二

09 对比Hashtable、HashMap、TreeMap有什么不同？-极客时间

Map 是广义 Java 集合框架中的另外一部分，HashMap 作为框架中使用频率最高的类型之一，它本身以及相关类型自然也是面试考察的热点。

今天我要问你的问题是，**对比 Hashtable、HashMap、TreeMap 有什么不同？**谈谈你对 HashMap 的掌握。

典型回答

Hashtable、HashMap、TreeMap 都是最常见的一些 Map 实现，是以键值对的形式存储和操作数据的容器类型。

Hashtable 是早期 Java 类库提供的一个哈希表实现，本身是同步的，不支持 null 键和值，由于同步导致的性能开销，所以已经很少被推荐使用。

HashMap 是应用更加广泛的哈希表实现，行为上大致上与 HashTable 一致，主要区别在于 HashMap 不是同步的，支持 null 键和值等。通常情况下，HashMap 进行 put 或者 get 操作，可以达到常数时间的性能，所以**它是绝大部分利用键值对存取场景的首选**，比如，实现一个用户 ID 和用户信息对应的运行时存储结构。

TreeMap 则是基于红黑树的一种提供顺序访问的 Map，和 HashMap 不同，它的 get、put、remove 之类操作都是 O（log(n)）的时间复杂度，具体顺序可以由指定的 Comparator 来决定，或者根据键的自然顺序来判断。

考点分析

上面的回答，只是对一些基本特征的简单总结，针对 Map 相关可以扩展的问题很多，从各种数据结构、典型应用场景，到程序设计实现的技术考量，尤其是在 Java 8 里，HashMap 本身发生了非常大的变化，这些都是经常考察的方面。

很多朋友向我反馈，面试官似乎钟爱考察 HashMap 的设计和实现细节，所以今天我会增加相应的源码解读，主要专注于下面几个方面：

- 理解 Map 相关类似整体结构，尤其是有序数据结构的一些要点。
- 从源码去分析 HashMap 的设计和实现要点，理解容量、负载因子等，为什么需要这些参数，如何影响 Map 的性能，实践中如何取舍等。
- 理解树化改造的相关原理和改进原因。

除了典型的代码分析，还有一些有意思的并发相关问题也经常会被提到，如 HashMap 在并发环境可能出现无限循环占用 CPU、size 不准确等诡异的问题。

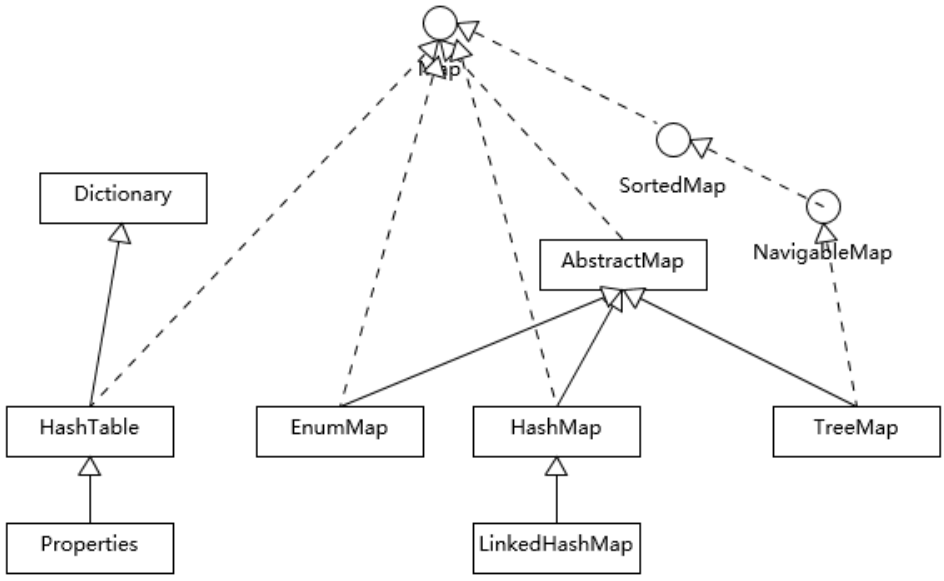
我认为这是一种典型的使用错误，因为 HashMap 明确声明不是线程安全的数据结构，如果忽略这一点，简单用在多线程场景里，难免会出现问题。

