多线程(进阶)

常见的锁策略

注意: 接下来讲解的锁策略不仅仅是局限于 Java . 任何和 "锁" 相关的话题, 都可能会涉及到以下内容. 这些特性主要是给锁的实现者来参考的.

普通的程序猿也需要了解一些, 对于合理的使用锁也是有很大帮助的.

乐观锁 vs 悲观锁

悲观锁:

总是假设最坏的情况，每次去拿数据的时候都认为别人会修改，所以每次在拿数据的时候都会上锁，这样别人想拿这个数据就会阻塞直到它拿到锁。

乐观锁:

假设数据一般情况下不会产生并发冲突，所以在数据进行提交更新的时候，才会正式对数据是否产生并发冲突进行检测，如果发现并发冲突了，则让返回用户错误的信息，让用户决定如何去做。

举个栗子: 同学 A 和 同学 B 想请教老师一个问题.

同学 A 认为 "老师是比较忙的, 我来问问题, 老师不一定有空解答". 因此同学 A 会先给老师发消息: "老师你忙嘛? 我下午两点能来找你问个问题嘛?" (相当于加锁操作) 得到肯定的答复之后, 才会真的来问问题. 如果得到了否定的答复, 那就等一段时间, 下次再来和老师确定时间. 这个是悲观锁.

同学 B 认为 "老师是比较闲的, 我来问问题, 老师大概率是有空解答的". 因此同学 B 直接就来找老师.(没加锁, 直接访问资源) 如果老师确实比较闲, 那么直接问题就解决了. 如果老师这会确实很忙, 那么同学 B 也不会打扰老师, 就下次再来(虽然没加锁, 但是能识别出数据访问冲突). 这个是乐观锁.

> 这两种思路不能说谁优谁劣, 而是看当前的场景是否合适.
>
> 如果当前老师确实比较忙, 那么使用悲观锁的策略更合适, 使用乐观锁会导致 "白跑很多趟", 耗费额外的资源.
>
> 如果当前老师确实比较闲, 那么使用乐观锁的策略更合适, 使用悲观锁会让效率比较低.

Synchronized 初始使用乐观锁策略. 当发现锁竞争比较频繁的时候, 就会自动切换成悲观锁策略.

> 就好比同学 C 开始认为 "老师比较闲的", 问问题都会直接去找老师.
>
> 但是直接来找两次老师之后, 发现老师都挺忙的, 于是下次再来问问题, 就先发个消息问问老师忙不忙, 再决定是否来问问题.

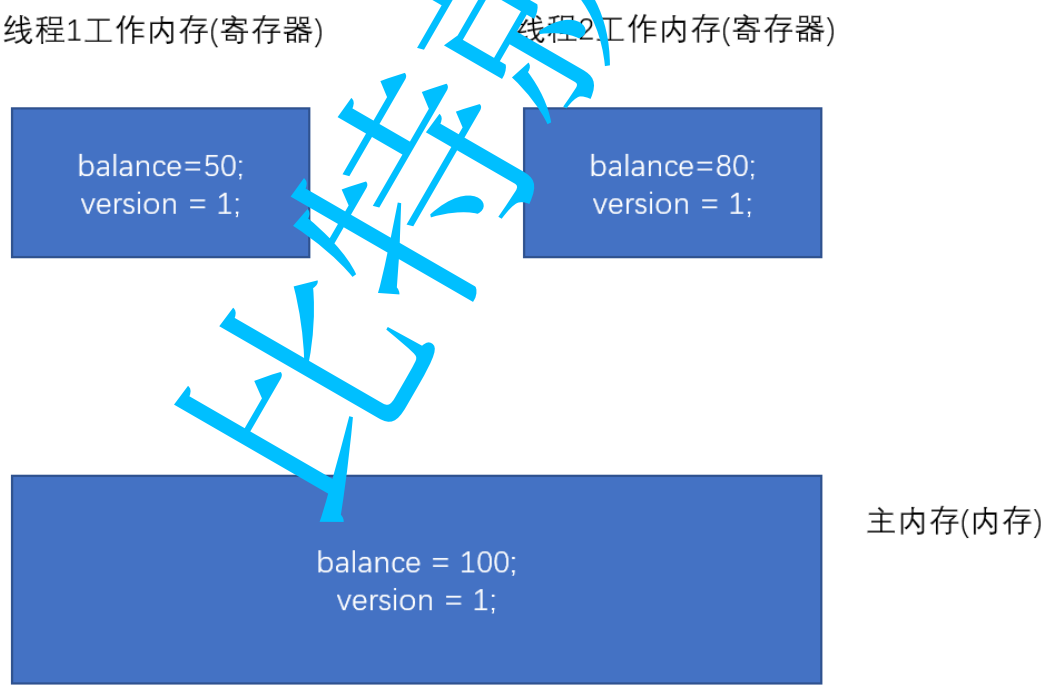
乐观锁的一个重要功能就是要检测出数据是否发生访问冲突. 我们可以引入一个 "版本号" 来解决.

> 假设我们需要多线程修改 "用户账户余额".

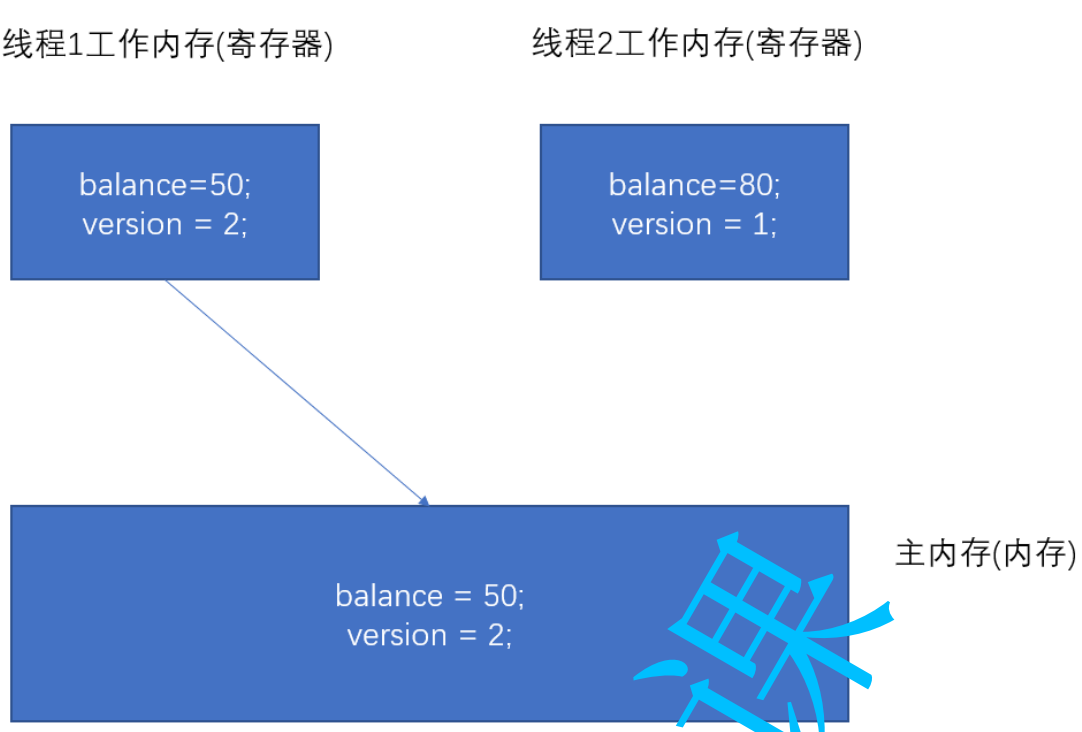
设当前余额为 100. 引入一个版本号 version, 初始值为 1. 并且我们规定 "**提交版本必须大于记录当前版本才能执行更新余额**"

1) 线程 A 此时准备将其读出（ version=1, balance=100 ），线程 B 也读入此信息（ version=1, balance=100 ）.

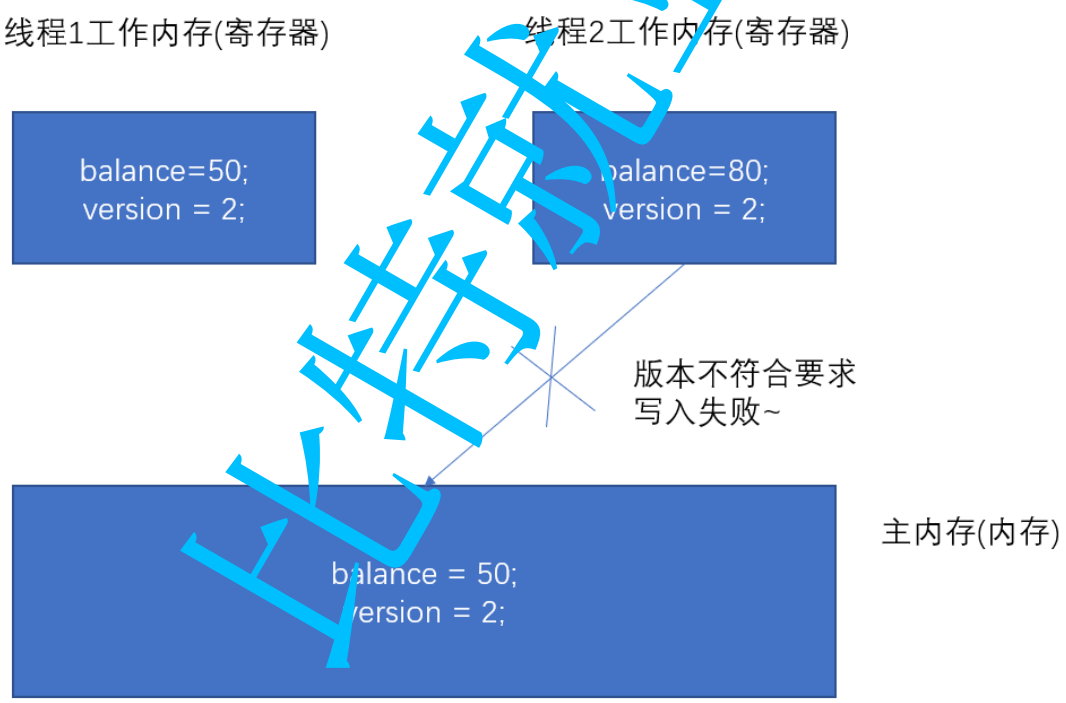
2) 线程 A 操作的过程中并从其帐户余额中扣除 50（ 100-50 ），线程 B 从其帐户余额中扣除 20（ 100-20 ）；



3) 线程 A 完成修改工作，将数据版本号加1（ version=2 ），连同帐户扣除后余额（ balance=50 ），写回到内存中;



4) 线程 B 完成了操作，也将版本号加1（ version=2 ）试图向内存中提交数据（ balance=80 ），但此时比对版本发现，操作员 B 提交的数据版本号为 2，数据库记录的当前版本也为 2，不满足 "**提交版本必须大于记录当前版本才能执行更新**" 的乐观锁策略，就认为这次操作失败.



读写锁

多线程之间，数据的读取方之间不会产生线程安全问题，但数据的写入方互相之间以及和读者之间都需要进行互斥。如果两种场景下都用同一个锁，就会产生极大的性能损耗。所以读写锁因此而产生。

读写锁（readers-writer lock），看英文可以顾名思义，在执行加锁操作时需要额外表明读写意图，复数读者之间并不互斥，而写者则要求与任何人互斥。

一个线程对于数据的访问, 主要存在两种操作: 读数据 和 写数据.

