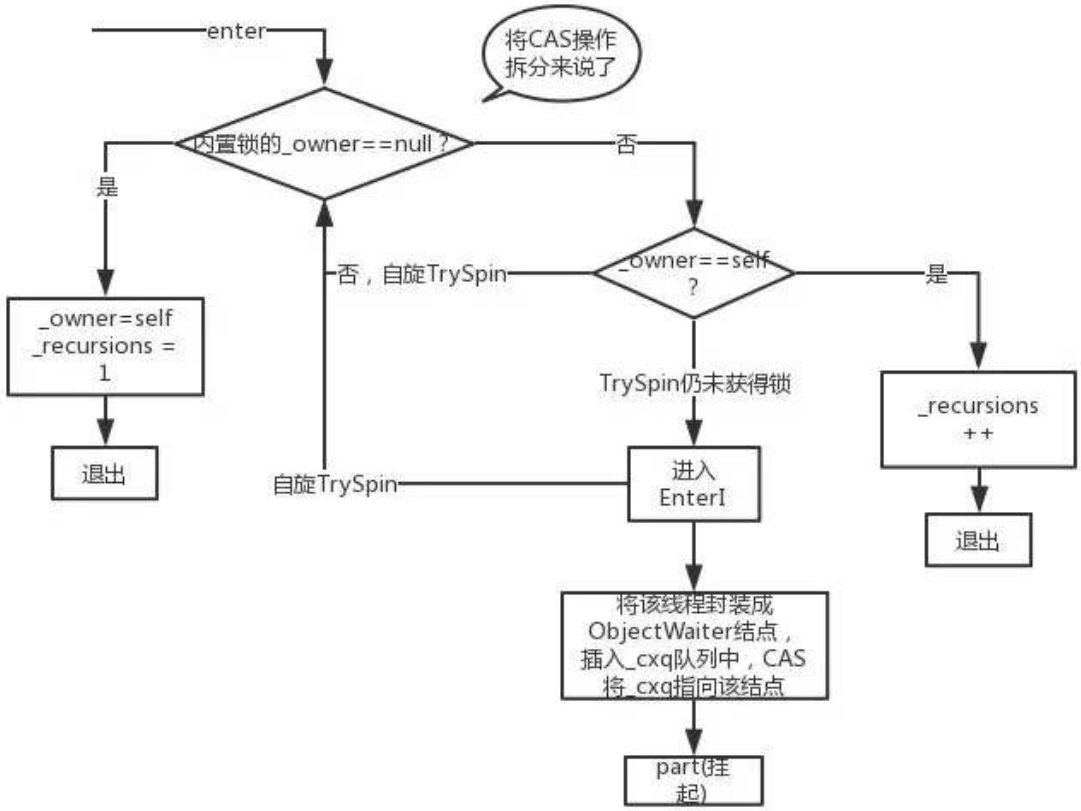



ObjectMonitor类中提供了几个方法：

获得锁

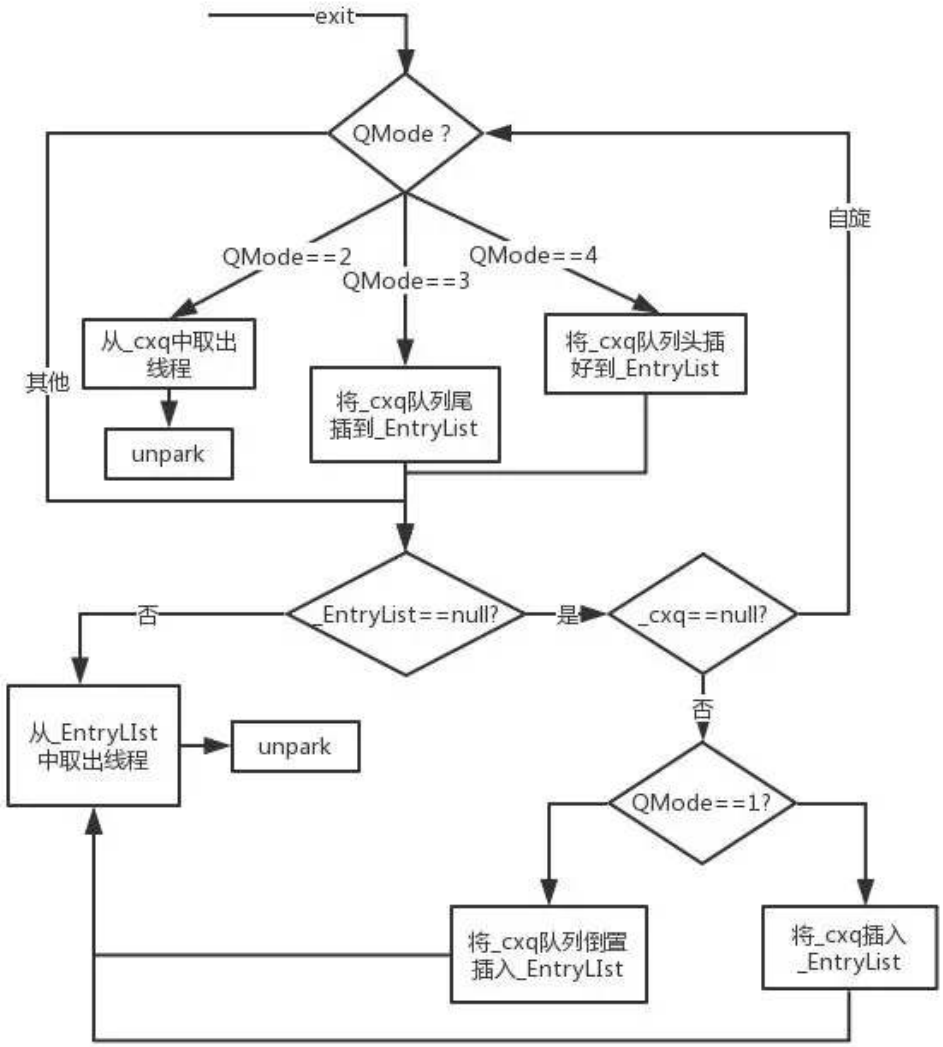
```
void ATTR ObjectMonitor::enter(TRAPS) {
  Thread * const Self = THREAD ;
  void * cur ;
  //通过CAS尝试把monitor的`_owner`字段设置为当前线程
  cur = Atomic::cmpxchg_ptr (Self, &_owner, NULL) ;
  //获取锁失败
  if (cur == NULL) {         assert (_recursions == 0   , "invariant") ;
     assert (_owner      == Self, "invariant") ;
     // CONSIDER: set or assert OwnerIsThread == 1
     return ;
  }
  // 如果旧值和当前线程一样，说明当前线程已经持有锁，此次为重入，_recursions自增，并获得锁。
  if (cur == Self) {
     // TODO-FIXME: check for integer overflow!  BUGID 6557169.
     _recursions ++ ;
     return ;
  }

  // 如果当前线程是第一次进入该monitor，设置_recursions为1，_owner为当前线程
  if (Self->is_lock_owned ((address)cur)) {
    assert (_recursions == 0, "internal state error");
    _recursions = 1 ;
    // Commute owner from a thread-specific on-stack BasicLockObject address to
    // a full-fledged "Thread *".
    _owner = Self ;
    OwnerIsThread = 1 ;
    return ;
  }

  // 省略部分代码。
  // 通过自旋执行ObjectMonitor::EnterI方法等待锁的释放
  for (;;) {
  jt->set_suspend_equivalent();
  // cleared by handle_special_suspend_equivalent_condition()
  // or java_suspend_self()
```

```
  EnterI (THREAD) ;

  if (!ExitSuspendEquivalent(jt)) break ;

  //
  // We have acquired the contended monitor, but while we were
  // waiting another thread suspended us. We don't want to enter
  // the monitor while suspended because that would surprise the
  // thread that suspended us.
  //
      _recursions = 0 ;
  _succ = NULL ;
  exit (Self) ;

  jt->java_suspend_self();
}
}
```