理解导致这种错误的原因，也是深入理解并发程序运行的好办法。对于具体发生了什么，你可以参考这篇很久以前的分析，里面甚至提供了示意图，我就不再重复别人写好的内容了。

知识扩展

1. Map 整体结构

首先，我们先对 Map 相关类型有个整体了解，Map 虽然通常被包括在 Java 集合框架里，但是其本身并不是狭义上的集合类型（Collection），具体你可以参考下面这个简单类图。



Hashtable 比较特别，作为类似 Vector、Stack 的早期集合相关类型，它是扩展了 Dictionary 类的，类结构上与 HashMap 之类明显不同。

HashMap 等其他 Map 实现则是都扩展了 AbstractMap，里面包含了通用方法抽象。不同 Map 的用途，从类图结构就能体现出来，设计目的已经体现在不同接口上。

大部分使用 Map 的场景，通常就是放入、访问或者删除，而对顺序没有特别要求，HashMap 在这种情况下基本是最好的选择。**HashMap 的性能表现非常依赖于哈希码的有效性，请务必掌握 hashCode 和 equals 的一些基本约定，**比如：

- equals 相等，hashCode 一定要相等。
- 重写了 hashCode 也要重写 equals。
- hashCode 需要保持一致性，状态改变返回的哈希值仍然要一致。
- equals 的对称、反射、传递等特性。

这方面内容网上有很多资料，我就不在这里详细展开了。

针对有序 Map 的分析内容比较有限，我再补充一些，虽然 LinkedHashMap 和 TreeMap 都可以保证某种顺序，但二者还是非常不同的。

- LinkedHashMap 通常提供的是遍历顺序符合插入顺序，它的实现是通过为条目（键值对）维护一个双向链表。注意，通过特定构造函数，我们可以创建反映访问顺序的实例，所谓的 put、get、compute 等，都算作“访问”。

这种行为适用于一些特定应用场景，例如，我们构建一个空间占用敏感的资源池，希望可以自动将最不常被访问的对象释放掉，这就可以利用 LinkedHashMap 提供的机制来实现，参考下面的示例：

```
import java.util.LinkedHashMap;
import java.util.Map;
public class LinkedHashMapSample {
    public static void main(String[] args) {
        LinkedHashMap<String, String> accessOrderedMap = new LinkedHashMap<String,
            @Override
            protected boolean removeEldestEntry(Map.Entry<String, String> eldest) {
                return size() > 3;
            }
        };
        accessOrderedMap.put("Project1", "Valhalla");
```

```
        accessOrderedMap.put("Project2", "Panama");
        accessOrderedMap.put("Project3", "Loom");
        accessOrderedMap.forEach( (k,v) -> {
            System.out.println(k +":" + v);
        });
        // 模拟访问
        accessOrderedMap.get("Project2");
        accessOrderedMap.get("Project2");
        accessOrderedMap.get("Project3");
        System.out.println("Iterate over should be not affected:");
        accessOrderedMap.forEach( (k,v) -> {
            System.out.println(k +":" + v);
        });
        // 触发删除
        accessOrderedMap.put("Project4", "Mission Control");
        System.out.println("Oldest entry should be removed:");
        accessOrderedMap.forEach( (k,v) -> {// 遍历顺序不变
            System.out.println(k +":" + v);
        });
    }
}
```

- 对于 TreeMap，它的整体顺序是由键的顺序关系决定的，通过 Comparator 或 Comparable（自然顺序）来决定。

我在上一讲留给你的思考题提到了，构建一个具有优先级的调度系统的问题，其本质就是个典型的优先队列场景，Java 标准库提供了基于二叉堆实现的 PriorityQueue，它们都是依赖于同一种排序机制，当然也包括 TreeMap 的马甲 TreeSet。