- 两个线程都只是读一个数据, 此时并没有线程安全问题. 直接并发的读取即可.
- 两个线程都要写一个数据, 有线程安全问题.
- 一个线程读另外一个线程写, 也有线程安全问题.

读写锁就是把读操作和写操作区分对待. Java 标准库提供了 `ReentrantReadWriteLock` 类, 实现了读写锁.

- `ReentrantReadWriteLock.ReadLock` 类表示一个读锁. 这个对象提供了 lock / unlock 方法进行加锁解锁.
- `ReentrantReadWriteLock.WriteLock` 类表示一个写锁. 这个对象也提供了 lock / unlock 方法进行加锁解锁.

其中,

- 读加锁和读加锁之间, 不互斥.
- 写加锁和写加锁之间, 互斥.
- 读加锁和写加锁之间, 互斥.

> 注意, 只要是涉及到 "互斥", 就会产生线程的挂起等待. 一旦线程挂起, 再次被唤醒就不知道隔了多久了.
>
> 因此尽可能减少 "互斥" 的机会, 就是提高效率的重要途径.

读写锁特别适合于 "频繁读, 不频繁写" 的场景中. (这样的场景其实也是非常广泛存在的).

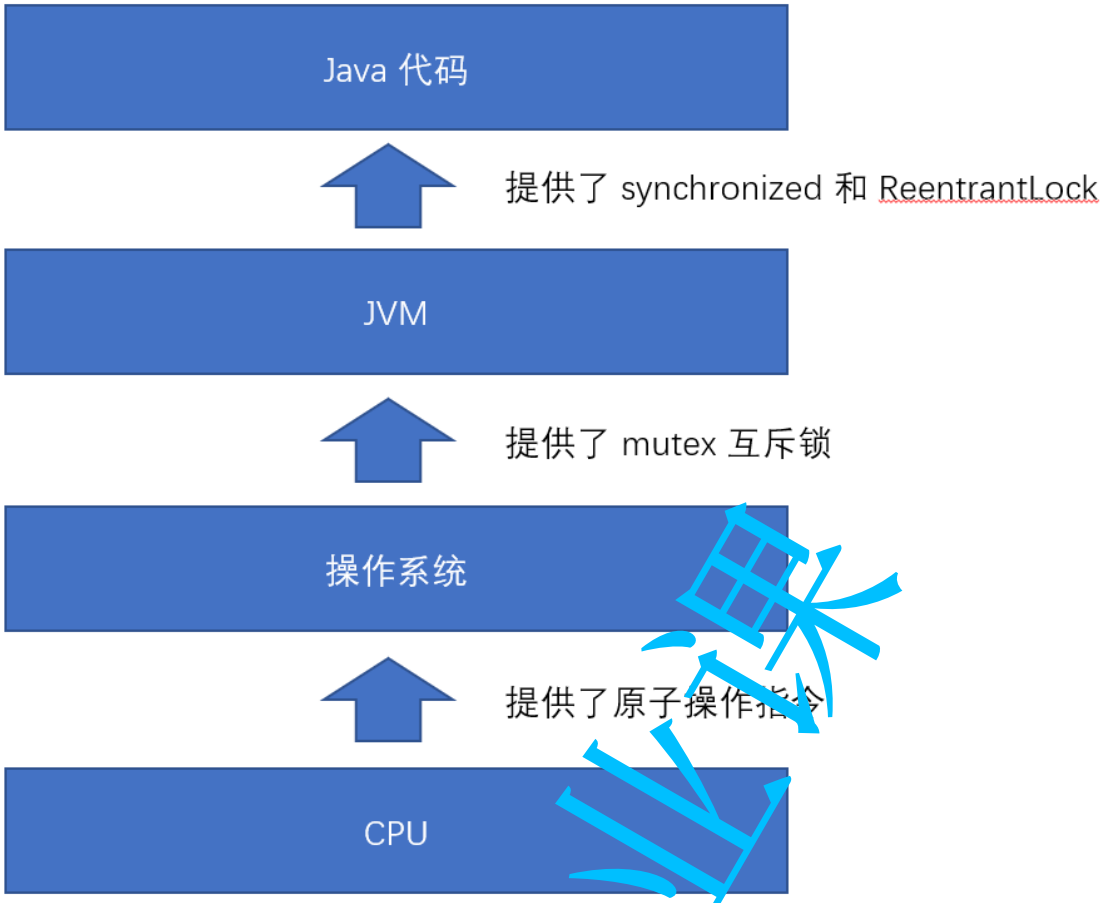
> 比如比特的教务系统.
>
> 每节课老师都要使用教务系统点名, 点名就需要查看班级的同学列表(读操作). 这个操作可能要每周执行好几次.
>
> 而什么时候修改同学列表呢(写操作)? 就是同学加入的时候. 可能一个月都不必改一次.
>
> 再比如, 同学们使用教务系统查看作业(读操作), 一个班级的同学很多, 读操作一天就要进行几十次上百次.
>
> 但是这一节课的作业, 老师只是布置了一次(写操作)

Synchronized 不是读写锁.

重量级锁 vs 轻量级锁

锁的核心特性 "原子性", 这样的机制追根溯源是 CPU 这样的硬件设备提供的.

- CPU 提供了 "原子操作指令".
- 操作系统基于 CPU 的原子指令, 实现了 `mutex` 互斥锁.
- JVM 基于操作系统提供的互斥锁, 实现了 `synchronized` 和 `ReentrantLock` 等关键字和类.



> 注意, `synchronized` 并不仅仅是对 `mutex` 进行封装, 在 `synchronized` 内部还做了很多其他的工作

重量级锁: 加锁机制重度依赖了 OS 提供了 mutex

- 大量的内核态用户态切换
- 很容易引发线程的调度

> 这两个操作, 成本比较高. 一旦涉及到用户态和内核态的切换, 就意味着 "沧海桑田".

轻量级锁: 加锁机制尽可能不使用 mutex, 而是尽量在用户态代码完成. 实在搞不定了, 再使用 mutex.

- 少量的内核态用户态切换.
- 不太容易引发线程调度.

> 理解用户态 vs 内核态
>
> 想象去银行办业务.
>
> 在窗口外, 自己做, 这是用户态. 用户态的时间成本是比较可控的.
>
> 在窗口内, 工作人员做, 这是内核态. 内核态的时间成本是不太可控的.
>
> 如果办业务的时候反复和工作人员沟通, 还需要重新排队, 这时效率是很低的.

synchronized 开始是一个轻量级锁. 如果锁冲突比较严重, 就会变成重量级锁.

自旋锁（Spin Lock）

按之前的方式，线程在抢锁失败后进入阻塞状态，放弃 CPU，需要过很久才能再次被调度.

但实际上, 大部分情况下，虽然当前抢锁失败，但过不了很久，锁就会被释放。没必要就放弃 CPU. 这个时候就可以使用自旋锁来处理这样的问题.

自旋锁伪代码:

```
while (抢锁(lock) == 失败) {}
```

如果获取锁失败, 立即再尝试获取锁, 无限循环, 直到获取到锁为止. 第一次获取锁失败, 第二次的尝试会在极短的时间内到来.

一旦锁被其他线程释放, 就能第一时间获取到锁.

> **理解自旋锁 vs 挂起等待锁**
>
> 想象一下, 去追求一个女神. 当男生向女神表白后, 女神说: 你是个好人, 但是我有男朋友了~~
>
> 挂起等待锁: 陷入沉沦不能自拔.... 过了很久很久之后, 突然女神发来消息, "咱俩要不试试?" (注意, 这个很长的时间间隔里, 女神可能已经换了好几个男票了).
>
> 自旋锁: 死皮赖脸坚韧不拔. 仍然每天持续的和女神说早安晚安. 一旦女神和上一任分手, 那么就能立刻抓住机会上位.

自旋锁是一种典型的 轻量级锁 的实现方式.

- 优点: 没有放弃 CPU, 不涉及线程阻塞和调度, 一旦锁被释放, 就能第一时间获取到锁.
- 缺点: 如果锁被其他线程持有的时间比较久, 那么就会持续的消耗 CPU 资源. (而挂起等待的时候是不消耗 CPU 的).

synchronized 中的轻量级锁策略大概率就是通过自旋锁的方式实现的.

公平锁 vs 非公平锁

> 假设三个线程 A, B, C. A 先尝试获取锁, 获取成功. 然后 B 再尝试获取锁, 获取失败, 阻塞等待; 然后 C 也尝试获取锁, C 也获取失败, 也阻塞等待.
>
> 当线程 A 释放锁的时候, 会发生啥呢?

公平锁: 遵守 "先来后到". B 比 C 先来的. 当 A 释放锁的之后, B 就能先于 C 获取到锁.

非公平锁: 不遵守 "先来后到". B 和 C 都有可能获取到锁.

> 这就好比一群男生追同一个女神. 当女神和前任分手之后, 先来追女神的男生上位, 这就是公平锁; 如果是女神不按先后顺序挑一个自己看的顺眼的, 就是非公平锁.

女神

和男票恩爱中

我追女神
1年了

我追女神
1个月了

我昨天开始
追的女神

公平锁:

女神

我失恋了 T-T
快来安慰我~~

我最先追女神的,
兄弟们我去了哈~

祝老哥早日分手~

非公平锁:

注意:

- 操作系统内部的线程调度就可以视为是随机的. 如果不做任何额外的限制, 锁就是非公平锁. 如果要想实现公平锁, 就需要依赖**额外的数据结构**, 来记录线程们的先后顺序.
- 公平锁和非公平锁没有好坏之分, 关键还是看适用场景.

synchronized 是非公平锁.

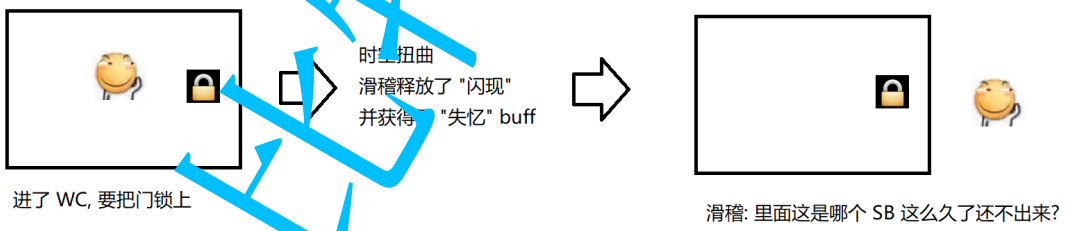
可重入锁 vs 不可重入锁

可重入锁的字面意思是“可以重新进入的锁”，即**允许同一个线程多次获取同一把锁。**

比如一个递归函数里有加锁操作，递归过程中这个锁会阻塞自己吗？如果不会，那么这个锁就是**可重入锁**（因为这个原因可重入锁也叫做**递归锁**）。

Java里只要以Reentrant开头命名的锁都是可重入锁，而且**JDK提供的所有现成的Lock实现类，包括synchronized关键字锁都是可重入的。**

而 Linux 系统提供的 mutex 是不可重入锁.

