主讲老师：Fox

> 【有道云笔记】 https://note.youdao.com/s/7pvkie8N

1. ThreadLocal介绍

1.1 什么是ThreadLocal

Java官方文档中的描述：ThreadLocal类用来提供线程内部的局部变量。这种变量在多线程环境下访问（通过get和set方法访问）时能保证各个线程的变量相对独立于其他线程内的变量。ThreadLocal实例通常来说都是private static类型的，用于关联线程和线程上下文。

特性:

1. 线程安全: 在多线程并发的场景下保证线程安全
2. 传递数据: 我们可以通过ThreadLocal在同一线程，不同组件中传递公共变量
3. 线程隔离: 每个线程的变量都是独立的，不会互相影响

1.2 基本使用

常用方法

在使用之前,我们先来认识几个ThreadLocal的常用方法

方法声明	描述
ThreadLocal()	创建ThreadLocal对象
public void set(T value)	设置当前线程绑定的局部变量
public T get()	获取当前线程绑定的局部变量
public void remove()	移除当前线程绑定的局部变量

使用案例

我们来看下面这个案例，感受一下ThreadLocal 线程隔离的特点：

```
public class ThreadLocalDemo {
    private String content;

    private String getContent() {
        return content;
    }

    private void setContent(String content) {
        this.content = content;
    }

    public static void main(String[] args) {
        ThreadLocalDemo demo = new ThreadLocalDemo();
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            Thread thread = new Thread(new Runnable() {
                @Override
                public void run() {
                    demo.setContent(Thread.currentThread().getName() + "的数据");
                    System.out.println(Thread.currentThread().getName() + "--->" + demo.getContent());
                }
            });
            thread.setName("线程" + i);
            thread.start();
        }
    }
}
```

输出:

```
线程0--->线程1的数据
线程2--->线程2的数据
线程1--->线程1的数据
线程4--->线程4的数据
线程3--->线程3的数据
```

从结果可以看出多个线程在访问同一个变量的时候出现的异常，线程间的数据没有隔离。下面我们来看下采用 ThreadLocal 的方式来解决这个问题的例子。

```
public class ThreadLocalDemo2 {
    private static ThreadLocal<String> threadLocal = new ThreadLocal<>();

    private String content;

    private String getContent() {
        return threadLocal.get();
    }

    private void setContent(String content) {
        threadLocal.set(content);
    }

    public static void main(String[] args) {
        ThreadLocalDemo2 demo = new ThreadLocalDemo2();
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
            Thread thread = new Thread(new Runnable() {
                @Override
                public void run() {
                    demo.setContent(Thread.currentThread().getName() + "的数据");
                    System.out.println(Thread.currentThread().getName() + "--->" +
demo.getContent());
                }
            });
            thread.setName("线程" + i);
            thread.start();
        }
    }
}
```

输出：

```
线程0--->线程0的数据
线程4--->线程4的数据
线程1--->线程1的数据
线程3--->线程3的数据
线程2--->线程2的数据
```

从结果来看，这样很好的解决了多线程之间数据隔离的问题，十分方便。

1.3 ThreadLocal与synchronized的区别

虽然ThreadLocal模式与synchronized关键字都用于处理多线程并发访问变量的问题, 不过两者处理问题的角度和思路不同。

	synchronized	ThreadLocal
原理	同步机制采用'以时间换空间'的方式, 只提供了一份变量,让不同的线程排队访问	ThreadLocal采用'以空间换时间'的方式, 为每一个线程都提供了一份变量的副本,从而实现同时访问而相不干扰
侧重点	多个线程之间访问资源的同步	多线程中让每个线程之间的数据相互隔离

在刚刚的案例中，虽然使用ThreadLocal和synchronized都能解决问题,但是使用ThreadLocal更为合适,因为这样可以使程序拥有更高的并发性。

1.4 ThreadLocal的优势

在一些特定场景下，ThreadLocal有两个突出的优势：

1. 传递数据： 保存每个线程绑定的数据，在需要的地方可以直接获取, 避免参数直接传递带来的代码耦合问题
2. 线程隔离： 各线程之间的数据相互隔离却又具备并发性，避免同步方式带来的性能损失

ThreadLocal在Spring事务中的应用

Spring的事务就借助了ThreadLocal类。Spring会从数据库连接池中获得一个connection，然会把connection放进ThreadLocal中，也就和线程绑定了，事务需要提交或者回滚，只要从ThreadLocal中拿到connection进行操作。

