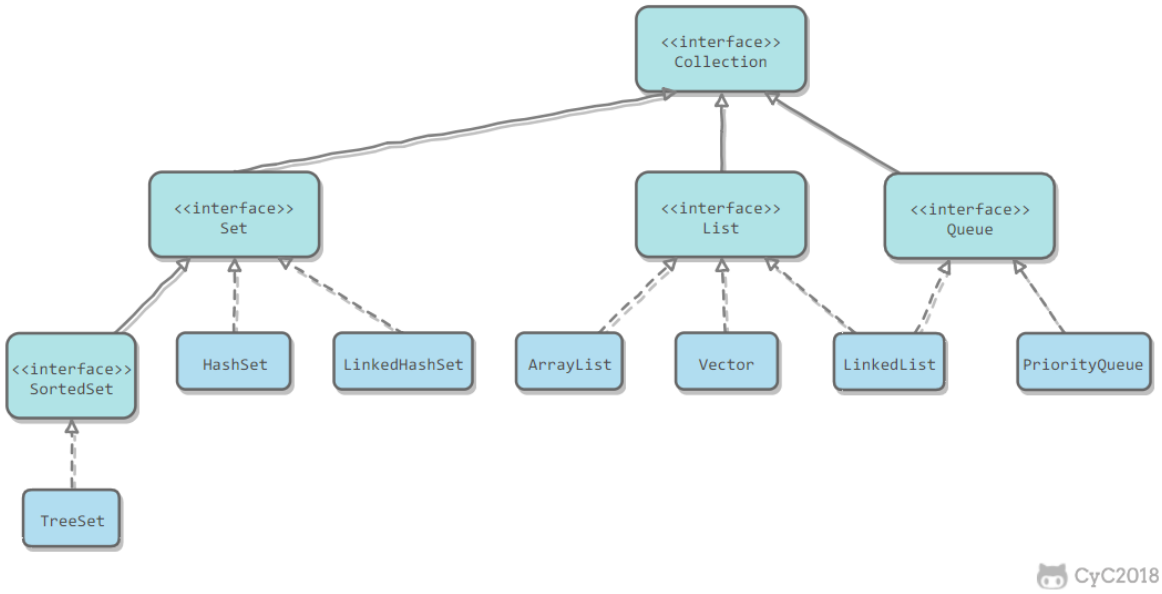
Java容器

概览

容器主要包括 Collection 和 Map 两种，Collection 存储着对象的集合，而 Map 存储着键值对（两个对象）的映射表。

Collection



Set

- TreeSet：基于红黑树实现，支持有序性操作，例如根据一个范围查找元素的操作。但是查找效率不如 HashSet，HashSet 查找的时间复杂度为 O(1)，TreeSet 则为 O(logN)。
- HashSet：基于哈希表实现，支持快速查找，但不支持有序性操作。并且失去了元素的插入顺序信息，也就是说使用 Iterator 遍历 HashSet 得到的结果是不确定的。
- LinkedHashSet：具有 HashSet 的查找效率，且内部使用双向链表维护元素的插入顺序。

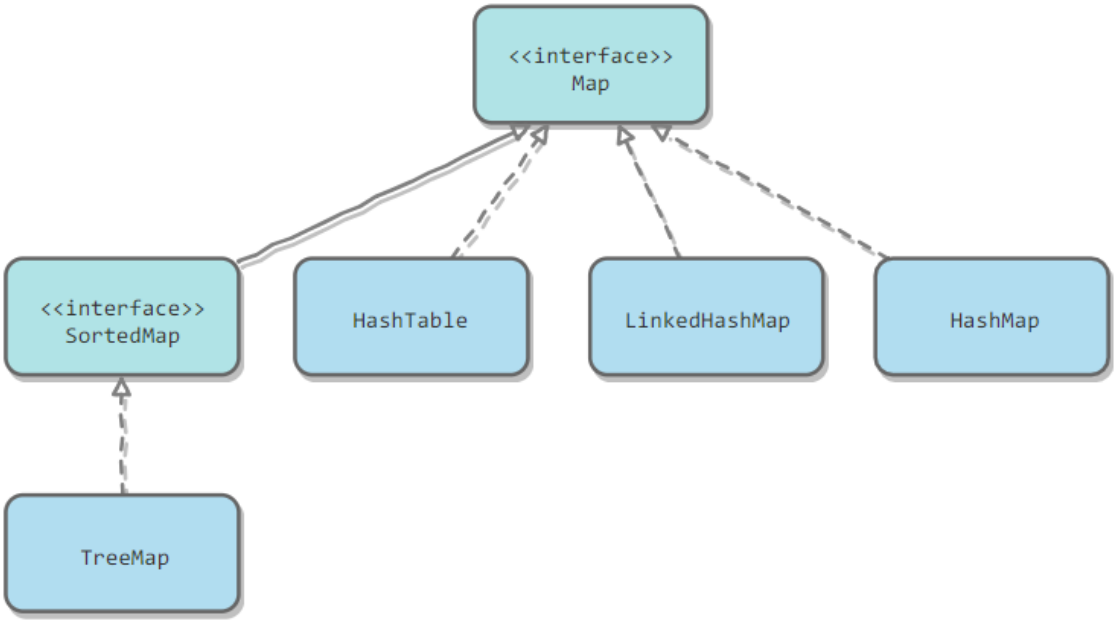
List

- ArrayList：基于动态数组实现，支持随机访问。
- Vector：和 ArrayList 类似，但它是线程安全的。
- LinkedList：基于双向链表实现，只能顺序访问，但是可以快速地在链表中间插入和删除元素。不仅如此，LinkedList 还可以用作栈、队列和双向队列。