> **理解 "把自己锁死"**
>
> 一个线程没有释放锁, 然后又尝试再次加锁.
>
> ```
> // 第一次加锁，加锁成功
> lock();
> // 第二次加锁，锁已经被占用，阻塞等待
> lock();
> ```
>
> 按照之前对于锁的设定, 第二次加锁的时候, 就会阻塞等待. 直到第一次的锁被释放, 才能获取到第二个锁. 但是释放第一个锁也是由该线程来完成, 结果这个线程已经躺平了, 啥都不想干了, 也就无法进行解锁操作. 这时候就会 **死锁**.
>
> 
>
>
> 这样的锁称为 **不可重入锁**.

synchronized 是可重入锁

相关面试题

1) 你是怎么理解乐观锁和悲观锁的，具体怎么实现呢?

> 悲观锁认为多个线程访问同一个共享变量冲突的概率较大, 会在每次访问共享变量之前都去真正加锁.

> 乐观锁认为多个线程访问同一个共享变量冲突的概率不大. 并不会真的加锁, 而是直接尝试访问数据. 在访问的同时识别当前的数据是否出现访问冲突.
>
> 悲观锁的实现就是先加锁(比如借助操作系统提供的 mutex), 获取到锁再操作数据. 获取不到锁就等待.
>
> 乐观锁的实现可以引入一个版本号. 借助版本号识别出当前的数据访问是否冲突. (实现细节参考上面的图).

2) 介绍下读写锁?

> 读写锁就是把读操作和写操作分别进行加锁.
>
> 读锁和读锁之间不互斥.
>
> 写锁和写锁之间互斥.
>
> 写锁和读锁之间互斥.
>
> 读写锁最主要用在 "频繁读, 不频繁写" 的场景中.

3) 什么是自旋锁，为什么要使用自旋锁策略呢，缺点是什么?

> 如果获取锁失败, 立即再尝试获取锁, 无限循环, 直到获取到锁为止. 第一次获取锁失败, 第二次的尝试会在极短的时间内到来. 一旦锁被其他线程释放, 就能第一时间获取到锁.
>
> 相比于挂起等待锁,
>
> 优点: 没有放弃 CPU 资源, 一旦锁被释放就能第一时间获取到锁, 更高效. 在锁持有时间比较短的场景下非常有用.
>
> 缺点: 如果锁的持有时间较长, 就会浪费 CPU 资源.

4) synchronized 是可重入锁么?

> 是可重入锁.
>
> 可重入锁指的就是连续两次加锁不会导致死锁.
>
> 实现的方式是在锁中记录该锁持有的线程身份, 以及一个计数器(记录加锁次数). 如果发现当前加锁的线程就是持有锁的线程, 则直接计数自增.

CAS

什么是 CAS

CAS: 全称Compare and swap，字面意思:"比较并交换"，一个 CAS 涉及到以下操作:

> 我们假设内存中的原数据V，旧的预期值A，需要修改的新值B。
>
> 1. 比较 A 与 V 是否相等。（比较）
> 2. 如果比较相等，将 B 写入 V。（交换）
> 3. 返回操作是否成功。

CAS 伪代码

> 下面写的代码不是原子的, 真实的 CAS 是一个原子的硬件指令完成的. 这个伪代码只是辅助理解 CAS 的工作流程.

```
boolean CAS(address, expectValue, swapValue) {
    if (&address == expectedValue) {
        &address = swapValue;
        return true;
    }
    return false;
}
```

> 两种典型的不是 "原子性" 的代码
>
> 1. check and set (if 判定然后设定值) [上面的 CAS 伪代码就是这种形式]
> 2. read and update (i++) [之前我们讲线程安全的代码例子是这种形式]

当多个线程同时对某个资源进行CAS操作，只能有一个线程操作成功，但是并不会阻塞其他线程,其他线程只会收到操作失败的信号。

> CAS 可以视为是一种乐观锁. (或者可以理解成 CAS 是乐观锁的一种实现方式)

CAS 是怎么实现的

针对不同的操作系统，JVM 用到了不同的 CAS 实现原理，简单来讲：

- java 的 CAS 利用的的是 unsafe 这个类提供的 CAS 操作；
- unsafe 的 CAS 依赖了的是 jvm 针对不同的操作系统实现的 Atomic::cmpxchg；
- Atomic::cmpxchg 的实现使用了汇编的 CAS 操作，并使用 cpu 硬件提供的 lock 机制保证其原子性。

简而言之，是因为**硬件予以了支持，软件层面才能做到。**

CAS 有哪些应用

1) 实现原子类

标准库中提供了 `java.util.concurrent.atomic` 包, 里面的类都是基于这种方式来实现的.

典型的就是 AtomicInteger 类. 其中的 getAndIncrement 相当于 i++ 操作.

```
AtomicInteger atomicInteger = new AtomicInteger(0);
// 相当于 i++
atomicInteger.getAndIncrement();
```

伪代码实现:

```
class AtomicInteger {
    private int value;

    public int getAndIncrement() {
        int oldValue = value;
        while ( CAS(value, oldValue, oldValue+1) != true) {
            oldValue = value;
        }
        return oldValue;
    }
}
```

假设两个线程同时调用 getAndIncrement

1) 两个线程都读取 value 的值到 oldValue 中. (oldValue 是一个局部变量, 在栈上. 每个线程有自己的栈)

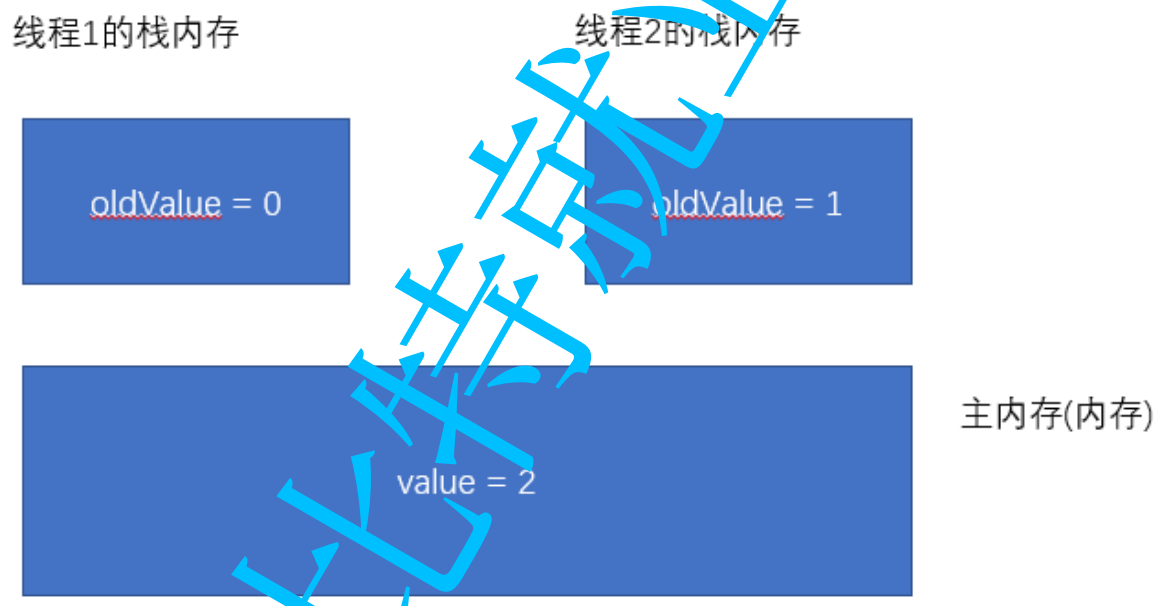
2) 线程1 先执行 CAS 操作. 由于 oldValue 和 value 的值相同, 直接进行对 value 赋值.

> **注意:**
>
> - CAS 是直接读写内存的, 而不是操作寄存器.
> - CAS 的读内存, 比较, 写内存操作是一条硬件指令, 是原子的.

3) 线程2 再执行 CAS 操作, 第一次 CAS 的时候发现 oldValue 和 value 不相等, 不能进行赋值. 因此需要进入循环.

在循环里重新读取 value 的值赋给 oldValue

4) 线程2 接下来第二次执行 CAS, 此时 oldValue 和 value 相同, 可以直接执行赋值操作.



5) 线程1 和 线程2 返回各自的 oldValue 的值即可.

通过形如上述代码就可以实现一个原子类. 不需要使用重量级锁, 就可以高效的完成多线程的自增操作.

> 本来 check and set 这样的操作在代码角度不是原子的. 但是在硬件层面上可以让一条指令完成这个操作, 也就变成原子的了.

2) 实现自旋锁

基于 CAS 实现更灵活的锁, 获取到更多的控制权.

自旋锁伪代码

```
public class SpinLock {
    private Thread owner = null;

    public void lock(){
        // 通过 CAS 看当前锁是否被某个线程持有.
        // 如果这个锁已经被别的线程持有, 那么就自旋等待.
        // 如果这个锁没有被别的线程持有, 那么就把 owner 设为当前尝试加锁的线程.
        while(!CAS(this.owner, null, Thread.currentThread())){
        }
    }

    public void unlock (){
        this.owner = null;
    }
}
```

CAS 的 ABA 问题

什么是 ABA 问题

ABA 的问题:

假设存在两个线程 t1 和 t2. 有一个共享变量 num 初始值为 A.

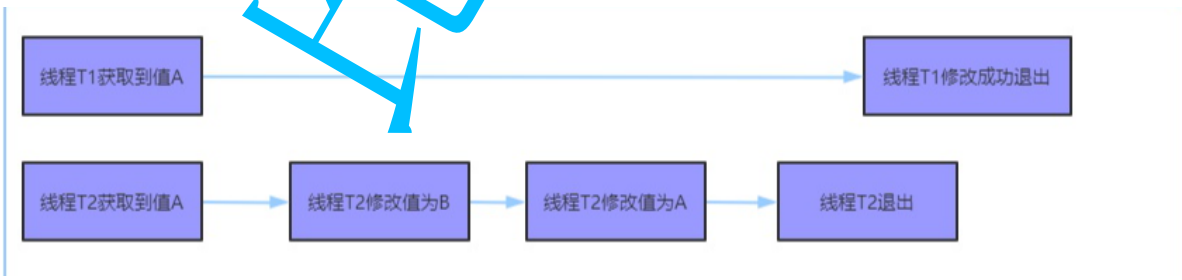
接下来, 线程 t1 想使用 CAS 把 num 值改成 Z, 那么就需要

- 先读取 num 的值, 记录到 oldNum 变量中.
- 使用 CAS 判定当前 num 的值是否为 A, 如果为 A, 就修改成 Z.

但是, 在 t1 执行这两个操作之间, t2 线程可能把 num 的值从 A 改成了 B, 又从 B 改成了 A

> 线程 t1 的 CAS 是期望 num 不变就修改. 但是 num 的值已经被 t2 给改了. 只不过又改成 A 了. 这个时候 t1 究竟是否要更新 num 的值为 Z 呢?

到这一步, t1 线程无法区分当前这个变量始终是 A, 还是经历了一个变化过程.



> 这就好比, 我们买一个手机, 无法判定这个手机是刚出厂的新手机, 还是别人用旧了, 又翻新过的手机.

ABA 问题引来的 BUG

大部分的情况下, t2 线程这样的一个反复横跳改动, 对于 t1 是否修改 num 是没有影响的. 但是不排除一些特殊情况.