为何Spring的事务要借助ThreadLocal类？2

以JDBC为例，正常的事务代码可能如下：

```
dbc = new DataBaseConnection();//第1行
Connection con = dbc.getConnection();//第2行
con.setAutoCommit(false);// //第3行
con.executeUpdate(...);//第4行
con.executeUpdate(...);//第5行
con.executeUpdate(...);//第6行
con.commit();////第7行
```

上述代码，可以分成三个部分:
事务准备阶段：第1～3行
业务处理阶段：第4～6行
事务提交阶段：第7行
可以很明显的看到，不管我们开启事务还是执行具体的sql都需要一个具体的数据库连接。
现在我们开发应用一般都采用三层结构，如果我们控制事务的代码都放在DAO(DataAccessObject)对象中，在DAO对象的每个方法当中去打开事务和关闭事务，当Service对象在调用DAO时，如果只调用一个DAO，那我们这样实现则效果不错，但往往我们的Service会调用一系列的DAO对数据库进行多次操作，那么，这个时候我们就无法控制事务的边界了，因为实际应用当中，我们的Service调用的DAO的个数是不确定的，可根据需求而变化，而且还可能出现Service调用Service的情况。
如果不使用ThreadLocal，代码大概就会是这个样子：

```
Class Dao1{
private Connection conn=null;
public Dao1(Connection conn){
   this.conn=conn;
}
public void doSomething(){
   PreparedStatement pstmt=null;
   try{
      pstmt=conn.preparedStatement(sql);
      pstmt.execute...
      ...
```

```
public void serviceMethod(){
Connection conn=null;
try{
Connection conn=getConnection();
conn.setAutoCommit(false);
Dao1 dao1=new Dao1(conn);
dao1.doSomething();
Dao2 dao2=new Dao2(conn);
dao2.doSomething();
Dao3 dao3=new Dao3(conn);
dao3.doSomething();
      conn.commit();
```

但是需要注意一个问题，如何让三个DAO使用同一个数据源连接呢？我们就必须为每个DAO传递同一个数据库连接，要么就是在DAO实例化的时候作为构造方法的参数传递，要么在每个DAO的实例方法中作为方法的参数传递。这两种方式无疑对我们的Spring框架或者开发人员来说都不合适。为了让这个数据库连接可以跨阶段传递，又不显示的进行参数传递，就必须使用别的办法。

Web容器中，每个完整的请求周期会由一个线程来处理。因此，如果我们能将一些参数绑定到线程的话，就可以实现在软件架构中跨层次的参数共享（是隐式的共享）。而JAVA中恰好提供了绑定的方法--使用ThreadLocal。

结合使用Spring里的IOC和AOP，就可以很好的解决这一点。

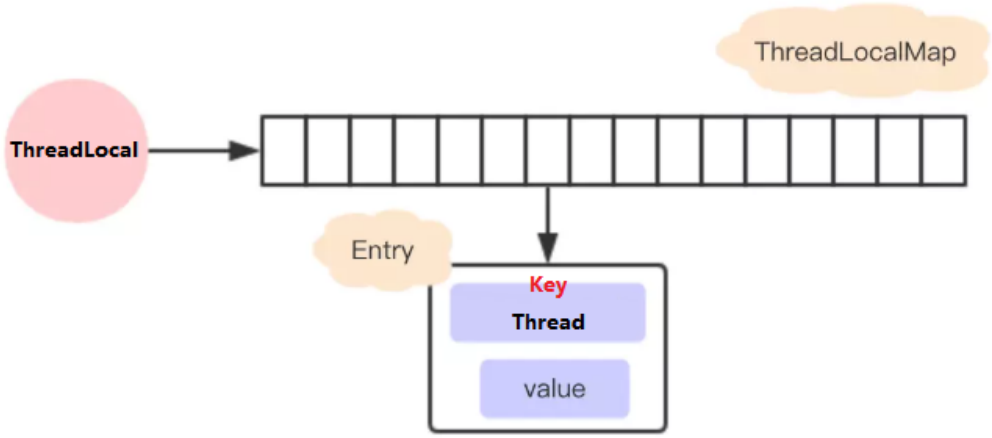
只要将一个数据库连接放入ThreadLocal中，当前线程执行时只要有使用数据库连接的地方就从ThreadLocal获得就行了。