类似 hashCode 和 equals 的约定，为了避免模棱两可的情况，自然顺序同样需要符合一个约定，就是 compareTo 的返回值需要和 equals 一致，否则就会出现模棱两可情况。

我们可以分析 TreeMap 的 put 方法实现：

```
public V put(K key, V value) {
    Entry<K,V> t = …
    cmp = k.compareTo(t.key);
    if (cmp < 0)
        t = t.left;
    else if (cmp > 0)
        t = t.right;
    else
        return t.setValue(value);
        // ...
   }
```

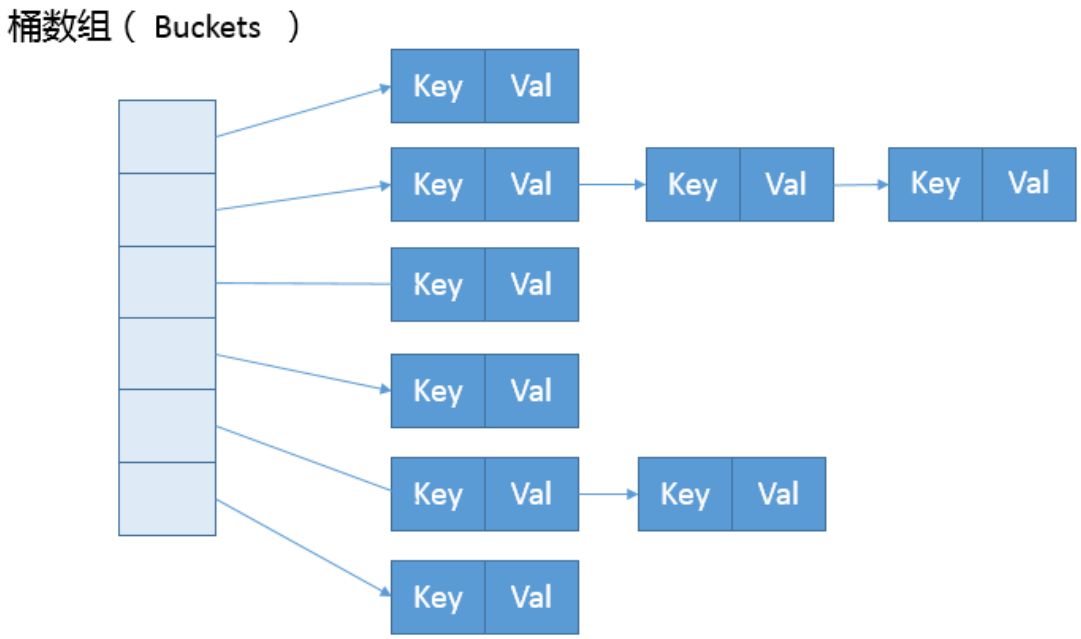
从代码里，你可以看出什么呢？ 当我不遵守约定时，两个不符合唯一性（equals）要求的对象被当作是同一个（因为，compareTo 返回 0），这会导致歧义的行为表现。

2. HashMap 源码分析

前面提到，HashMap 设计与实现是个非常高频的面试题，所以我会在这进行相对详细的源码解读，主要围绕：

- HashMap 内部实现基本点分析。
- 容量（capacity）和负载系数（load factor）。
- 树化 。

首先，我们来一起看看 HashMap 内部的结构，它可以看作是数组（Node<K,V>[] table）和链表结合组成的复合结构，数组被分为一个个桶（bucket），通过哈希值决定了键值对在这个数组的寻址；哈希值相同的键值对，则以链表形式存储，你可以参考下面的示意图。这里需要注意的是，如果链表大小超过阈值（TREEIFY_THRESHOLD, 8），图中的链表就会被改造为树形结构。