> 假设 滑稽老哥 有 100 存款. 滑稽想从 ATM 取 50 块钱. 取款机创建了两个线程, 并发的来执行 -50 操作.
>
> 我们期望一个线程执行 -50 成功, 另一个线程 -50 失败.
>
> 如果使用 CAS 的方式来完成这个扣款过程就可能出现问题.
>
> **正常的过程**
>
> 1) 存款 100. 线程1 获取到当前存款值为 100, 期望更新为 50; 线程2 获取到当前存款值为 100, 期望更新为 50.
>
> 2) 线程1 执行扣款成功, 存款被改成 50. 线程2 阻塞等待中.
>
> 3) 轮到线程2 执行了, 发现当前存款为 50, 和之前读到的 100 不相同, 执行失败.
>
> **异常的过程**
>
> 1) 存款 100. 线程1 获取到当前存款值为 100, 期望更新为 50; 线程2 获取到当前存款值为 100, 期望更新为 50.
>
> 2) 线程1 执行扣款成功, 存款被改成 50. 线程2 阻塞等待中.
>
> 3) 在线程2 执行之前, 滑稽的朋友正好给滑稽转账 50, 账户余额变成 100!!!
>
> 4) 轮到线程2 执行了, 发现当前存款为 100, 和之前读到的 100 相同, 再次执行扣款操作
>
> **这个时候, 扣款操作被执行了两次!!!** 都是 ABA 问题搞的鬼!!!

解决方案

给要修改的值, 引入版本号. 在 CAS 比较数据当前值和旧值的同时, 也要比较版本号是否符合预期.

- CAS 操作在读取旧值的同时, 也要读取版本号.
- 真正修改的时候,
  - 如果当前版本号和读到的版本号相同, 则修改数据, 并把版本号 + 1.
  - 如果当前版本号高于读到的版本号. 就操作失败(认为数据已经被修改过了).

> 这就好比, 判定这个手机是否是翻新机, 那么就需要收集每个手机的数据, 第一次挂在电商网站上的手机记为版本1, 以后每次这个手机出现在电商网站上, 就把版本号进行递增. 这样如果买家不在意这是翻新机, 就买. 如果买家在意, 就可以直接略过.

对比理解上面的转账例子

> 假设 滑稽老哥 有 100 存款. 滑稽想从 ATM 取 50 块钱. 取款机创建了两个线程, 并发的来执行 -50 操作.
>
> 我们期望一个线程执行 -50 成功, 另一个线程 -50 失败.
>
> 为了解决 ABA 问题, 给余额搭配一个版本号, 初始设为 1.
>
> 1) 存款 100. 线程1 获取到 存款值为 100, 版本号为 1, 期望更新为 50; 线程2 获取到存款值为 100, 版本号为 1, 期望更新为 50.
>
> 2) 线程1 执行扣款成功, 存款被改成 50, 版本号改为2. 线程2 阻塞等待中.
>
> 3) 在线程2 执行之前, 滑稽的朋友正好给滑稽转账 50, 账户余额变成 100, 版本号变成3.
>
> 4) 轮到线程2 执行了, 发现当前存款为 100, 和之前读到的 100 相同, 但是当前版本号为 3, 之前读到的版本号为 1, 版本小于当前版本, 认为操作失败.

在 Java 标准库中提供了 `AtomicStampedReference<E>` 类. 这个类可以对某个类进行包装, 在内部就提供了上面描述的版本管理功能.

> 关于 `AtomicStampedReference<E>` 的具体用法此处不再展开. 有需要的同学自行查找文档了解使用方法即可.

相关面试题

1) 讲解下你自己理解的 CAS 机制

> 全称 Compare and swap, 即 "比较并交换". 相当于通过一个原子的操作, 同时完成 "读取内存, 比较是否相等, 修改内存" 这三个步骤. 本质上需要 CPU 指令的支撑.

2) ABA问题怎么解决?

> 给要修改的数据引入版本号. 在 CAS 比较数据当前值和旧值的同时, 也要比较版本号是否符合预期. 如果发现当前版本号和之前读到的版本号一致, 就真正执行修改操作, 并让版本号自增; 如果发现当前版本号比之前读到的版本号大, 就认为操作失败.

Synchronized 原理

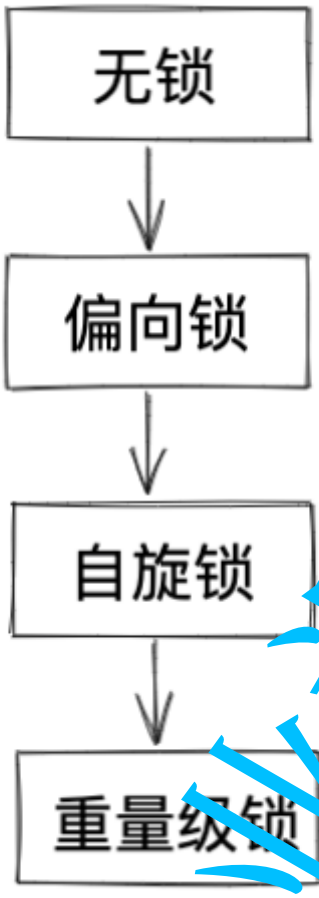
基本特点

结合上面的锁策略, 我们就可以总结出, Synchronized 具有以下特性(只考虑 JDK 1.8):

1. 开始时是乐观锁, 如果锁冲突频繁, 就转换为悲观锁.
2. 开始是轻量级锁实现, 如果锁被持有的时间较长, 就转换成重量级锁.
3. 实现轻量级锁的时候大概率用到自旋锁策略
4. 是一种不公平锁
5. 是一种可重入锁
6. 不是读写锁

加锁工作过程

JVM 将 synchronized 锁分为无锁、偏向锁、轻量级锁、重量级锁 状态。会根据情况，进行依次升级。



1) 偏向锁

第一个尝试加锁的线程, 优先进入偏向锁状态.

> 偏向锁不是真的 "加锁", 只是给对象头中做一个 "偏向锁的标记", 记录这个锁属于哪个线程.
>
> 如果后续没有其他线程来竞争该锁, 那么就不用进行其他同步操作了(避免了加锁解锁的开销)
>
> 如果后续有其他线程来竞争该锁, 则才已经在锁对象中记录了当前锁属于哪个线程了, 很容易识别当前申请锁的线程是不是之前记录的线程), 那就取消原来的偏向锁状态, 进入一般的轻量级锁状态.
>
> 偏向锁本质上相当于 "延迟加锁", 能不加锁就不加锁, 尽量来避免不必要的加锁开销.
>
> 但是该做的标记还是得做的, 否则无法区分何时需要真正加锁.

举个栗子理解偏向锁

> 假设男主是一个锁, 女主是一个线程. 如果只有这一个线程来使用这个锁, 那么男主女主即使不领证结婚(避免了高成本操作), 也可以一直幸福的生活下去.
>
> 但是女配出现了, 也尝试竞争男主, 此时不管领证结婚这个操作成本多高, 女主也势必要把这个动作完成了, 让女配死心.

2) 轻量级锁

随着其他线程进入竞争, 偏向锁状态被消除, 进入轻量级锁状态(自适应的自旋锁).

此处的轻量级锁就是通过 CAS 来实现.

- 通过 CAS 检查并更新一块内存 (比如 null => 该线程引用)
- 如果更新成功, 则认为加锁成功
- 如果更新失败, 则认为锁被占用, 继续自旋式的等待(并不放弃 CPU).

> 自旋操作是一直让 CPU 空转, 比较浪费 CPU 资源.
>
> 因此此处的自旋不会一直持续进行, 而是达到一定的时间/重试次数, 就不再自旋了.
>
> 也就是所谓的 "自适应"

3) 重量级锁

如果竞争进一步激烈, 自旋不能快速获取到锁状态, 就会膨胀为重量级锁

此处的重量级锁就是指用到内核提供的 mutex .

- 执行加锁操作, 先进入内核态.
- 在内核态判定当前锁是否已经被占用
- 如果该锁没有占用, 则加锁成功, 并切换回用户态.
- 如果该锁被占用, 则加锁失败. 此时线程进入锁的等待队列, 挂起. 等待被操作系统唤醒.
- 经历了一系列的沧海桑田, 这个锁被其他线程释放了, 操作系统也想起了这个挂起的线程, 于是唤醒这个线程, 尝试重新获取锁.

其他的优化操作

锁消除

编译器+JVM 判断锁是否可消除. 如果可以, 就直接消除.

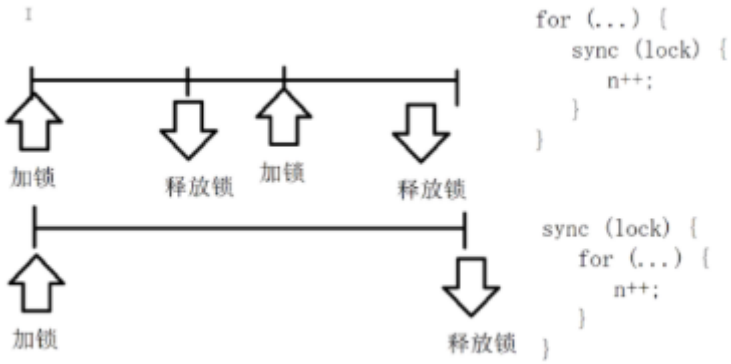
什么是 "锁消除"

> 有些应用程序的代码中, 用到了 synchronized, 但其实没有在多线程环境下. (例如 StringBuffer)
>
> ```
> StringBuffer sb = new StringBuffer();
> sb.append("a");
> sb.append("b");
> sb.append("c");
> sb.append("d");
> ```
>
> 此时每个 append 的调用都会涉及加锁和解锁. 但如果只是在单线程中执行这个代码, 那么这些加锁解锁操作是没有必要的, 白白浪费了一些资源开销.

锁粗化

一段逻辑中如果出现多次加锁解锁, 编译器 + JVM 会自动进行锁的粗化.

> 锁的粒度: 粗和细



> 实际开发过程中, 使用细粒度锁, 是期望释放锁的时候其他线程能使用锁.
>
> 但是实际上可能并没有其他线程来抢占这个锁. 这种情况 JVM 就会自动把锁粗化, 避免频繁申请释放锁.

举个栗子理解锁粗化

> 滑稽老哥当了领导, 给下属交代工作任务:
>
> 方式一:
>
> - 打电话, 交代任务1, 挂电话.
> - 打电话, 交代任务2, 挂电话.
> - 打电话, 交代任务3, 挂电话.
>
> 方式二:
>
> - 打电话, 交代任务1, 任务2, 任务3, 挂电话.
>
> 显然, 方式二是更高效的方案.

可以看到, synchronized 的策略是比较复杂的, 在背后做了很多事情, 目的为了让程序猿哪怕啥都不懂, 也不至于写出特别慢的程序.

> JVM 开发者为了 Java 程序猿操碎了心.
>
> 
>

相关面试题

1) 什么是偏向锁?

> 偏向锁不是真的加锁, 而只是在锁的对象头中记录一个标记(记录该锁所属的线程). 如果没有其他线程参与竞争锁, 那么就不会真正执行加锁操作, 从而降低程序开销. 一旦真的涉及到其他的线程竞争, 再取消偏向锁状态, 进入轻量级锁状态.

2) synchronized 实现原理 是什么?

> 参考上面的 `synchronized 原理` 章节全部内容.

Callable 接口

Callable 的用法

Callable 是一个 interface . 相当于把线程封装了一个 "返回值". 方便程序猿借助多线程的方式计算结果.