2. ThreadLocal的内部结构

通过以上的学习，我们对ThreadLocal的作用有了一定的认识。现在我们一起来看一下ThreadLocal的内部结构，探究它能够实现线程数据隔离的原理。

2.1 常见的误解

如果我们不去看源代码的话，可能会猜测ThreadLocal是这样子设计的：每个ThreadLocal都创建一个Map，然后用线程作为Map的key，要存储的局部变量作为Map的value，这样就能达到各个线程的局部变量隔离的效果。这是最简单的设计方法，JDK最早期的ThreadLocal 确实是这样设计的，但现在早已不是了。

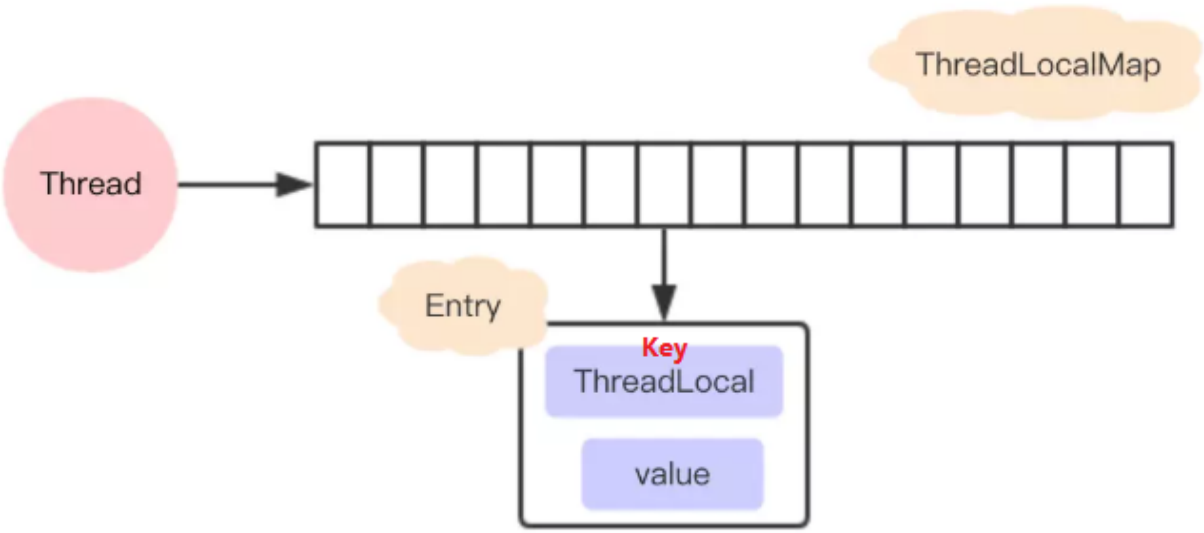


2.2 现在的设计

但是，JDK后面优化了设计方案，在JDK8中 ThreadLocal的设计是：每个Thread维护一个ThreadLocalMap，这个Map的key是ThreadLocal实例本身，value才是真正要存储的值Object。

具体的过程是这样的：

1. 每个Thread线程内部都有一个Map (ThreadLocalMap)
2. Map里面存储ThreadLocal对象（key）和线程的变量副本（value）
3. Thread内部的Map是由ThreadLocal维护的，由ThreadLocal负责向map获取和设置线程的变量值。
4. 对于不同的线程，每次获取副本值时，别的线程并不能获取到当前线程的副本值，形成了副本的隔离，互不干扰。



2.3 这样设计的好处

这个设计与我们一开始说的设计刚好相反，这样设计有如下两个优势：

1. 这样设计之后每个Map存储的Entry数量就会变少。因为之前的存储数量由Thread的数量决定，现在是由ThreadLocal的数量决定。在实际运用当中，往往ThreadLocal的数量要少于Thread的数量。
2. 当Thread销毁之后，对应的ThreadLocalMap也会随之销毁，能减少内存的使用。

3.ThreadLocal的核心方法源码

基于ThreadLocal的内部结构，我们继续分析它的核心方法源码，更深入的了解其操作原理。

除了构造方法之外， ThreadLocal对外暴露的方法有以下4个：

方法声明	描述
protected T initialValue()	返回当前线程局部变量的初始值
public void set(T value)	设置当前线程绑定的局部变量
public T get()	获取当前线程绑定的局部变量
public void remove()	移除当前线程绑定的局部变量