enter
将CAS操作拆分来说了
内置锁的_owner==null？
是
否
_owner=self
_recursions = 1
退出
否，自旋TrySpin
_owner==self ?
是
TrySpin仍未获得锁
_recursions ++
退出
自旋TrySpin
进入EnterI
将该线程封装成ObjectWaiter结点，插入_cxq队列中，CAS将_cxq指向该结点
part(挂起)

释放锁

```
void ATTR ObjectMonitor::exit(TRAPS) {
   Thread * Self = THREAD ;
   //如果当前线程不是Monitor的所有者
   if (THREAD != _owner) {
     if (THREAD->is_lock_owned((address) _owner)) { //
       // Transmute _owner from a BasicLock pointer to a Thread address.
       // We don't need to hold _mutex for this transition.
       // Non-null to Non-null is safe as long as all readers can
       // tolerate either flavor.
       assert (_recursions == 0, "invariant") ;
       _owner = THREAD ;
       _recursions = 0 ;
       OwnerIsThread = 1 ;
     } else {
       // NOTE: we need to handle unbalanced monitor enter/exit
       // in native code by throwing an exception.
       // TODO: Throw an IllegalMonitorStateException ?
       TEVENT (Exit - Throw IMSX) ;
       assert(false, "Non-balanced monitor enter/exit!");
       if (false) {
          THROW(vmSymbols::java_lang_IllegalMonitorStateException());
       }
       return;
     }
   }
    // 如果_recursions次数不为0.自减
   if (_recursions != 0) {
     _recursions--;        // this is simple recursive enter
     TEVENT (Inflated exit - recursive) ;
     return ;
   }

   //省略部分代码，根据不同的策略（由QMode指定），从cxq或EntryList中获取头节点，通过ObjectMonitor::ExitEpilog方法唤醒该节点封装的线程，唤醒操作最终由unpark完成。
```




除了enter和exit方法以外，objectMonitor.cpp中还有

```
void      wait(jlong millis, bool interruptable, TRAPS);
void      notify(TRAPS);
void      notifyAll(TRAPS);
```

等方法。

## 总结

上面介绍的就是HotSpot虚拟机中Moniter的的加锁以及解锁的原理。

通过这篇文章我们知道了 `sychronized` 加锁的时候，会调用objectMonitor的 `enter` 方法，解锁的时候会调用 `exit` 方法。事实上，只有在JDK1.6之前， `synchronized` 的实现才会直接调用ObjectMonitor的 `enter` 和 `exit` ，这种锁被称之为重量级锁。为什么说这种方式操作锁很重呢？

- Java的线程是映射到操作系统原生线程之上的，如果要阻塞或唤醒一个线程就需要操作系统的帮忙，这就要从用户态转换到核心态，因此状态转换需要花费很多的处理器时间，对于代码简单的同步块（如被 `synchronized` 修饰的 `get` 或 `set` 方法）状态转换消耗的时间有可能比用户代码执行的时间还要长，所以说 `synchronized` 是java语言中一个重量级的操纵。

所以，在JDK1.6中出现对锁进行了很多的优化，进而出现轻量级锁，偏向锁，锁消除，适应性自旋锁，锁粗化(自旋锁在1.4就有

只不过默认的是关闭的，jdk1.6是默认开启的)，这些操作都是为了在线程之间更高效的共享数据，解决竞争问题。后面的文章会继续介绍这几种锁以及他们之间的关系。

**相关阅读**

Synchronized的实现原理（一）

深入理解多线程（二）—— Java的对象模型

深入理解多线程（三）—— Java的对象头

**如果你看到了这里，说明你喜欢本文。**

**那么请长按二维码，关注Hollis**

长按二维码关注