代码示例: 创建线程计算 1 + 2 + 3 + ... + 1000, 不使用 Callable 版本

- 创建一个类 Result , 包含一个 sum 表示最终结果, lock 表示线程同步使用的锁对象.
- main 方法中先创建 Result 实例, 然后创建一个线程 t. 在线程内部计算 1 + 2 + 3 + ... + 1000.
- 主线程同时使用 wait 等待线程 t 计算结束. (注意, 如果执行到 wait 之前, 线程 t 已经计算完了, 就不必等待了).
- 当线程 t 计算完毕后, 通过 notify 唤醒主线程, 主线程再打印结果.

```
static class Result {
    public int sum = 0;
    public Object lock = new Object();
}

public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    Result result = new Result();

    Thread t = new Thread() {
        @Override
        public void run() {
            int sum = 0;
            for (int i = 1; i <= 1000; i++) {
                sum += i;
            }
            synchronized (result.lock) {
                result.sum = sum;
                result.lock.notify();
            }
        }
    };
    t.start();

    synchronized (result.lock) {
        while (result.sum == 0) {
            result.lock.wait();
        }
        System.out.println(result.sum);
    }
}
```

> 可以看到, 上述代码需要一个辅助类 Result, 还需要使用一系列的加锁和 wait notify 操作, 代码复杂, 容易出错.

代码示例: 创建线程计算 1 + 2 + 3 + ... + 1000, 使用 Callable 版本

- 创建一个匿名内部类, 实现 Callable 接口. Callable 带有泛型参数. 泛型参数表示返回值的类型.
- 重写 Callable 的 call 方法, 完成累加的过程. 直接通过返回值返回计算结果.
- 把 callable 实例使用 FutureTask 包装一下.
- 创建线程, 线程的构造方法传入 FutureTask . 此时新线程就会执行 FutureTask 内部的 Callable 的 call 方法, 完成计算. 计算结果就放到了 FutureTask 对象中.
- 在主线程中调用 `futureTask.get()` 能够阻塞等待新线程计算完毕. 并获取到 FutureTask 中的结果.

```
Callable<Integer> callable = new Callable<Integer>() {
    @Override
    public Integer call() throws Exception {
        int sum = 0;
        for (int i = 1; i <= 1000; i++) {
            sum += i;
        }
        return sum;
    }
};
FutureTask<Integer> futureTask = new FutureTask<>(callable);
Thread t = new Thread(futureTask);
t.start();

int result = futureTask.get();
System.out.println(result);
```

> 可以看到, 使用 Callable 和 FutureTask 之后, 代码简化了很多, 也不必手动写线程同步代码了.

理解 Callable

> Callable 和 Runnable 相对, 都是描述一个 "任务". Callable 描述的是带有返回值的任务, Runnable 描述的是不带返回值的任务.
>
> Callable 通常需要搭配 FutureTask 来使用. FutureTask 用来保存 Callable 的返回结果. 因为 Callable 往往是在另一个线程中执行的, 啥时候执行完并不确定.
>
> FutureTask 就可以负责这个等待结果出来的工作.

理解 FutureTask

> 想象去吃麻辣烫. 当餐点好后, 后厨就开始做了. 同时前台会给你一张 "小票" . 这个小票就是 FutureTask. 后面我们可以随时凭这张小票去查看自己的这份麻辣烫做出来了没.

相关面试题

介绍下 Callable 是什么

> Callable 是一个 interface . 相当于把线程封装了一个 "返回值". 方便程序猿借助多线程的方式计算结果.
>
> Callable 和 Runnable 相对, 都是描述一个 "任务". Callable 描述的是带有返回值的任务, Runnable 描述的是不带返回值的任务.

> Callable 通常需要搭配 FutureTask 来使用. FutureTask 用来保存 Callable 的返回结果. 因为 Callable 往往是在另一个线程中执行的, 啥时候执行完并不确定.
>
> FutureTask 就可以负责这个等待结果出来的工作.

JUC(java.util.concurrent) 的常见类

ReentrantLock

可重入互斥锁. 和 synchronized 定位类似, 都是用来实现互斥效果, 保证线程安全.

> ReentrantLock 也是可重入锁. "Reentrant" 这个单词的原意就是 "可重入"

ReentrantLock 的用法:

- lock(): 加锁, 如果获取不到锁就死等.
- trylock(超时时间): 加锁, 如果获取不到锁, 等待一定的时间之后就放弃加锁.
- unlock(): 解锁

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

lock.lock();
try {
    // working
} finally {
    lock.unlock()
}
```

ReentrantLock 和 synchronized 的区别

- synchronized 是一个关键字, 是 JVM 内部实现的(大概率是基于 C++ 实现). ReentrantLock 是标准库的一个类, 在 JVM 外实现的(基于 Java 实现).
- synchronized 使用时不需要手动释放锁. ReentrantLock 使用时需要手动释放. 使用起来更灵活, 但是也容易遗漏 unlock.
- synchronized 在申请锁失败时会死等. ReentrantLock 可以通过 trylock 的方式等待一段时间就放弃.
- synchronized 是非公平锁, ReentrantLock 默认是非公平锁. 可以通过构造方法传入一个 true 开启公平锁模式.

```
// ReentrantLock 的构造方法
public ReentrantLock(boolean fair) {
    sync = fair ? new FairSync() : new NonfairSync();
}
```

- 更强大的唤醒机制. synchronized 是通过 Object 的 wait / notify 实现等待-唤醒. 每次唤醒的是一个随机等待的线程. ReentrantLock 搭配 Condition 类实现等待-唤醒, 可以更精确控制唤醒某个指定的线程.

如何选择使用哪个锁?

- 锁竞争不激烈的时候, 使用 synchronized, 效率更高, 自动释放更方便.
- 锁竞争激烈的时候, 使用 ReentrantLock, 搭配 trylock 更灵活控制加锁的行为, 而不是死等.
- 如果需要使用公平锁, 使用 ReentrantLock.

原子类

原子类内部用的是 CAS 实现，所以性能要比加锁实现 i++ 高很多。原子类有以下几个

- AtomicBoolean
- AtomicInteger
- AtomicIntegerArray
- AtomicLong
- AtomicReference
- AtomicStampedReference

以 AtomicInteger 举例，常见方法有

```
addAndGet(int delta);   i += delta;
decrementAndGet();      --i;
getAndDecrement();      i--;
incrementAndGet();      ++i;
getAndIncrement();      i++;
```

线程池

虽然创建销毁线程比创建销毁进程更轻量, 但是在频繁创建销毁线程的时候还是会比较低效.

线程池就是为了解决这个问题. 如果某个线程不再使用了, 并不是真正把线程释放, 而是放到一个 "池子" 中, 下次如果需要用到线程就直接从池子中取, 不必通过系统来创建了.

ExecutorService 和 Executors

代码示例:

- ExecutorService 表示一个线程池实例.
- Executors 是一个工厂类, 能够创建出几种不同风格的线程池.
- ExecutorService 的 submit 方法能够向线程池中提交若干个任务.

```
ExecutorService pool = Executors.newFixedThreadPool(10);
pool.submit(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("hello");
    }
});
```

Executors 创建线程池的几种方式

- newFixedThreadPool: 创建固定线程数的线程池
- newCachedThreadPool: 创建线程数目动态增长的线程池.
- newSingleThreadExecutor: 创建只包含单个线程的线程池.
- newScheduledThreadPool: 设定 延迟时间后执行命令，或者定期执行命令. 是进阶版的 Timer.

Executors 本质上是 ThreadPoolExecutor 类的封装.

ThreadPoolExecutor

ThreadPoolExecutor 提供了更多的可选参数, 可以进一步细化线程池行为的设定.

ThreadPoolExecutor 的构造方法

Constructors

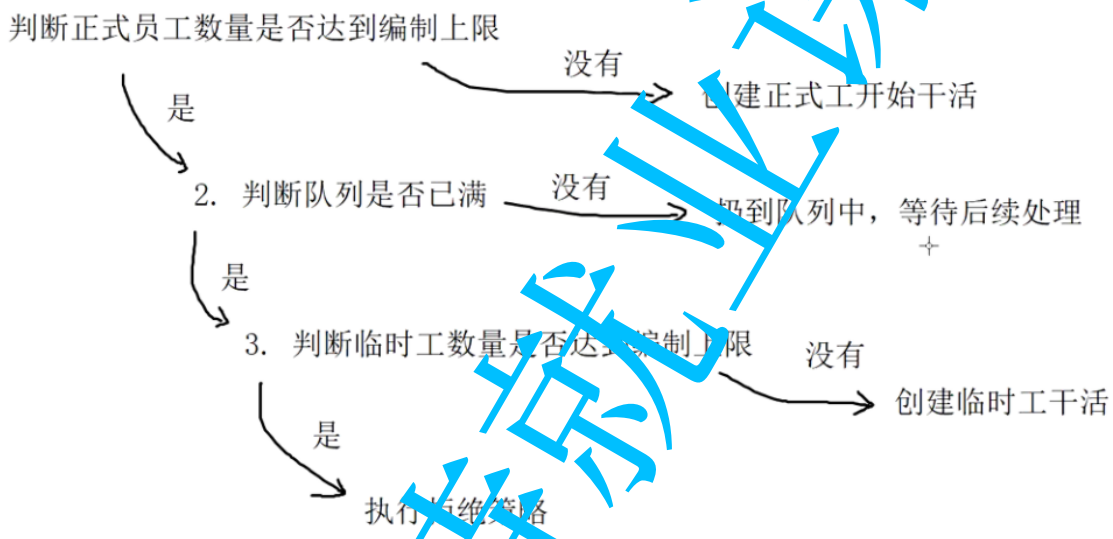
Constructor and Description
`ThreadPoolExecutor(int corePoolSize, int maximumPoolSize, long keepAliveTime, TimeUnit unit, BlockingQueue<Runnable> workQueue)` Creates a new ThreadPoolExecutor with the given initial parameters and default thread factory and rejected execution handler.
`ThreadPoolExecutor(int corePoolSize, int maximumPoolSize, long keepAliveTime, TimeUnit unit, BlockingQueue<Runnable> workQueue, RejectedExecutionHandler handler)` Creates a new ThreadPoolExecutor with the given initial parameters and default thread factory.
`ThreadPoolExecutor(int corePoolSize, int maximumPoolSize, long keepAliveTime, TimeUnit unit, BlockingQueue<Runnable> workQueue, ThreadFactory threadFactory)` Creates a new ThreadPoolExecutor with the given initial parameters and default rejected execution handler.
`ThreadPoolExecutor(int corePoolSize, int maximumPoolSize, long keepAliveTime, TimeUnit unit, BlockingQueue<Runnable> workQueue, ThreadFactory threadFactory, RejectedExecutionHandler handler)` Creates a new ThreadPoolExecutor with the given initial parameters.

> **理解 ThreadPoolExecutor 构造方法的参数**
>
> 把创建一个线程池想象成开个公司, 每个员工相当于一个线程.
>
> - corePoolSize: 正式员工的数量 (正式员工, 一旦录用, 永不辞退)
> - maximumPoolSize: 正式员工 + 临时工的数目. (临时工: 一段时间不干活, 就被辞退).
> - keepAliveTime: 临时工允许的空闲时间.
> - unit: keepAliveTime 的时间单位, 是秒, 分钟, 还是其他值.
> - workQueue: 传递任务的阻塞队列
> - threadFactory: 创建线程的工厂, 参与具体的创建线程工作.
> - RejectedExecutionHandler: 拒绝策略, 如果任务量超出公司的负荷了接下来怎么处理.
>   - AbortPolicy(): 超过负荷, 直接抛出异常.
>   - CallerRunsPolicy(): 调用者负责处理
>   - DiscardOldestPolicy(): 丢弃队列中最老的任务.
>   - DiscardPolicy(): 丢弃新来的任务.

代码示例:

```
ExecutorService pool = new ThreadPoolExecutor(1, 2, 1000, TimeUnit.MILLISECONDS,
                                              new SynchronousQueue<Runnable>(),
                                              Executors.defaultThreadFactory(),
                                              new
ThreadPoolExecutor.AbortPolicy());
for(int i=0;i<3;i++) {
    pool.submit(new Runnable() {
        @Override
        void run() {
            System.out.println("hello");
        }
    });
}
```

线程池的工作流程



信号量 Semaphore

信号量, 用来表示 "可用资源的个数". 本质上就是一个计数器.

> **理解信号量**
>
> 可以把信号量想象成是停车场的展示牌: 当前有车位 100 个. 表示有 100 个可用资源.
>
> 当有车开进去的时候, 就相当于申请一个可用资源, 可用车位就 -1 (这个称为信号量的 P 操作)
>
> 当有车开出来的时候, 就相当于释放一个可用资源, 可用车位就 +1 (这个称为信号量的 V 操作)
>
> 如果计数器的值已经为 0 了, 还尝试申请资源, 就会阻塞等待, 直到有其他线程释放资源.

Semaphore 的 PV 操作中的加减计数器操作都是原子的, 可以在多线程环境下直接使用.

代码示例

- 创建 Semaphore 示例, 初始化为 4, 表示有 4 个可用资源.
- acquire 方法表示申请资源(P操作), release 方法表示释放资源(V操作)
- 创建 20 个线程, 每个线程都尝试申请资源, sleep 1秒之后, 释放资源. 观察程序的执行效果.

```
Semaphore semaphore = new Semaphore(4);

Runnable runnable = new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        try {
            System.out.println("申请资源");
            semaphore.acquire();
            System.out.println("我获取到资源了");
            Thread.sleep(1000);
            System.out.println("我释放资源了");
            semaphore.release();
        } catch (InterruptedException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
};

for (int i = 0; i < 20; i++) {
    Thread t = new Thread(runnable);
    t.start();
}
```

CountDownLatch

同时等待 N 个任务执行结束.

> 好像跑步比赛，10个选手依次就位，哨声响才同时出发；所有选手都通过终点，才能公布成绩。

- 构造 CountDownLatch 实例, 初始化 N 表示有 10 个任务需要完成.
- 每个任务执行完毕, 都调用 `latch.countDown()` . 在 CountDownLatch 内部的计数器同时自减.
- 主线程中使用 `latch.await()` 阻塞等待所有任务执行完毕. 相当于计数器为 0 了.

```
public class Demo {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        CountDownLatch latch = new CountDownLatch(10);
        Runnable r = new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                try {
                    Thread.sleep(Math.random() * 10000);
                    latch.countDown();
                } catch (Exception e) {
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        };
        for (int i = 0; i < 10; i++) {
            new Thread(r).start();
        }
        // 必须等到 10 人全部回来
        latch.await();
        System.out.println("比赛结束");
```