以下是这4个方法的详细源码分析

3.1 set方法

（1）源码和对应的中文注释

```
/**
     * 设置当前线程对应的ThreadLocal的值
     *
     * @param value 将要保存在当前线程对应的ThreadLocal的值
     */
    public void set(T value) {
        // 获取当前线程对象
        Thread t = Thread.currentThread();
        // 获取此线程对象中维护的ThreadLocalMap对象
        ThreadLocalMap map = getMap(t);
        // 判断map是否存在
        if (map != null)
            // 存在则调用map.set设置此实体entry
            map.set(this, value);
        else
            // 1）当前线程Thread 不存在ThreadLocalMap对象
            // 2）则调用createMap进行ThreadLocalMap对象的初始化
            // 3）并将 t(当前线程)和value(t对应的值)作为第一个entry存放至ThreadLocalMap中
            createMap(t, value);
    }

 /**
     * 获取当前线程Thread对应维护的ThreadLocalMap
     *
     * @param  t the current thread 当前线程
     * @return the map 对应维护的ThreadLocalMap
     */
    ThreadLocalMap getMap(Thread t) {
        return t.threadLocals;
    }
        /**
     *创建当前线程Thread对应维护的ThreadLocalMap
     *
     * @param t 当前线程
     * @param firstValue 存放到map中第一个entry的值
     */
        void createMap(Thread t, T firstValue) {
        //这里的this是调用此方法的threadLocal
```

```
39          t.threadLocals = new ThreadLocalMap(this, firstValue);
```

（2）代码执行流程

A. 首先获取当前线程，并根据当前线程获取一个Map

B. 如果获取的Map不为空，则将参数设置到Map中（当前ThreadLocal的引用作为key）

C. 如果Map为空，则给该线程创建 Map，并设置初始值

3.2 get方法

（1）源码和对应的中文注释

```java
/**
     * 返回当前线程中保存ThreadLocal的值
     * 如果当前线程没有此ThreadLocal变量，
     * 则它会通过调用{@link #initialValue} 方法进行初始化值
     *
     * @return 返回当前线程对应此ThreadLocal的值
     */
    public T get() {
        // 获取当前线程对象
        Thread t = Thread.currentThread();
        // 获取此线程对象中维护的ThreadLocalMap对象
        ThreadLocalMap map = getMap(t);
        // 如果此map存在
        if (map != null) {
            // 以当前的ThreadLocal 为 key，调用getEntry获取对应的存储实体e
            ThreadLocalMap.Entry e = map.getEntry(this);
            // 对e进行判空
            if (e != null) {
                @SuppressWarnings("unchecked")
                // 获取存储实体 e 对应的 value值
                // 即为我们想要的当前线程对应此ThreadLocal的值
                T result = (T)e.value;
                return result;
            }
        }
        /*
                初始化 : 有两种情况有执行当前代码
                第一种情况: map不存在，表示此线程没有维护的ThreadLocalMap对象
                第二种情况: map存在, 但是没有与当前ThreadLocal关联的entry
         */
        return setInitialValue();
    }

    /**
     * 初始化
     *
     * @return the initial value 初始化后的值
     */
```

```
    private T setInitialValue() {
        // 调用initialValue获取初始化的值
        // 此方法可以被子类重写，如果不重写默认返回null
        T value = initialValue();
        // 获取当前线程对象
        Thread t = Thread.currentThread();
        // 获取此线程对象中维护的ThreadLocalMap对象
        ThreadLocalMap map = getMap(t);
        // 判断map是否存在
        if (map != null)
            // 存在则调用map.set设置此实体entry
            map.set(this, value);
        else
            // 1）当前线程Thread 不存在ThreadLocalMap对象
            // 2）则调用createMap进行ThreadLocalMap对象的初始化
            // 3）并将 t(当前线程)和value(t对应的值)作为第一个entry存放至ThreadLocalMap中
            createMap(t, value);
        // 返回设置的值value
        return value;
    }
```

（2）代码执行流程

A. 首先获取当前线程，根据当前线程获取一个Map

B. 如果获取的Map不为空，则在Map中以ThreadLocal的引用作为key来在Map中获取对应的Entry e，否则转到D

C. 如果e不为null，则返回e.value，否则转到D

D. Map为空或者e为空，则通过initialValue函数获取初始值value，然后用ThreadLocal的引用和value作为firstKey和firstValue创建一个新的Map

总结: **先获取当前线程的 ThreadLocalMap 变量，如果存在则返回值，不存在则创建并返回初始值。**

3.3 remove方法

（1）源码和对应的中文注释

```
/**
     * 删除当前线程中保存的ThreadLocal对应的实体entry
     */
     public void remove() {
        // 获取当前线程对象中维护的ThreadLocalMap对象
         ThreadLocalMap m = getMap(Thread.currentThread());
        // 如果此map存在
         if (m != null)
            // 存在则调用map.remove
            // 以当前ThreadLocal为key删除对应的实体entry
             m.remove(this);
     }
```