从非拷贝构造函数的实现来看，这个表格（数组）似乎并没有在最初就初始化好，仅仅设置了一些初始值而已。

```
public HashMap(int initialCapacity, float loadFactor){
    // ...
    this.loadFactor = loadFactor;
    this.threshold = tableSizeFor(initialCapacity);
}
```

所以，我们深刻怀疑，HashMap 也许是按照 lazy-load 原则，在首次使用时被初始化（拷贝构造函数除外，我这里仅介绍最通用的场景）。既然如此，我们去看看 put 方法实现，似乎只有一个 putVal 的调用：

```
public V put(K key, V value) {
    return putVal(hash(key), key, value, false, true);
}
```

看来主要的秘密似乎藏在 putVal 里面，到底有什么秘密呢？为了节省空间，我这里只截取了 putVal 比较关键的几部分。

```
final V putVal(int hash, K key, V value, boolean onlyIfAbent,
               boolean evit) {
    Node<K,V>[] tab; Node<K,V> p; int , i;
    if ((tab = table) == null || (n = tab.length) = 0)
        n = (tab = resize()).length;
    if ((p = tab[i = (n - 1) & hash]) == ull)
        tab[i] = newNode(hash, key, value, nll);
    else {
        // ...
        if (binCount >= TREEIFY_THRESHOLD - 1) // -1 for first
           treeifyBin(tab, hash);
        //  ...
     }
}
```

从 putVal 方法最初的几行，我们就可以发现几个有意思的地方：

- 如果表格是 null，resize 方法会负责初始化它，这从 tab = resize() 可以看出。
- resize 方法兼顾两个职责，创建初始存储表格，或者在容量不满足需求的时候，进行扩容（resize）。
- 在放置新的键值对的过程中，如果发生下面条件，就会发生扩容。

```
if (++size > threshold)
    resize();
```

- 具体键值对在哈希表中的位置（数组 index）取决于下面的位运算：

```
i = (n - 1) & hash
```

仔细观察哈希值的源头，我们会发现，它并不是 key 本身的 hashCode，而是来自于 HashMap 内部的另外一个 hash 方法。注意，为什么这里需要将高位数据移位到低位进行

异或运算呢？**这是因为有些数据计算出的哈希值差异主要在高位，而 HashMap 里的哈希寻址是忽略容量以上的高位的，那么这种处理就可以有效避免类似情况下的哈希碰撞。**

```
static final int hash(Object kye) {
    int h;
    return (key == null) ? 0 : (h = key.hashCode()) ^ (h >>>16;
}
```

- 前面提到的链表结构（这里叫 bin），会在达到一定门限值时，发生树化，我稍后会分析为什么 HashMap 需要对 bin 进行处理。

可以看到，putVal 方法本身逻辑非常集中，从初始化、扩容到树化，全部都和它有关，推荐你阅读源码的时候，可以参考上面的主要逻辑。

我进一步分析一下身兼多职的 resize 方法，很多朋友都反馈经常被面试官追问它的源码设计。

```
final Node<K,V>[] resize() {
    // ...
    else if ((newCap = oldCap << 1) < MAXIMUM_CAPACIY &&
                oldCap >= DEFAULT_INITIAL_CAPAITY)
        newThr = oldThr << 1; // double there
       // ...
    else if (oldThr > 0) // initial capacity was placed in threshold
        newCap = oldThr;
    else {
        // zero initial threshold signifies using defaultsfults
        newCap = DEFAULT_INITIAL_CAPAITY;
        newThr = (int)(DEFAULT_LOAD_ATOR* DEFAULT_INITIAL_CAPACITY;
    }
    if (newThr ==0) {
        float ft = (float)newCap * loadFator;
        newThr = (newCap < MAXIMUM_CAPACITY && ft < (float)MAXIMUM_CAPACITY ?(int)f
    }
    threshold = neThr;
    Node<K,V>[] newTab = (Node<K,V>[])new Node[newap];
    table = n;
    // 移动到新的数组结构e数组结构
   }
```