```
    }
}
```

相关面试题

1) 线程同步的方式有哪些?

> synchronized, ReentrantLock, Semaphore 等都可以用于线程同步.

2) 为什么有了 synchronized 还需要 juc 下的 lock?

> 以 juc 的 ReentrantLock 为例,
>
> - synchronized 使用时不需要手动释放锁. ReentrantLock 使用时需要手动释放. 使用起来更灵活,
> - synchronized 在申请锁失败时, 会死等. ReentrantLock 可以通过 tryLock 的方式等待一段时间就放弃.
> - synchronized 是非公平锁, ReentrantLock 默认是非公平锁. 可以通过构造方法传入一个 true 开启公平锁模式.
> - synchronized 是通过 Object 的 wait / notify 实现等待-唤醒. 每次唤醒的是一个随机等待的线程. ReentrantLock 搭配 Condition 类实现等待-唤醒, 可以更精确控制唤醒某个指定的线程.

3) AtomicInteger 的实现原理是什么?

> 基于 CAS 机制. 伪代码如下:
>
> ```
> class AtomicInteger {
>  private int value;
>
>  public int getAndIncrement() {
>      int oldValue = value;
>      while ( CAS(value, oldvalue, oldValue+1) != true) {
>          oldValue = value;
>      }
>      return oldValue;
>  }
> }
> ```
>
> 执行过程参考 "CAS 有哪些应用" 章节.

4) 信号量听说过么? 之前都用在过哪些场景下?

> 信号量, 用来表示 "可用资源的个数". 本质上就是一个计数器.
>
> 使用信号量可以实现 "共享锁", 比如某个资源允许 3 个线程同时使用, 那么就可以使用 P 操作作为加锁, V 操作作为解锁, 前三个线程的 P 操作都能顺利返回, 后续线程再进行 P 操作就会阻塞等待, 直到前面的线程执行了 V 操作.

5) 解释一下 ThreadPoolExecutor 构造方法的参数的含义

> 参考上面的 ThreadPoolExecutor 章节

线程安全的集合类

原来的集合类, 大部分都不是线程安全的.

> Vector, Stack, HashTable, 是线程安全的(不建议用), 其他的集合类不是线程安全的.

多线程环境使用 ArrayList

1) 自己使用同步机制 (synchronized 或者 ReentrantLock)

> 前面做过很多相关的讨论了. 此处不再展开.

2) `Collections.synchronizedList(new ArrayList);`

> synchronizedList 是标准库提供的一个基于 synchronized 进行线程同步的 List.
> synchronizedList 的关键操作上都带有 synchronized

3) 使用 CopyOnWriteArrayList

> CopyOnWrite容器即写时复制的容器。
>
> - 当我们往一个容器添加元素的时候，不直接往当前容器添加，而是先将当前容器进行Copy，复制出一个新的容器，然后新的容器里添加元素，
> - 添加完元素之后，再将原容器的引用指向新的容器。
>
> 这样做的好处是我们可以对CopyOnWrite容器进行并发的读，而不需要加锁，因为当前容器不会添加任何元素。
>
> 所以CopyOnWrite容器也是一种读写分离的思想，读和写不同的容器。
>
> **优点:**
>
> 在读多写少的场景下, 性能很高, 不需要加锁竞争.
>
> **缺点:**
>
> 1. 占用内存较多.
> 2. 新写的数据不能被第一时间读取到.

多线程环境使用队列

1) ArrayBlockingQueue

> 基于数组实现的阻塞队列

2) LinkedBlockingQueue

> 基于链表实现的阻塞队列

3) PriorityBlockingQueue

> 基于堆实现的带优先级的阻塞队列

4) TransferQueue

> 最多只包含一个元素的阻塞队列

多线程环境使用哈希表

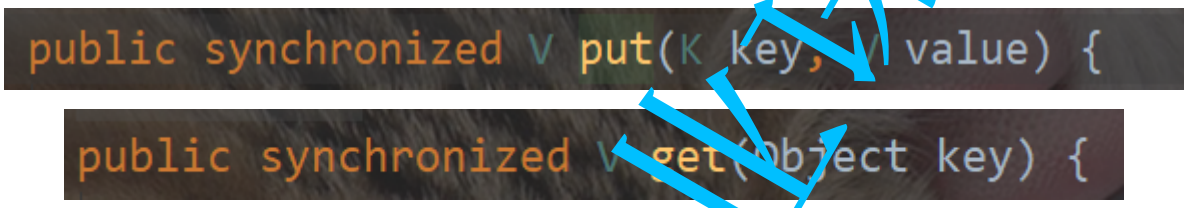
HashMap 本身不是线程安全的.

在多线程环境下使用哈希表可以使用:

- Hashtable
- ConcurrentHashMap

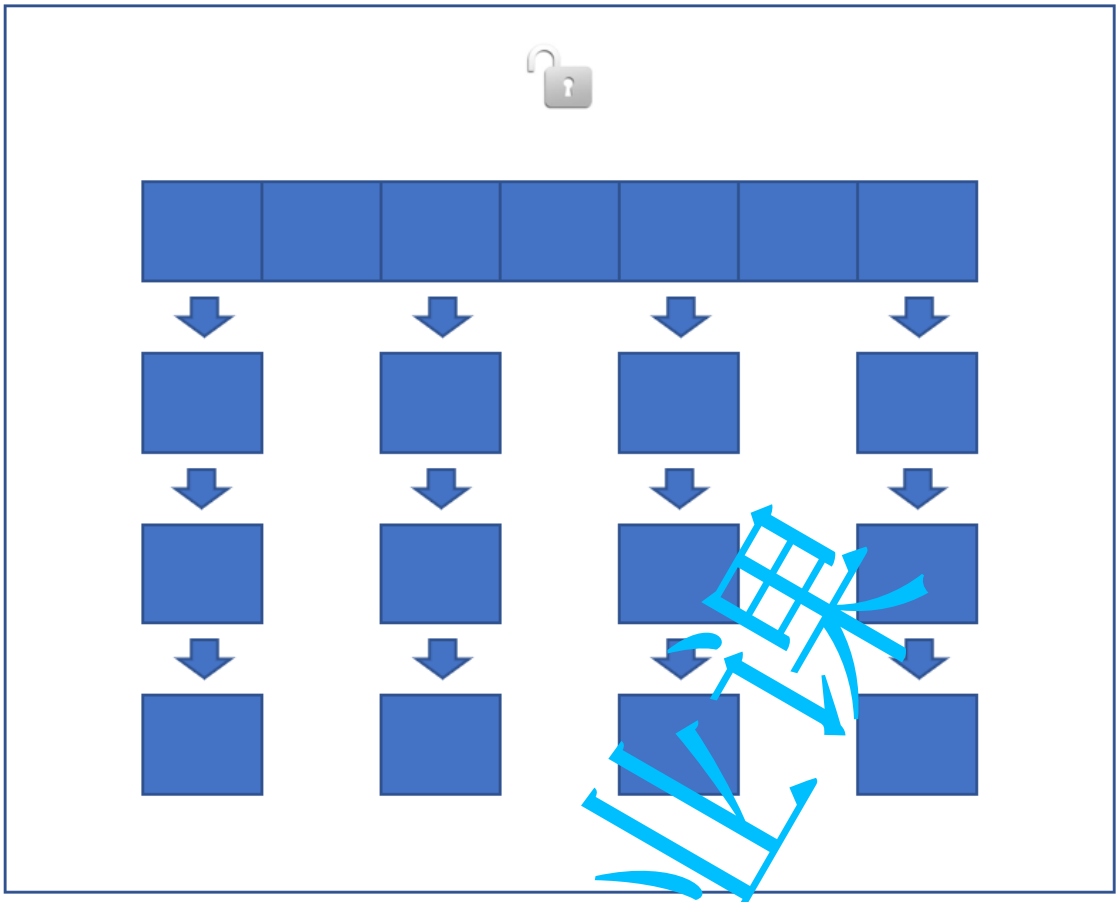
1) Hashtable

只是简单的把关键方法加上了 synchronized 关键字.



这相当于直接针对 Hashtable 对象本身加锁.

- 如果多线程访问同一个 Hashtable 就会直接造成锁冲突.
- size 属性也是通过 synchronized 来控制同步, 也是比较慢的.
- 一旦触发扩容, 就由该线程完成整个扩容过程. 这个过程会涉及到大量的元素拷贝, 效率会非常低.

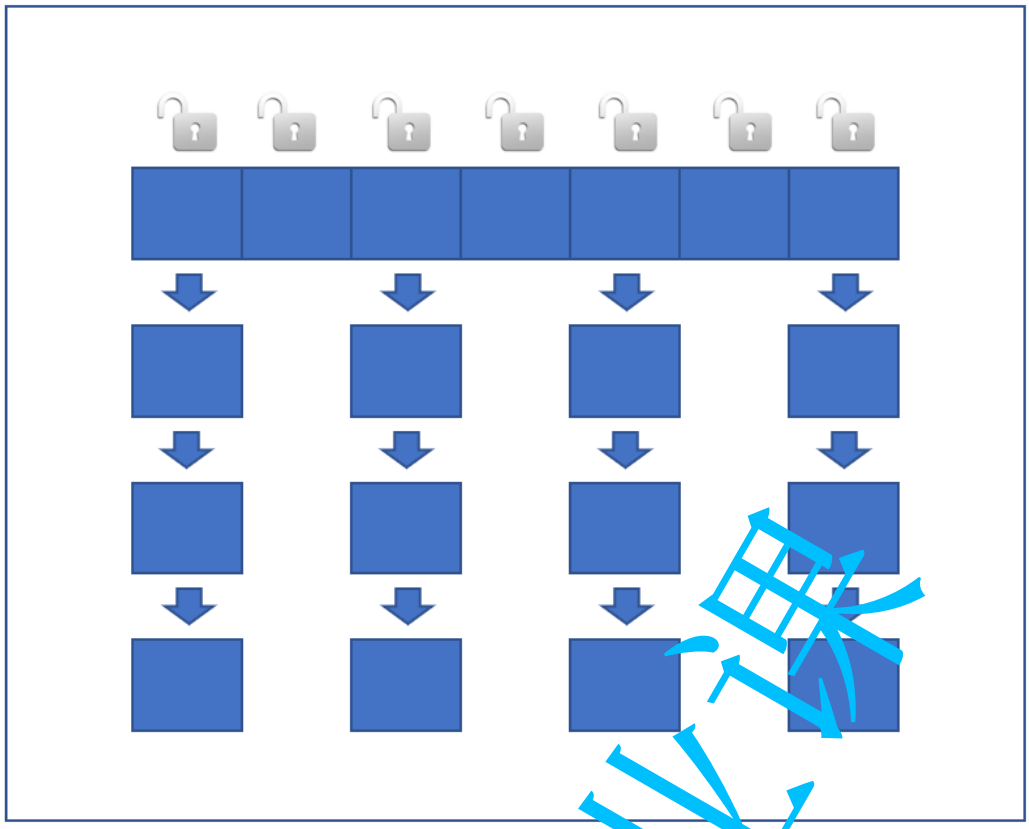


一个 Hashtable 只有一把锁.
两个线程访问 Hashtable 中的任意数据都会出现锁竞争

2) ConcurrentHashMap

相比于 Hashtable 做出了一系列的改进和优化. 以 Java1.8 为例

- 读操作没有加锁(但是使用了 volatile 保证从内存读取结果), 只对写操作进行加锁. 加锁的方式仍然是是用 synchronized, 但是不是锁整个对象, 而是 "锁桶" (用每个链表的头结点作为锁对象), 大大降低了锁冲突的概率.
- 充分利用 CAS 特性. 比如 size 属性通过 CAS 来更新. 避免出现重量级锁的情况.
- 优化了扩容方式: 化整为零
    - 发现需要扩容的线程, 只需要创建一个新的数组, 同时只搬几个元素过去.
    - 扩容期间, 新老数组同时存在.
    - 后续每个来操作 ConcurrentHashMap 的线程, 都会参与搬家的过程. 每个操作负责搬运一小部分元素.
    - 搬完最后一个元素再把老数组删掉.
    - 这个期间, 插入只往新数组加.
    - 这个期间, 查找需要同时查新数组和老数组



ConcurrentHashMap 每个哈希桶都有一把锁.
只有两个线程访问的恰好是同一个哈希桶上的数据才出现锁冲突

参考资料：https://blog.csdn.net/u010723709/article/details/48007881

相关面试题

1) ConcurrentHashMap的读是否要加锁，为什么?

> 读操作没有加锁. 目的是为了进一步降低锁冲突的概率. 为了保证读到刚修改的数据, 搭配了 volatile 关键字.

2) 介绍下 ConcurrentHashMap的锁分段技术?

> 这个是 Java1.7 中采取的技术. Java1.8 中已经不再使用了. 简单的说就是把若干个哈希桶分成一个 "段" (Segment), 针对每个段分别加锁.
>
> 目的也是为了降低锁竞争的概率. 当两个线程访问的数据恰好在同一个段上的时候, 才触发锁竞争.

3) ConcurrentHashMap在jdk1.8做了哪些优化?

> 取消了分段锁, 直接给每个哈希桶(每个链表)分配了一个锁(就是以每个链表的头结点对象作为锁对象).
>
> 将原来 数组 + 链表 的实现方式改进成 数组 + 链表 / 红黑树 的方式. 当链表较长的时候(大于等于 8 个元素)就转换成红黑树.

4) Hashtable和HashMap、ConcurrentHashMap 之间的区别?

> HashMap: 线程不安全. key 允许为 null
>
> Hashtable: 线程安全. 使用 synchronized 锁 Hashtable 对象, 效率较低. key 不允许为 null.
>
> ConcurrentHashMap: 线程安全. 使用 synchronized 锁每个链表头结点, 锁冲突概率低, 充分利用 CAS 机制. 优化了扩容方式. key 不允许为 null

死锁

死锁是什么

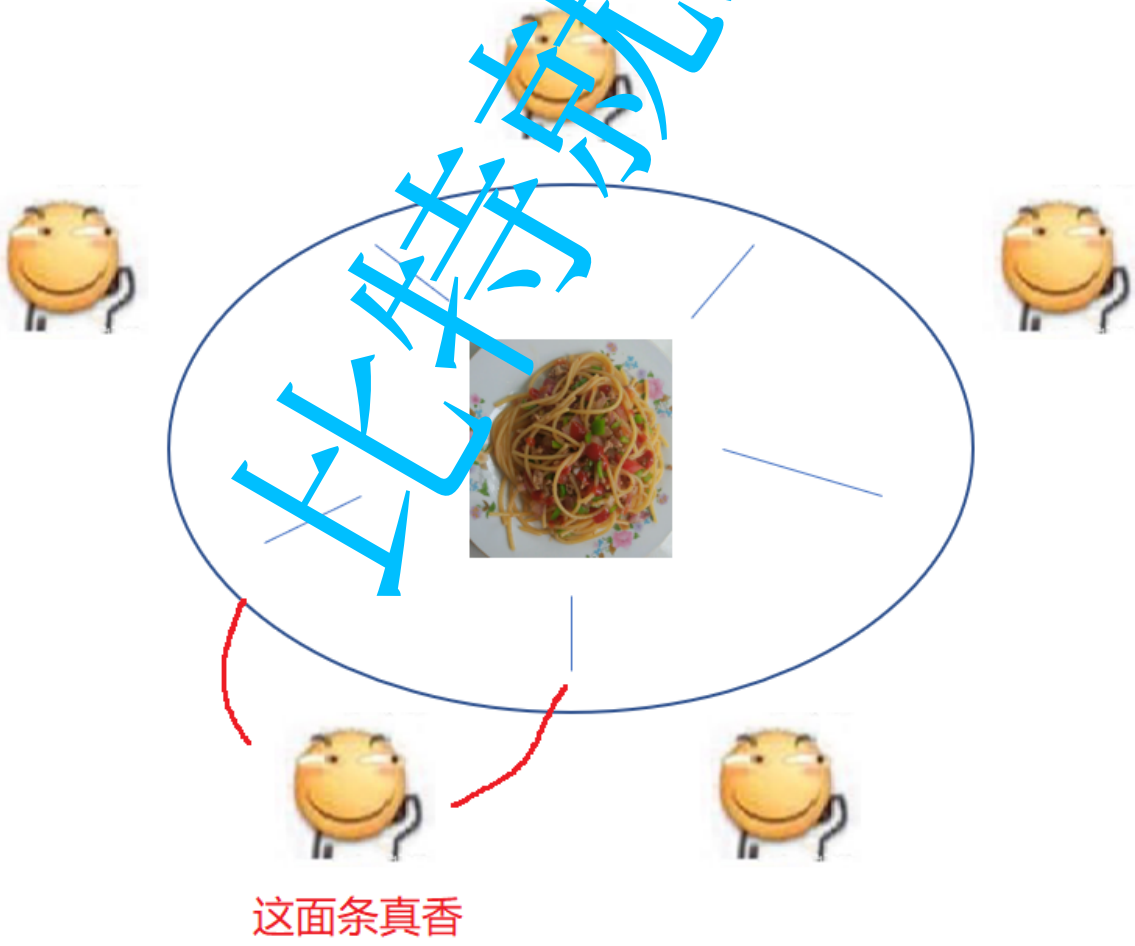
死锁是这样一种情形：多个线程同时被阻塞，它们中的一个或者全部都在等待某个资源被释放。由于线程被无限期地阻塞，因此程序不可能正常终止。

> **举个栗子理解死锁**
>
> 滑稽老哥和女神一起去饺子馆吃饺子. 吃饺子需要酱油和醋.
>
> 滑稽老哥抄起了酱油瓶, 女神抄起了醋瓶.
>
> 滑稽: 你先把醋瓶给我, 我用完了就把酱油瓶给你.
>
> 女神: 你先把酱油瓶给我, 我用完了就把醋瓶给你.
>
> 如果这俩人彼此之间互不相让, 就构成了死锁.
>
> 酱油和醋相当于是两把锁, 这两个人就是两个线程.

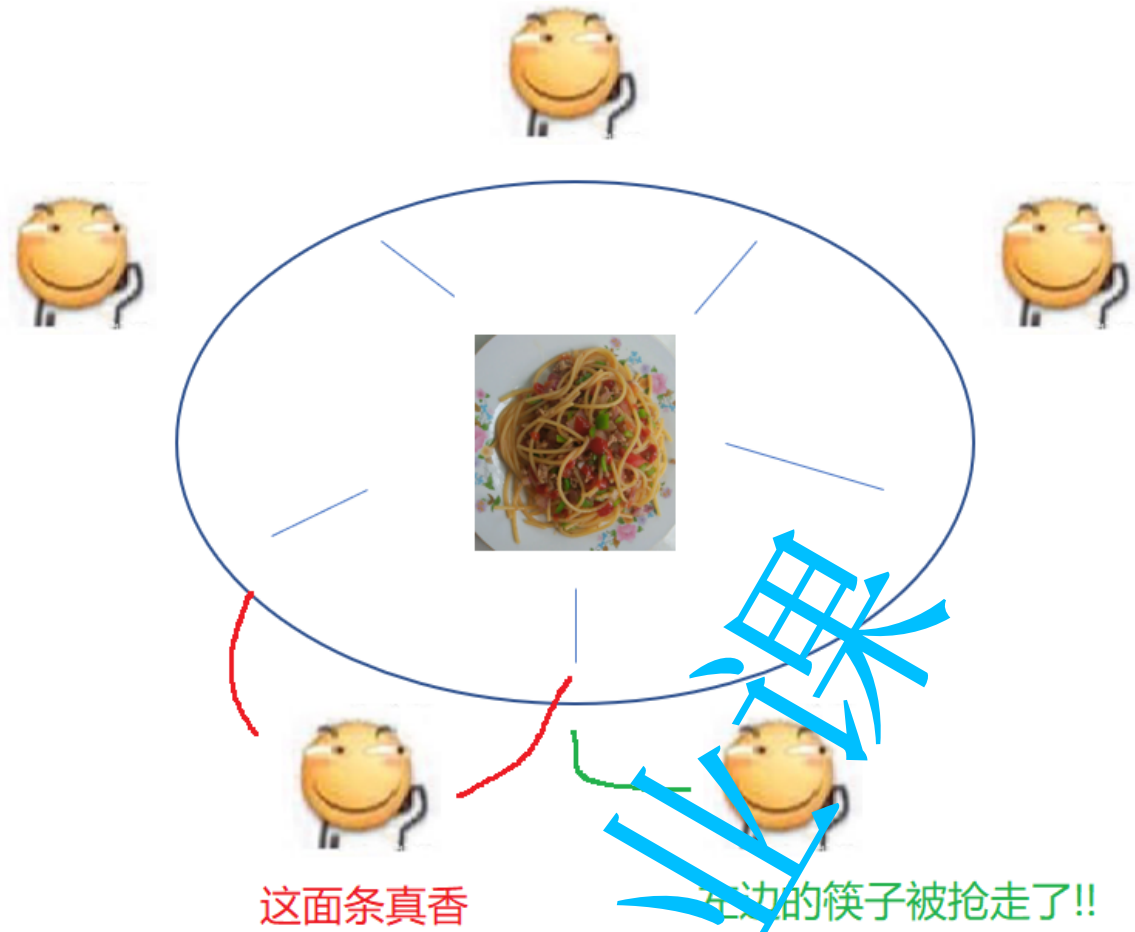
为了进一步阐述死锁的形成, 很多资料上也会谈论到"哲学家就餐问题".

- 有个桌子, 围着一圈 哲♂家, 桌子中间放着一盘意大利面. 每个哲学家两两之间, 放着一根筷子.

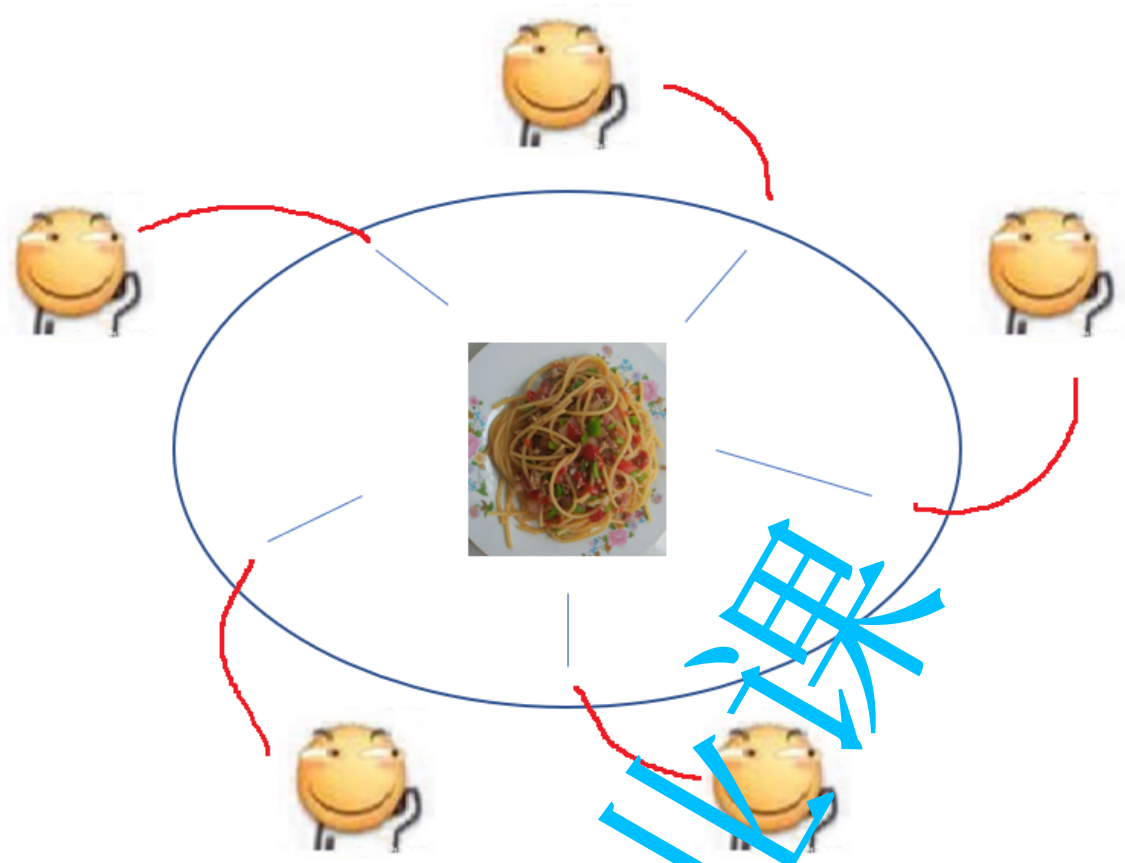
- 每个 哲♂家 只做两件事: 思考人生 或者 吃面条. 思考人生的时候就会放下筷子. 吃面条就会拿起左右两边的筷子(先拿起左边, 再拿起右边).



- 如果 哲♂家 发现筷子拿不起来了(被别人占用了), 就会阻塞等待.



- [关键点在这] 假设同一时刻, 五个 哲♂家 同时拿起左手边的筷子, 然后再尝试拿右手的筷子, 就会发现右手的筷子都被占用了. 由于 哲♂家 们互不相让, 这个时候就形成了 **死锁**



死锁是一种严重的 BUG!! 导致一个程序的线程 "卡死", 无法正常工作!

如何避免死锁

死锁产生的四个必要条件：

- 互斥使用，即当资源被一个线程使用(占有)时，别的线程不能使用
- 不可抢占，资源请求者不能强制从资源占有者手中夺取资源，资源只能由资源占有者主动释放。
- 请求和保持，即当资源请求者在请求其他的资源的同时保持对原有资源的占有。
- 循环等待，即存在一个等待队列：P1占有P2的资源，P2占有P3的资源，P3占有P1的资源。这样就形成了一个等待环路

当上述四个条件都成立的时候，便形成死锁。当然，死锁的情况下如果打破上述任何一个条件，便可让死锁消失。

> 其中最容易破坏的就是 "循环等待".

破坏循环等待

最常用的一种死锁阻止技术就是**锁排序**. 假设有 N 个线程尝试获取 M 把锁, 就可以针对 M 把锁进行编号 (1, 2, 3...M).

N 个线程尝试获取锁的时候, 都按照固定的按编号由小到大顺序来获取锁. 这样就可以避免环路等待.

可能产生环路等待的代码:

> 两个线程对于加锁的顺序没有约定, 就容易产生环路等待.