（2）代码执行流程

A. 首先获取当前线程，并根据当前线程获取一个Map

B. 如果获取的Map不为空，则移除当前ThreadLocal对象对应的entry

3.4 initialValue方法

```
/**
  * 返回当前线程对应的ThreadLocal的初始值

  * 此方法的第一次调用发生在，当线程通过get方法访问此线程的ThreadLocal值时
  * 除非线程先调用了set方法，在这种情况下，initialValue 才不会被这个线程调用。
  * 通常情况下，每个线程最多调用一次这个方法。
  *
  * <p>这个方法仅仅简单的返回null {@code null};
  * 如果程序员想ThreadLocal线程局部变量有一个除null以外的初始值，
  * 必须通过子类继承{@code ThreadLocal} 的方式去重写此方法
  * 通常，可以通过匿名内部类的方式实现
  *
  * @return 当前ThreadLocal的初始值
  */
protected T initialValue() {
    return null;
}
```

此方法的作用是 返回该线程局部变量的初始值。

（1） 这个方法是一个延迟调用方法，从上面的代码我们得知，在set方法还未调用而先调用了get方法时才执行，并且仅执行1次。

（2）这个方法缺省实现直接返回一个null。

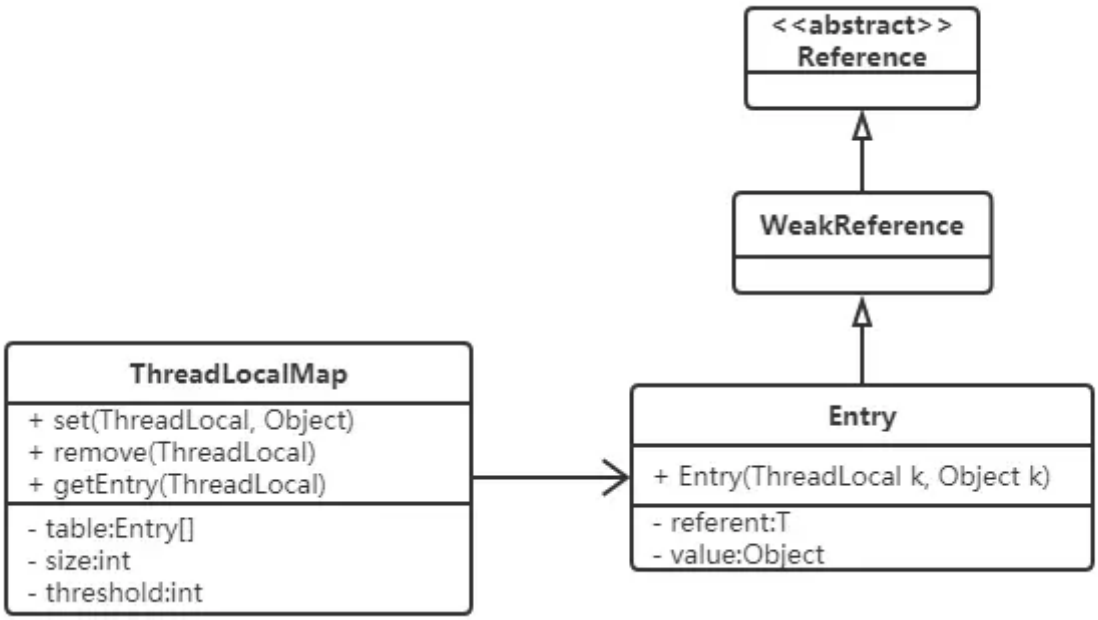
（3）如果想要一个除null之外的初始值，可以重写此方法。（备注： 该方法是一个protected的方法，显然是为了让子类覆盖而设计的）

4. ThreadLocalMap源码分析

在分析ThreadLocal方法的时候，我们了解到ThreadLocal的操作实际上是围绕ThreadLocalMap展开的。ThreadLocalMap的源码相对比较复杂, 我们从以下三个方面进行讨论。