Queue

- LinkedList：可以用它来实现双向队列。
- PriorityQueue：基于堆结构实现，可以用它来实现优先队列。

Map



CyC2018

- TreeMap：基于红黑树实现。
- HashMap：基于哈希表实现。
- HashTable：和 HashMap 类似，但它是线程安全的，这意味着同一时刻多个线程可以同时写入 HashTable 并且不会导致数据不一致。它是遗留类，不应该去使用它。现在可以使用 ConcurrentHashMap 来支持线程安全，并且 ConcurrentHashMap 的效率会更高，因为 ConcurrentHashMap 引入了分段锁。
- LinkedHashMap：使用双向链表来维护元素的顺序，顺序为插入顺序或者最近最少使用（LRU）顺序。

比较器Comparable和Comparator的区别

- Comparable接口实际上是出自java.lang包 它有一个 `compareTo(Object obj)` 方法用来排序
- Comparator接口实际上是出自 java.util包它有一个 `compare(Object obj1, Object obj2)` 方法用来排序

一般我们需要对一个集合使用自定义排序时，我们就要重写 `compareTo()` 方法或 `compare()` 方法，当我们需要对某一个集合实现两种排序方式，比如一个song对象中的歌名和歌手名分别采用一种排序方法的话，我们可以重写 `compareTo()` 方法和使用自制的Comparator方法或者以两个Comparator来实现歌名排序和歌星名排序，第二种代表我们只能使用两个参数版的 `Collections.sort()`.

Comparator定制排序

```
        ArrayList<Integer> arrayList = new ArrayList<Integer>();
        arrayList.add(-1);
        arrayList.add(3);
        arrayList.add(3);
        arrayList.add(-5);
        arrayList.add(7);
        arrayList.add(4);
        arrayList.add(-9);
        arrayList.add(-7);
        System.out.println("原始数组:");
        System.out.println(arrayList);
        // void reverse(List list)：反转
```

```
        Collections.reverse(arrayList);
        System.out.println("Collections.reverse(arrayList):");
        System.out.println(arrayList);

        // void sort(List list),按自然排序的升序排序
        Collections.sort(arrayList);
        System.out.println("Collections.sort(arrayList):");
        System.out.println(arrayList);
        // 定制排序的用法
        Collections.sort(arrayList, new Comparator<Integer>() {

            @Override
            public int compare(Integer o1, Integer o2) {
                return o2.compareTo(o1);
            }
        });
        System.out.println("定制排序后：");
        System.out.println(arrayList);
```

Output:

```
原始数组:
[-1, 3, 3, -5, 7, 4, -9, -7]
Collections.reverse(arrayList):
[-7, -9, 4, 7, -5, 3, 3, -1]
Collections.sort(arrayList):
[-9, -7, -5, -1, 3, 3, 4, 7]
定制排序后：
[7, 4, 3, 3, -1, -5, -7, -9]
```

重写compareTo方法实现按年龄来排序

```
// person对象没有实现Comparable接口，所以必须实现，这样才不会出错，才可以使treemap中的数据按顺序排列
// 前面一个例子的String类已经默认实现了Comparable接口，详细可以查看String类的API文档，另外其他
// 像Integer类等都已经实现了Comparable接口，所以不需要另外实现了

public  class Person implements Comparable<Person> {
    private String name;
    private int age;

    public Person(String name, int age) {
        super();
        this.name = name;
        this.age = age;
    }

    public String getName() {
        return name;
    }

    public void setName(String name) {
        this.name = name;
    }
```

```
    public int getAge() {
        return age;
    }

    public void setAge(int age) {
        this.age = age;
    }

    /**
     * TODO重写compareTo方法实现按年龄来排序
     */
    @Override
    public int compareTo(Person o) {
        // TODO Auto-generated method stub
        if (this.age > o.getAge()) {
            return 1;
        } else if (this.age < o.getAge()) {
            return -1;
        }
        return age;
    }
}
    public static void main(String[] args) {
        TreeMap<Person, String> pdata = new TreeMap<Person, String>();
        pdata.put(new Person("张三", 30), "zhangsan");
        pdata.put(new Person("李四", 20), "lisi");
        pdata.put(new Person("王五", 10), "wangwu");
        pdata.put(new Person("小红", 5), "xiaohong");
        // 得到key的值的同时得到key所对应的值
        Set<Person> keys = pdata.keySet();
        for (Person key : keys) {
            System.out.println(key.getAge() + "-" + key.getName());

        }
    }
```