依据 resize 源码，不考虑极端情况（容量理论最大极限由 MAXIMUM_CAPACITY 指定，数值为 1<<30，也就是 2 的 30 次方），我们可以归纳为：

- 门限值等于（负载因子）x（容量），如果构建 HashMap 的时候没有指定它们，那么就是依据相应的默认常量值。
- 门限通常是以倍数进行调整 （newThr = oldThr << 1），我前面提到，根据 putVal 中的

逻辑，当元素个数超过门限大小时，则调整 Map 大小。

- 扩容后，需要将老的数组中的元素重新放置到新的数组，这是扩容的一个主要开销来源

3. 容量、负载因子和树化

前面我们快速梳理了一下 HashMap 从创建到放入键值对的相关逻辑，现在思考一下，为什么我们需要在乎容量和负载因子呢？

这是因为容量和负载系数决定了可用的桶的数量，空桶太多会浪费空间，如果使用的太满则会严重影响操作的性能。极端情况下，假设只有一个桶，那么它就退化成了链表，完全不能提供所谓常数时间存的性能。

既然容量和负载因子这么重要，我们在实践中应该如何选择呢？

如果能够知道 HashMap 要存取的键值对数量，可以考虑预先设置合适的容量大小。具体数值我们可以根据扩容发生的条件来做简单预估，根据前面的代码分析，我们知道它需要符合计算条件：

```
负载因子 * 容量 > 元素数量
```

所以，预先设置的容量需要满足，大于“预估元素数量 / 负载因子”，同时它是 2 的幂数，结论已经非常清晰了。

而对于负载因子，我建议：

- 如果没有特别需求，不要轻易进行更改，因为 JDK 自身的默认负载因子是非常符合通用场景的需求的。
- 如果确实需要调整，建议不要设置超过 0.75 的数值，因为会显著增加冲突，降低 HashMap 的性能。
- 如果使用太小的负载因子，按照上面的公式，预设容量值也进行调整，否则可能会导致更加频繁的扩容，增加无谓的开销，本身访问性能也会受影响。

我们前面提到了树化改造，对应逻辑主要在 putVal 和 treeifyBin 中。

```
final void treeifyBin(Node<K,V>[] tab, int hash) {
    int n, index; Node<K,V> e;
    if (tab == null || (n = tab.length) < MIN_TREEIFY_CAPACITY)
        resize();
    else if ((e = tab[index = (n - 1) & hash]) != null) {
        //树化改造逻辑
    }
}
```

上面是精简过的 treeifyBin 示意，综合这两个方法，树化改造的逻辑就非常清晰了，可以理解为，当 bin 的数量大于 TREEIFY_THRESHOLD 时：

- 如果容量小于 MIN_TREEIFY_CAPACITY，只会进行简单的扩容。
- 如果容量大于 MIN_TREEIFY_CAPACITY ，则会进行树化改造。

那么，为什么 HashMap 要树化呢？

本质上这是个安全问题。因为在元素放置过程中，如果一个对象哈希冲突，都被放置到同一个桶里，则会形成一个链表，我们知道链表查询是线性的，会严重影响存取的性能。

而在现实世界，构造哈希冲突的数据并不是非常复杂的事情，恶意代码就可以利用这些数据大量与服务器端交互，导致服务器端 CPU 大量占用，这就构成了哈希碰撞拒绝服务攻击，国内一线互联网公司就发生过类似攻击事件。

今天我从 Map 相关的几种实现对比，对各种 Map 进行了分析，讲解了有序集合类型容易混淆的地方，并从源码级别分析了 HashMap 的基本结构，希望对你有所帮助。

一课一练

关于今天我们讨论的题目你做到心中有数了吗？留一道思考题给你，解决哈希冲突有哪些典型方法呢？

请你在留言区写写你对这个问题的思考，我会选出经过认真思考的留言，送给你一份学习鼓励金，欢迎你与我一起讨论。

你的朋友是不是也在准备面试呢？你可以“请朋友读”，把今天的题目分享给好友，或许你能帮到他。

上一页 下一页