4.1 基本结构

ThreadLocalMap是ThreadLocal的内部类，没有实现Map接口，用独立的方式实现了Map的功能，其内部的Entry也是独立实现。



（1） 成员变量

```
    /**
     * 初始容量 —— 必须是2的整次幂
     */
    private static final int INITIAL_CAPACITY = 16;

    /**
     * 存放数据的table，Entry类的定义在下面分析
     * 同样，数组长度必须是2的整次幂。
     */
    private Entry[] table;

    /**
     * 数组里面entrys的个数，可以用于判断table当前使用量是否超过阈值。
     */
    private int size = 0;

    /**
     * 进行扩容的阈值，表使用量大于它的时候进行扩容。
     */
    private int 2; // Default to 0

```

跟HashMap类似，INITIAL_CAPACITY代表这个Map的初始容量；table 是一个Entry 类型的数组，用于存储数据；size 代表表中的存储数目； threshold 代表需要扩容时对应 size 的阈值。

（2） 存储结构 - Entry

```
/*
 * Entry继承WeakReference，并且用ThreadLocal作为key.
 * 如果key为null(entry.get() == null)，意味着key不再被引用，
 * 因此这时候entry也可以从table中清除。
 */
static class Entry extends WeakReference<ThreadLocal<?>> {
    /** The value associated with this ThreadLocal. */
    Object value;

    Entry(ThreadLocal<?> k, Object v) {
        super(k);
        value = v;
    }
}
```

在ThreadLocalMap中，也是用Entry来保存K-V结构数据的。不过Entry中的key只能是ThreadLocal对象，这点在构造方法中已经限定死了。
另外，Entry继承WeakReference，也就是key（ThreadLocal）是弱引用，其目的是将ThreadLocal对象的生命周期和线程生命周期解绑。

4.2 弱引用和内存泄漏

有些程序员在使用ThreadLocal的过程中会发现有内存泄漏的情况发生，就猜测这个内存泄漏跟Entry中使用了弱引用的key有关系。这个理解其实是不对的。
我们先来回顾这个问题中涉及的几个名词概念，再来分析问题。

（1） 内存泄漏相关概念

- Memory overflow:内存溢出，没有足够的内存提供申请者使用。
- Memory leak: 内存泄漏是指程序中己动态分配的堆内存由于某种原因程序未释放或无法释放，造成系统内存的浪费，导致程序运行速度减慢甚至系统崩溃等严重后果。内存泄漏的堆积终将导致内存溢出。

（2） 弱引用相关概念

Java中的引用有4种类型： 强、软、弱、虚。当前这个问题主要涉及到强引用和弱引用：
强引用（“Strong” Reference），就是我们最常见的普通对象引用，只要还有强引用指向一个对象，就能表明对象还“活着”，垃圾回收器就不会回收这种对象。
弱引用（WeakReference），垃圾回收器一旦发现了只具有弱引用的对象，不管当前内存空间足够与否，都会回收它的内存。

（3） 如果key使用强引用

假设ThreadLocalMap中的key使用了强引用，那么会出现内存泄漏吗？

此时ThreadLocal的内存图（实线表示强引用）如下：

假设在业务代码中使用完ThreadLocal ， threadLocal Ref被回收了。
但是因为threadLocalMap的Entry强引用了threadLocal，造成threadLocal无法被回收。
在没有手动删除这个Entry以及CurrentThread依然运行的前提下，始终有强引用链 threadRef->currentThread->threadLocalMap->entry，Entry就不会被回收（Entry中包括了ThreadLocal实例和value），导致Entry内存泄漏。
也就是说，ThreadLocalMap中的key使用了强引用， 是无法完全避免内存泄漏的。

（5）如果key使用弱引用

那么ThreadLocalMap中的key使用了弱引用，会出现内存泄漏吗?
此时ThreadLocal的内存图（实线表示强引用，虚线表示弱引用）如下：

同样假设在业务代码中使用完ThreadLocal ， threadLocal Ref被回收了。
由于ThreadLocalMap只持有ThreadLocal的弱引用，没有任何强引用指向threadlocal实例, 所以threadlocal就可以顺利被gc回收，此时Entry中的key=null。
但是在没有手动删除这个Entry以及CurrentThread依然运行的前提下，也存在有强引用链 threadRef->currentThread->threadLocalMap->entry -> value ， value不会被回收， 而这块value永远不会被访问到了，导致value内存泄漏。
也就是说，ThreadLocalMap中的key使用了弱引用， 也有可能内存泄漏。