Output：

```
5-小红
10-王五
20-李四
30-张三
```

3.快速失败和安全失败

我们都接触 HashMap、ArrayList 这些集合类，这些在 java.util 包的集合类就都是快速失败的；而 java.util.concurrent 包下的类都是安全失败，比如：ConcurrentHashMap。

快速失败（fail-fast）

在使用迭代器对集合对象进行遍历的时候，如果 A 线程正在对集合进行遍历，此时 B 线程对集合进行修改（**增加、删除、修改**），或者 A 线程在遍历过程中对集合进行修改，都会导致 A 线程抛出 ConcurrentModificationException 异常。

具体效果我们看下代码：

```
HashMap hashMap = new HashMap();
hashMap.put("不只Java-1", 1);
hashMap.put("不只Java-2", 2);
hashMap.put("不只Java-3", 3);
Set set = hashMap.entrySet();
Iterator iterator = set.iterator();
while (iterator.hasNext()) {
    System.out.println(iterator.next());
    hashMap.put("下次循环会抛异常", 4);
    System.out.println("此时 hashMap 长度为" + hashMap.size());
}
```

执行后的效果如下图：

```
E:\JDK\bin\java "-javaagent:D:\Program Files\JetBrains\IntelliJ IDEA
不只Java-1=1
此时 hashMap 长度为4
Exception in thread "main" java.util.ConcurrentModificationException
    at java.util.HashMap$HashIterator.nextNode(HashMap.java:1429)
    at java.util.HashMap$EntryIterator.next(HashMap.java:1463)
    at java.util.HashMap$EntryIterator.next(HashMap.java:1461)
    at com.czd.hash.main(hash.java:38)
```

为什么在用迭代器遍历时，修改集合就会抛异常时?

原因是迭代器在遍历时直接访问集合中的内容，并且在遍历过程中使用一个 modCount 变量。集合在被遍历期间如果内容发生变化，就会改变 modCount 的值。

每当迭代器使用 hashNext()/next() 遍历下一个元素之前，都会检测 modCount 变量是否为 expectedModCount 值，是的话就返回遍历；否则抛出异常，终止遍历。

安全失败（fail-safe）

明白了什么是快速失败之后，安全失败也是非常好理解的。

采用安全失败机制的集合容器，在遍历时不是直接在集合内容上访问的，而是先复制原有集合内容，在拷贝的集合上进行遍历。

由于迭代时是对原集合的拷贝进行遍历，所以在遍历过程中对原集合所作的修改并不能被迭代器检测到，故不会抛 ConcurrentModificationException 异常

我们上代码看下是不是这样

```
ConcurrentHashMap concurrentHashMap = new ConcurrentHashMap();
concurrentHashMap.put("不只Java-1", 1);
concurrentHashMap.put("不只Java-2", 2);
concurrentHashMap.put("不只Java-3", 3);
Set set = concurrentHashMap.entrySet();
Iterator iterator = set.iterator();
while (iterator.hasNext()) {
    System.out.println(iterator.next());
    concurrentHashMap.put("下次循环正常执行", 4);
}
System.out.println("程序结束");
```

运行效果如下，的确不会抛异常，程序正常执行。

```
Connected to the target VM, add
Disconnected from the target VM
不只Java-1=1
不只Java-2=2
不只Java-3=3
程序结束
```