```
Object lock1 = new Object();
Object lock2 = new Object();

Thread t1 = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        synchronized (lock1) {
            synchronized (lock2) {
                // do something...
            }
        }
    }
};
t1.start();

Thread t2 = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        synchronized (lock2) {
            synchronized (lock1) {
                // do something...
            }
        }
    }
};
t2.start();
```

不会产生环路等待的代码:

> 约定好先获取 lock1, 再获取 lock2 , 就不会环路等待.

```
Object lock1 = new Object();
Object lock2 = new Object();

Thread t1 = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        synchronized (lock1) {
            synchronized (lock2) {
                // do something...
            }
        }
    }
};
t1.start();

Thread t2 = new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        synchronized (lock1) {
            synchronized (lock2) {
                // do something...
            }
        }
    }
```

```
};
t2.start();
```

相关面试题

谈谈死锁是什么，如何避免死锁，避免算法？ 实际解决过没有?

> 参考整个 "死锁" 章节

8. 其他常见问题

面试题:

1) 谈谈 volatile关键字的用法?

> volatile 能够保证内存可见性. 强制从主内存中读取数据. 此时如果有其他线程修改被 volatile 修饰的变量, 可以第一时间读取到最新的值.

2) Java多线程是如何实现数据共享的?

> JVM 把内存分成了这几个区域:
>
> 方法区, 堆区, 栈区, 程序计数器.
>
> 其中堆区这个内存区域是多个线程之间共享的.
>
> 只要把某个数据放到堆内存中, 就可以让多个线程都能访问到.

3) Java创建线程池的接口是什么？参数 `LinkedBlockingQueue` 的作用是什么?

> 创建线程池主要有两种方式:
>
> - 通过 Executors 工厂类创建. 创建方式比较简单, 但是定制能力有限.
> - 通过 ThreadPoolExecutor 创建. 创建方式比较复杂, 但是定制能力强.
>
> `LinkedBlockingQueue` 表示线程池的任务队列. 用户通过 submit / execute 向这个任务队列中添加任务, 再由线程池中的工作线程来执行任务.

4) Java线程共有几种状态？状态之间怎么切换的?

> - NEW: 安排了工作, 还未开始行动. 新创建的线程, 还没有调用 start 方法时处在这个状态.
> - RUNNABLE: 可工作的. 又可以分成正在工作中和即将开始工作. 调用 start 方法之后, 并正在 CPU 上运行/在即将准备运行 的状态.
> - BLOCKED: 使用 synchronized 的时候, 如果锁被其他线程占用, 就会阻塞等待, 从而进入该状态.
> - WAITING: 调用 wait 方法会进入该状态.
> - TIMED_WAITING: 调用 sleep 方法或者 wait(超时时间) 会进入该状态.
> - TERMINATED: 工作完成了. 当线程 run 方法执行完毕后, 会处于这个状态.

5) 在多线程下，如果对一个数进行叠加，该怎么做?

> - 使用 synchronized / ReentrantLock 加锁
> - 使用 AtomInteger 原子操作.

6) Servlet是否是线程安全的?

> Servlet 本身是工作在多线程环境下.
>
> 如果在 Servlet 中创建了某个成员变量, 此时如果有多个请求到达服务器, 服务器就会多线程进行操作, 是可能出现线程不安全的情况的.

7) Thread和Runnable的区别和联系?

> Thread 类描述了一个线程.
>
> Runnable 描述了一个任务.
>
> 在创建线程的时候需要指定线程完成的任务, 可以直接重写 Thread 的 run 方法, 也可以使用 Runnable 来描述这个任务.

8) 多次start一个线程会怎么样

> 第一次调用 start 可以成功调用.
>
> 后续再调用 start 会抛出 java.lang.IllegalThreadStateException 异常

9) 有synchronized两个方法，两个线程分别同时调用这个方法，请问会发生什么?

> synchronized 加在非静态方法上, 相当于针对当前对象加锁.
>
> **如果这两个方法属于同一个实例:**
>
> 线程1 能够获取到锁, 并执行方法. 线程2 会阻塞等待, 直到线程1 执行完毕, 释放锁, 线程2 获取到锁之后才能执行方法内容.
>
> **如果这两个方法属于不同实例:**
>
> 两者能并发执行, 互不干扰.

10) 进程和线程的区别?

> - 进程是包含线程的. **每个进程至少有一个线程存在，即主线程。**
> - 进程和进程之间不共享内存空间. 同一个进程的线程之间共享同一个内存空间.
> - 进程是系统分配资源的最小单位，线程是系统调度的最小单位。