（6）出现内存泄漏的真实原因

比较以上两种情况，我们就会发现，内存泄漏的发生跟ThreadLocalMap中的key是否使用弱引用是没有关系的。那么内存泄漏的的真正原因是什么呢?
细心的同学会发现，在以上两种内存泄漏的情况中，都有两个前提：

```
1. 没有手动删除这个Entry
2. CurrentThread依然运行
```

第一点很好理解，只要在使用完ThreadLocal，调用其remove方法删除对应的Entry，就能避免内存泄漏。
第二点稍微复杂一点， 由于ThreadLocalMap是Thread的一个属性，被当前线程所引用，所以它的生命周期跟Thread一样长。那么在使用完ThreadLocal的使用，如果当前Thread也随之执行结束，ThreadLocalMap自然也会被gc回收，从根源上避免了内存泄漏。
综上，**ThreadLocal内存泄漏的根源是**：由于ThreadLocalMap的生命周期跟Thread一样长，如果没有手动删除对应key就会导致内存泄漏。

（7） 为什么使用弱引用

根据刚才的分析，我们知道了： 无论ThreadLocalMap中的key使用哪种类型引用都无法完全避免内存泄漏，跟使用弱引用没有关系。

要避免内存泄漏有两种方式：

1. 使用完ThreadLocal，调用其remove方法删除对应的Entry
2. 使用完ThreadLocal，当前Thread也随之运行结束

相对第一种方式，第二种方式显然更不好控制，特别是使用线程池的时候，线程结束是不会销毁的。

也就是说，只要记得在使用完ThreadLocal及时的调用remove，无论key是强引用还是弱引用都不会有问题。那么为什么key要用弱引用呢？

事实上，在ThreadLocalMap中的set/getEntry方法中，会对key为null（也即是ThreadLocal为null）进行判断，如果为null的话，那么是会对value置为null的。

这就意味着使用完ThreadLocal，CurrentThread依然运行的前提下，就算忘记调用remove方法，**弱引用比强引用可以多一层保障**：弱引用的ThreadLocal会被回收，对应的value在下一次ThreadLocalMap调用set,get,remove中的任一方法的时候会被清除，从而避免内存泄漏。

4.3 hash冲突的解决

hash冲突的解决是Map中的一个重要内容。我们以hash冲突的解决为线索，来研究一下ThreadLocalMap的核心源码。

（1） 首先从ThreadLocal的set() 方法入手

```
public void set(T value) {
      Thread t = Thread.currentThread();
      ThreadLocal.ThreadLocalMap map = getMap(t);
      if (map != null)
          //调用了ThreadLocalMap的set方法
          map.set(this, value);
      else
          createMap(t, value);
  }

  ThreadLocal.ThreadLocalMap getMap(Thread t) {
      return t.threadLocals;
  }

  void createMap(Thread t, T firstValue) {
          //调用了ThreadLocalMap的构造方法
      t.threadLocals = new ThreadLocal.ThreadLocalMap(this, firstValue);
  }
```

这个方法我们刚才分析过, 其作用是设置当前线程绑定的局部变量 :

A. 首先获取当前线程，并根据当前线程获取一个Map

B. 如果获取的Map不为空，则将参数设置到Map中（当前ThreadLocal的引用作为key）

(这里调用了ThreadLocalMap的set方法)

C. 如果Map为空，则给该线程创建 Map，并设置初始值

(这里调用了ThreadLocalMap的构造方法)

这段代码有两个地方分别涉及到ThreadLocalMap的两个方法, 我们接着分析这两个方法。

（2）构造方法ThreadLocalMap(ThreadLocal<?> firstKey, Object firstValue)

```
 /*
  * firstKey : 本ThreadLocal实例(this)
  * firstValue :  要保存的线程本地变量
  */
ThreadLocalMap(ThreadLocal<?> firstKey, Object firstValue) {
        //初始化table
        table = new ThreadLocal.ThreadLocalMap.Entry[INITIAL_CAPACITY];
        //计算索引(重点代码）
        int i = firstKey.threadLocalHashCode & (INITIAL_CAPACITY - 1);
        //设置值
        table[i] = new ThreadLocal.ThreadLocalMap.Entry(firstKey, firstValue);
        size = 1;
        //设置阈值
        setThreshold(INITIAL_CAPACITY);
    }
```