最后说明一下，**快速失败和安全失败是对迭代器而言的。**并发环境下建议使用 java.util.concurrent 包下的容器类，除非没有修改操作。

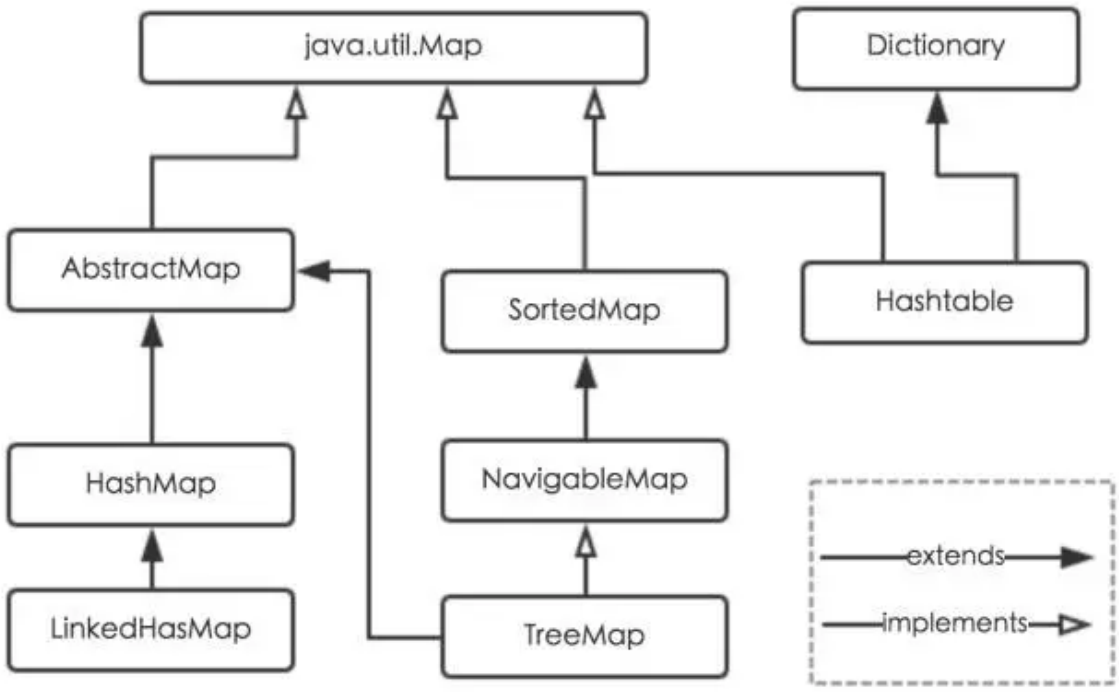
4.HashMap

摘要

HashMap是Java程序员使用频率最高的用于映射(键值对)处理的数据类型。随着JDK（Java Developmet Kit）版本的更新，JDK1.8对HashMap底层的实现进行了优化，例如引入红黑树的数据结构和扩容的优化等。本文结合JDK1.7和JDK1.8的区别，深入探讨HashMap的结构实现和功能原理。

简介

Java为数据结构中的映射定义了一个接口java.util.Map，此接口主要有四个常用的实现类，分别是HashMap、Hashtable、LinkedHashMap和TreeMap，类继承关系如下图所示：



下面针对各个实现类的特点做一些说明：

(1) HashMap：它根据键的hashCode值存储数据，大多数情况下可以直接定位到它的值，因而具有很快的访问速度，但遍历顺序却是不确定的。 HashMap最多只允许一条记录的键为null，允许多条记录的值为null。HashMap非线程安全，即任一时刻可以有多个线程同时写HashMap，可能会导致数据的不一致。如果需要满足线程安全，可以用 Collections的synchronizedMap方法使HashMap具有线程安全的能力，或者使用ConcurrentHashMap。

(2) Hashtable：Hashtable是遗留类，很多映射的常用功能与HashMap类似，不同的是它承自Dictionary类，并且是线程安全的，任一时间只有一个线程能写Hashtable，并发性不如ConcurrentHashMap，因为ConcurrentHashMap引入了分段锁。Hashtable不建议在新代码中使用，不需要线程安全的场合可以用HashMap替换，需要线程安全的场合可以用ConcurrentHashMap替换。

(3) LinkedHashMap：LinkedHashMap是HashMap的一个子类，保存了记录的插入顺序，在用Iterator遍历LinkedHashMap时，先得到的记录肯定是先插入的，也可以在构造时带参数，按照访问次序排序。

(4) TreeMap：TreeMap实现SortedMap接口，能够把它保存的记录根据键排序，默认是按键值的升序排序，也可以指定排序的比较器，当用Iterator遍历TreeMap时，得到的记录是排过序的。如果使用排序的映射，建议使用TreeMap。在使用TreeMap时，key必须实现Comparable接口或者在构造TreeMap传入自定义的Comparator，否则会在运行时抛出java.lang.ClassCastException类型的异常。

对于上述四种Map类型的类，要求映射中的key是不可变对象。不可变对象是该对象在创建后它的哈希值不会被改变。如果对象的哈希值发生变化，Map对象很可能就定位不到映射的位置了。