构造函数首先创建一个长度为16的Entry数组，然后计算出firstKey对应的索引，然后存储到table中，并设置size和threshold。

重点分析： `int i = firstKey.threadLocalHashCode & (INITIAL_CAPACITY - 1)`。

a. 关于`firstKey.threadLocalHashCode`：

```
    private final int threadLocalHashCode = nextHashCode();

    private static int nextHashCode() {
        return nextHashCode.getAndAdd(HASH_INCREMENT);
    }
//AtomicInteger是一个提供原子操作的Integer类，通过线程安全的方式操作加减,适合高并发情况下的使用
    private static AtomicInteger nextHashCode =  new AtomicInteger();
     //特殊的hash值
    private static final int HASH_INCREMENT = 0x61c88647;
```

这里定义了一个AtomicInteger类型，每次获取当前值并加上HASH_INCREMENT，`HASH_INCREMENT = 0x61c88647`,这个值跟斐波那契数列（黄金分割数）有关，其主要目的就是为了让哈希码能均匀的分布在2的n次方的数组里, 也就是Entry[] table中，这样做可以尽量避免hash冲突。

b. 关于`& (INITIAL_CAPACITY - 1)`

计算hash的时候里面采用了hashCode & (size - 1)的算法，这相当于取模运算hashCode % size的一个更高效的实现。正是因为这种算法，我们要求size必须是2的整次幂，这也能保证在索引不越界的前提下，使得hash发生冲突的次数减小。

（3） ThreadLocalMap中的set方法

```
private void set(ThreadLocal<?> key, Object value) {
        ThreadLocal.ThreadLocalMap.Entry[] tab = table;
        int len = tab.length;
        //计算索引(重点代码，刚才分析过了）
        int i = key.threadLocalHashCode & (len-1);
        /**
         * 使用线性探测法查找元素（重点代码）
         */
        for (ThreadLocal.ThreadLocalMap.Entry e = tab[i];
             e != null;
             e = tab[i = nextIndex(i, len)]) {
            ThreadLocal<?> k = e.get();
            //ThreadLocal 对应的 key 存在，直接覆盖之前的值
            if (k == key) {
                e.value = value;
                return;
            }
            // key为 null，但是值不为 null，说明之前的 ThreadLocal 对象已经被回收了，
           // 当前数组中的 Entry 是一个陈旧（stale）的元素
            if (k == null) {
                //用新元素替换陈旧的元素，这个方法进行了不少的垃圾清理动作，防止内存泄漏
                replaceStaleEntry(key, value, i);
                return;
            }
        }

        //ThreadLocal对应的key不存在并且没有找到陈旧的元素，则在空元素的位置创建一个新的Entry。
            tab[i] = new Entry(key, value);
            int sz = ++size;
            /**
             * cleanSomeSlots用于清除那些e.get()==null的元素，
             * 这种数据key关联的对象已经被回收，所以这个Entry(table[index])可以被置null。
             * 如果没有清除任何entry,并且当前使用量达到了负载因子所定义(长度的2/3)，那么进行
             * rehash（执行一次全表的扫描清理工作）
             */
            if (!cleanSomeSlots(i, sz) && sz >= threshold)
                rehash();
}
```

```
38
39  /**
40       * 获取环形数组的下一个索引
41       */
42      private static int nextIndex(int i, int len) {
43          return ((i + 1 < len) ? i + 1 : 0);
44      }
45
```

代码执行流程：

A. 首先还是根据key计算出索引 i，然后查找i位置上的Entry，

B. 若是Entry已经存在并且key等于传入的key，那么这时候直接给这个Entry赋新的value值，

C. 若是Entry存在，但是key为null，则调用replaceStaleEntry来更换这个key为空的Entry，

D. 不断循环检测，直到遇到为null的地方，这时候要是还没在循环过程中return，那么就在这个null的位置新建一个Entry，并且插入，同时size增加1。

最后调用cleanSomeSlots，清理key为null的Entry，最后返回是否清理了Entry，接下来再判断sz 是否 >= thresgold达到了rehash的条件，达到的话就会调用rehash函数执行一次全表的扫描清理。

重点分析： ThreadLocalMap使用线性探测法来解决哈希冲突的。

该方法一次探测下一个地址，直到有空的地址后插入，若整个空间都找不到空余的地址，则产生溢出。

举个例子，假设当前table长度为16，也就是说如果计算出来key的hash值为14，如果table[14]上已经有值，并且其key与当前key不一致，那么就发生了hash冲突，这个时候将14加1得到15，取table[15]进行判断，这个时候如果还是冲突会回到0，取table[0],以此类推，直到可以插入。

按照上面的描述，可以把Entry[] table看成一个环形数组。