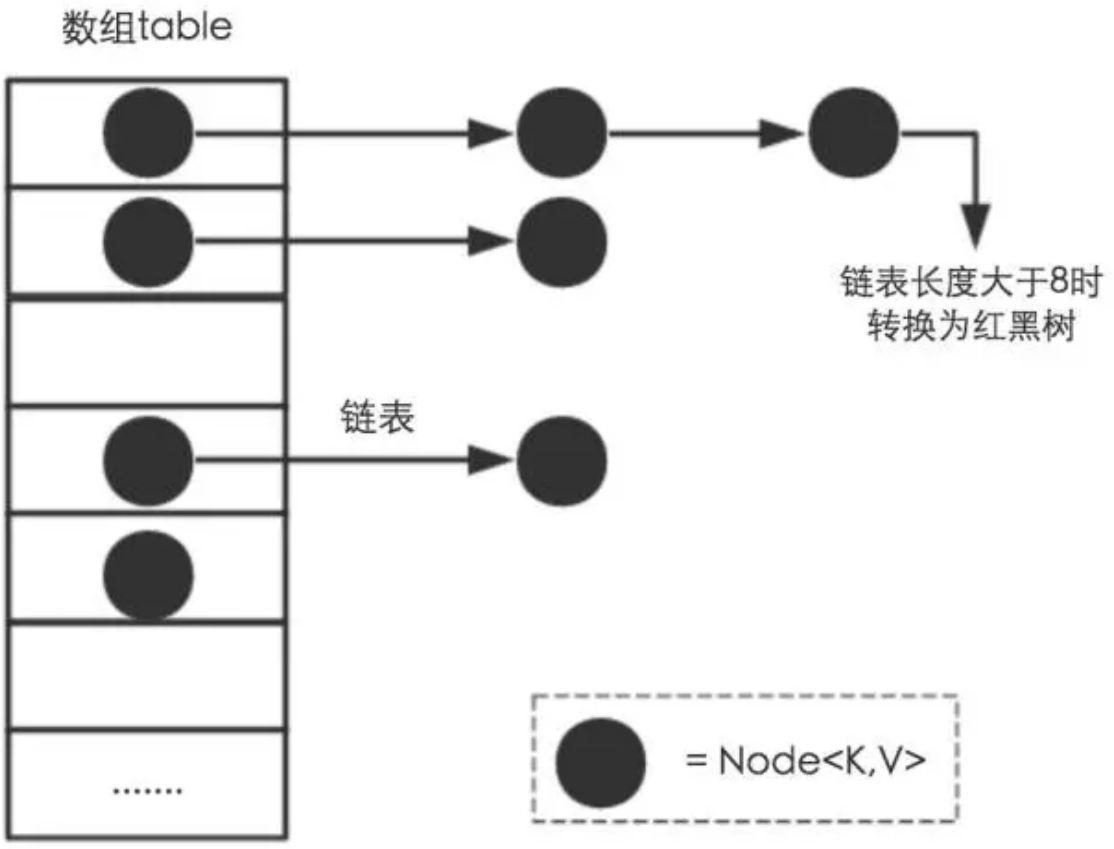
通过上面的比较，我们知道了HashMap是Java的Map家族中一个普通成员，鉴于它可以满足大多数场景的使用条件，所以是使用频度最高的一个。下文我们主要结合源码，从存储结构、常用方法分析、扩容以及安全性等方面深入讲解HashMap的工作原理。

内部实现

搞清楚HashMap，首先需要知道HashMap是什么，即它的存储结构-字段；其次弄明白它能干什么，即它的功能实现-方法。下面我们针对这两个方面详细展开讲解。

存储结构-字段

从结构实现来讲，HashMap是数组+链表+红黑树（JDK1.8增加了红黑树部分）实现的，如下如所示。



这里需要讲明白两个问题：数据底层具体存储的是什么？这样的存储方式有什么优点呢？

(1) 从源码可知，HashMap类中有一个非常重要的字段，就是 Node[] table，即哈希桶数组，明显它是一个Node的数组。我们来看Node[JDK1.8]是何物。

```
static class Node<K,V> implements Map.Entry<K,V> {
        final int hash;    //用来定位数组索引位置
        final K key;
        V value;
```

```
        Node<K,V> next;    //链表的下一个node

        Node(int hash, K key, V value, Node<K,V> next) { ... }
        public final K getKey(){ ... }
        public final V getValue() { ... }
        public final String toString() { ... }
        public final int hashCode() { ... }
        public final V setValue(V newValue) { ... }
        public final boolean equals(Object o) { ... }
}
```

Node是HashMap的一个内部类，实现了Map.Entry接口，本质是就是一个映射(键值对)。上图中的每个黑色圆点就是一个Node对象。

(2) HashMap就是使用哈希表来存储的。哈希表为解决冲突，可以采用开放地址法和链地址法等来解决问题，Java中HashMap采用了链地址法。链地址法，简单来说，就是数组加链表的结合。在每个数组元素上都一个链表结构，当数据被Hash后，得到数组下标，把数据放在对应下标元素的链表上。例如程序执行下面代码：

```
map.put("美团","小美");
```

系统将调用"美团"这个key的hashCode()方法得到其hashCode 值（该方法适用于每个Java对象），然后再通过Hash算法的后两步运算（高位运算和取模运算，下文有介绍）来定位该键值对的存储位置，有时两个key会定位到相同的位置，表示发生了Hash碰撞。当然Hash算法计算结果越分散均匀，Hash碰撞的概率就越小，map的存取效率就会越高。

如果哈希桶数组很大，即使较差的Hash算法也会比较分散，如果哈希桶数组数组很小，即使好的Hash算法也会出现较多碰撞，所以就需要在空间成本和时间成本之间权衡，其实就是在根据实际情况确定哈希桶数组的大小，并在此基础上设计好的hash算法减少Hash碰撞。那么通过什么方式来控制map使得Hash碰撞的概率又小，哈希桶数组（Node[] table）占用空间又少呢？答案就是好的Hash算法和扩容机制。

在理解Hash和扩容流程之前，我们得先了解下HashMap的几个字段。从HashMap的默认构造函数源码可知，构造函数就是对下面几个字段进行初始化，源码如下：

```
int threshold;             // 所能容纳的key-value对极限
final float loadFactor;    // 负载因子
int modCount;
int size;
```

首先，Node[] table的初始化长度length(默认值是16)，Load factor为负载因子(默认值是0.75)，threshold是HashMap所能容纳的最大数据量的Node(键值对)个数。threshold = length * Load factor。也就是说，在数组定义好长度之后，负载因子越大，所能容纳的键值对个数越多。

结合负载因子的定义公式可知，threshold就是在此Load factor和length(数组长度)对应下允许的最大元素数目，超过这个数目就重新resize(扩容)，扩容后的HashMap容量是之前容量的两倍。默认的负载因子0.75是对空间和时间效率的一个平衡选择，建议大家不要修改，除非在时间和空间比较特殊的情况下，如果内存空间很多而又对时间效率要求很高，可以降低负载因子Load factor的值；相反，如果内存空间紧张而对时间效率要求不高，可以增加负载因子loadFactor的值，这个值可以大于1。

size这个字段其实很好理解，就是HashMap中实际存在的键值对数量。注意和table的长度length、容纳最大键值对数量threshold的区别。而modCount字段主要用来记录HashMap内部结构发生变化的次数，主要用于迭代的快速失败。强调一点，内部结构发生变化指的是结构发生变化，例如put新键值对，但是某个key对应的value值被覆盖不属于结构变化。

在HashMap中，哈希桶数组table的长度length大小必须为2的n次方(一定是合数)，这是一种非常规的设计，常规的设计是把桶的大小设计为素数。相对来说素数导致冲突的概率要小于合数，具体证明可以参考http://blog.csdn.net/liuqiyao_01/article/details/14475159，Hashtable初始化桶大小为11，就是桶大小设计为素数的应用（Hashtable扩容后不能保证还是素数）。HashMap采用这种非常规设计，主要是为了在取模和扩容时做优化，同时为了减少冲突，HashMap定位哈希桶索引位置时，也加入了高位参与运算的过程。

这里存在一个问题，即使负载因子和Hash算法设计的再合理，也免不了会出现拉链过长的情况，一旦出现拉链过长，则会严重影响HashMap的性能。于是，在JDK1.8版本中，对数据结构做了进一步的优化，引入了红黑树。而当链表长度太长（默认超过8）时，链表就转换为红黑树，利用红黑树快速增删改查的特点提高HashMap的性能，其中会用到红黑树的插入、删除、查找等算法。本文不再对红黑树展开讨论，想了解更多红黑树数据结构的工作原理可以参考http://blog.csdn.net/v_july_v/article/details/6105630。

功能实现-方法

HashMap的内部功能实现很多，本文主要从根据key获取哈希桶数组索引位置、put方法的详细执行、扩容过程三个具有代表性的点深入展开讲解。

1、确定哈希桶数组索引位置

不管增加、删除、查找键值对，定位到哈希桶数组的位置都是很关键的第一步。前面说过HashMap的数据结构是数组和链表的结合，所以我们当然希望这个HashMap里面的元素位置尽量分布均匀些，尽量使得每个位置上的元素数量只有一个，那么当我们用hash算法求得这个位置的时候，马上就可以知道对应位置的元素就是我们要的，不用遍历链表，大大优化了查询的效率。HashMap定位数组索引位置，直接决定了hash方法的离散性能。先看看源码的实现(方法一+方法二):

```
方法一：
static final int hash(Object key) {   //jdk1.8 & jdk1.7
     int h;
     // h = key.hashCode() 为第一步  取hashCode值
     // h ^ (h >>> 16)  为第二步  高位参与运算
     return (key == null) ? 0 : (h = key.hashCode()) ^ (h >>> 16);
}
方法二：
static int indexFor(int h, int length) {  //jdk1.7的源码，jdk1.8没有这个方法，但是实现原理一样的
     return h & (length-1);  //第三步  取模运算
}
```

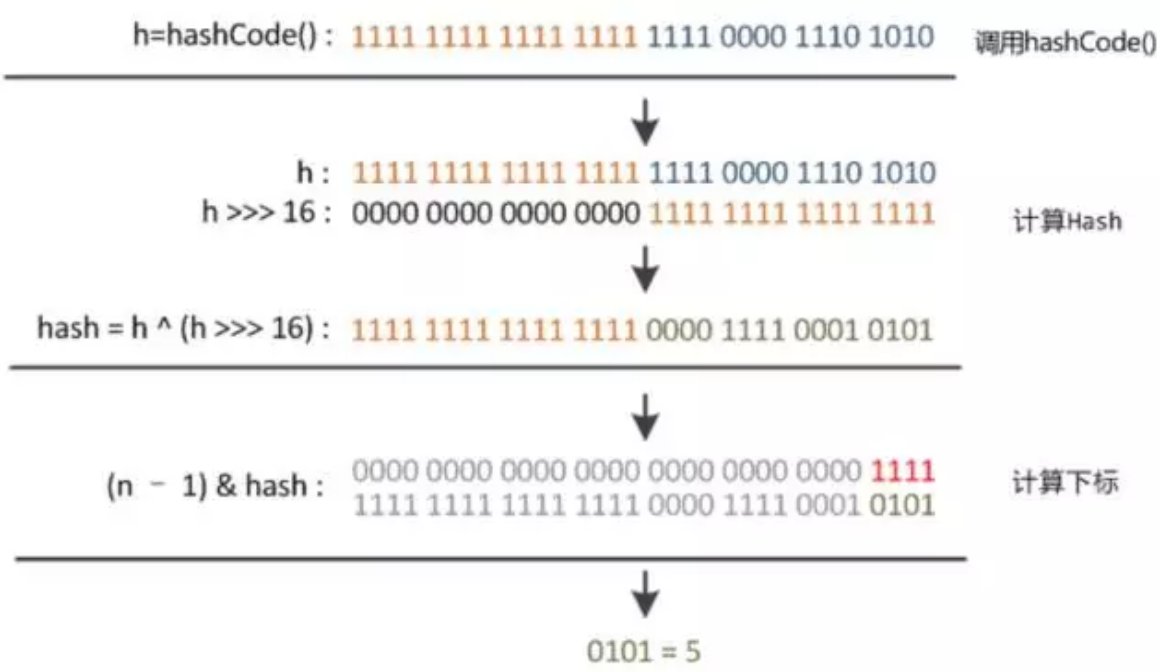
这里的Hash算法本质上就是三步：取key的hashCode值、高位运算、取模运算。

对于任意给定的对象，只要它的hashCode()返回值相同，那么程序调用方法一所计算得到的Hash码值总是相同的。我们首先想到的就是把hash值对数组长度取模运算，这样一来，元素的分布相对来说是比较均匀的。但是，模运算的消耗还是比较大的，在HashMap中是这样做的：调用方法二来计算该对象应该保存在table数组的哪个索引处。

这个方法非常巧妙，它通过h & (table.length -1)来得到该对象的保存位，而HashMap底层数组的长度总是2的n次方，这是HashMap在速度上的优化。当length总是2的n次方时，h& (length-1)运算等价于对length取模，也就是h%length，但是&比%具有更高的效率。

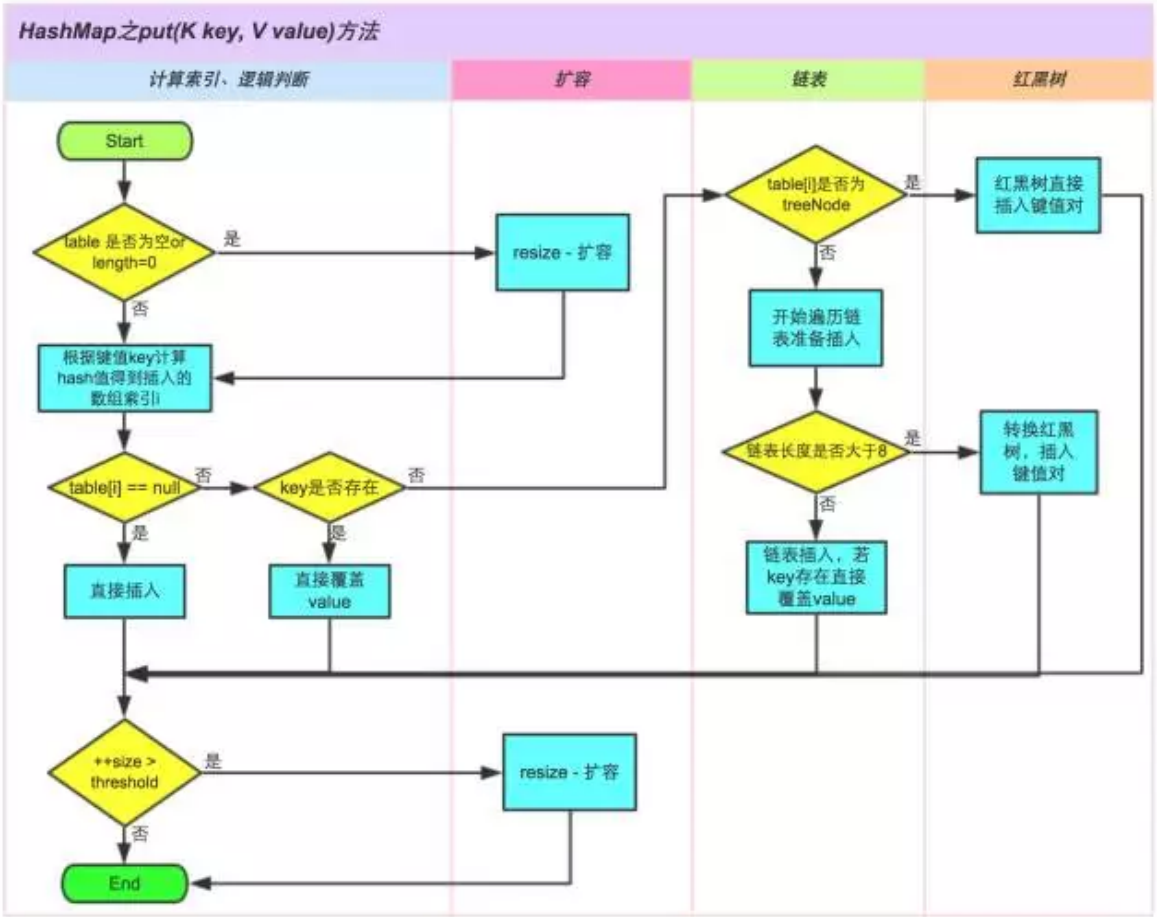
在JDK1.8的实现中，优化了高位运算的算法，通过hashCode()的高16位异或低16位实现的：(h = k.hashCode()) ^ (h >>> 16)，主要是从速度、功效、质量来考虑的，这么做可以在数组table的length比较小的时候，也能保证考虑到高低Bit都参与到Hash的计算中，同时不会有太大的开销。

下面举例说明下，n为table的长度。



2、分析HashMap的put方法

HashMap的put方法执行过程可以通过下图来理解，自己有兴趣可以去对比源码更清楚地研究学习。



①.判断键值对数组table[i]是否为空或为null，否则执行resize()进行扩容；

②.根据键值key计算hash值得到插入的数组索引i，如果table[i]==null，直接新建节点添加，转向⑥，如果table[i]不为空，转向③；

③.判断table[i]的首个元素是否和key一样，如果相同直接覆盖value，否则转向

④，这里的相同指的是hashCode以及equals；

④.判断table[i] 是否为treeNode，即table[i] 是否是红黑树，如果是红黑树，则直接在树中插入键值对，否则转向⑤；

⑤.遍历table[i]，判断链表长度是否大于8，大于8的话把链表转换为红黑树，在红黑树中执行插入操作，否则进行链表的插入操作；遍历过程中若发现key已经存在直接覆盖value即可；

⑥.插入成功后，判断实际存在的键值对数量size是否超多了最大容量

threshold，如果超过，进行扩容。

JDK1.8HashMap的put方法源码如下:

```
public V put(K key, V value) {
     // 对key的hashCode()做hash
     return putVal(hash(key), key, value, false, true);
 }

 final V putVal(int hash, K key, V value, boolean onlyIfAbsent,
                boolean evict) {
     Node<K,V>[] tab; Node<K,V> p; int n, i;
     // 步骤①：tab为空则创建
     if ((tab = table) == null || (n = tab.length) == 0)
         n = (tab = resize()).length;
     // 步骤②：计算index，并对null做处理
     if ((p = tab[i = (n - 1) & hash]) == null)
         tab[i] = newNode(hash, key, value, null);
     else {
         Node<K,V> e; K k;
         // 步骤③：节点key存在，直接覆盖value
         if (p.hash == hash &&
             ((k = p.key) == key || (key != null && key.equals(k))))
             e = p;
         // 步骤④：判断该链为红黑树
         else if (p instanceof TreeNode)
             e = ((TreeNode<K,V>)p).putTreeVal(this, tab, hash, key, value);
         // 步骤⑤：该链为链表
         else {
             for (int binCount = 0; ; ++binCount) {
                 if ((e = p.next) == null) {
                     p.next = newNode(hash, key,value,null);
                        //链表长度大于8转换为红黑树进行处理
                     if (binCount >= TREEIFY_THRESHOLD - 1) // -1 for 1st
                         treeifyBin(tab, hash);
                     break;
                 }
                 // key已经存在直接覆盖value
                 if (e.hash == hash &&
                     ((k = e.key) == key || (key != null && key.equals(k))))
                            break;
                 p = e;
             }
         }

         if (e != null) { // existing mapping for key
             V oldValue = e.value;
             if (!onlyIfAbsent || oldValue == null)
                 e.value = value;
             afterNodeAccess(e);
```

```
                return oldValue;
            }
        }

        ++modCount;
        // 步骤⑥：超过最大容量 就扩容
        if (++size > threshold)
            resize();
        afterNodeInsertion(evict);
        return null;
    }
```

3、扩容机制

扩容(resize)就是重新计算容量，向HashMap对象里不停的添加元素，而HashMap对象内部的数组无法装载更多的元素时，对象就需要扩大数组的长度，以便能装入更多的元素。当然Java里的数组是无法自动扩容的，方法是使用一个新的数组代替已有的容量小的数组，就像我们用一个小桶装水，如果想装更多的水，就得换大水桶。

我们分析下resize的源码，鉴于JDK1.8融入了红黑树，较复杂，为了便于理解我们仍然使用JDK1.7的代码，好理解一些，本质上区别不大，具体区别后文再说。

```
void resize(int newCapacity) {   //传入新的容量
    Entry[] oldTable = table;    //引用扩容前的Entry数组
    int oldCapacity = oldTable.length;
    if (oldCapacity == MAXIMUM_CAPACITY) {  //扩容前的数组大小如果已经达到最大(2^30)了
        threshold = Integer.MAX_VALUE; //修改阈值为int的最大值(2^31-1)，这样以后就不会扩容了
        return;
    }

    Entry[] newTable = new Entry[newCapacity];  //初始化一个新的Entry数组
    transfer(newTable);                         //!！将数据转移到新的Entry数组里
    table = newTable;                           //HashMap的table属性引用新的Entry数组
    threshold = (int)(newCapacity * loadFactor);//修改阈值
}
```

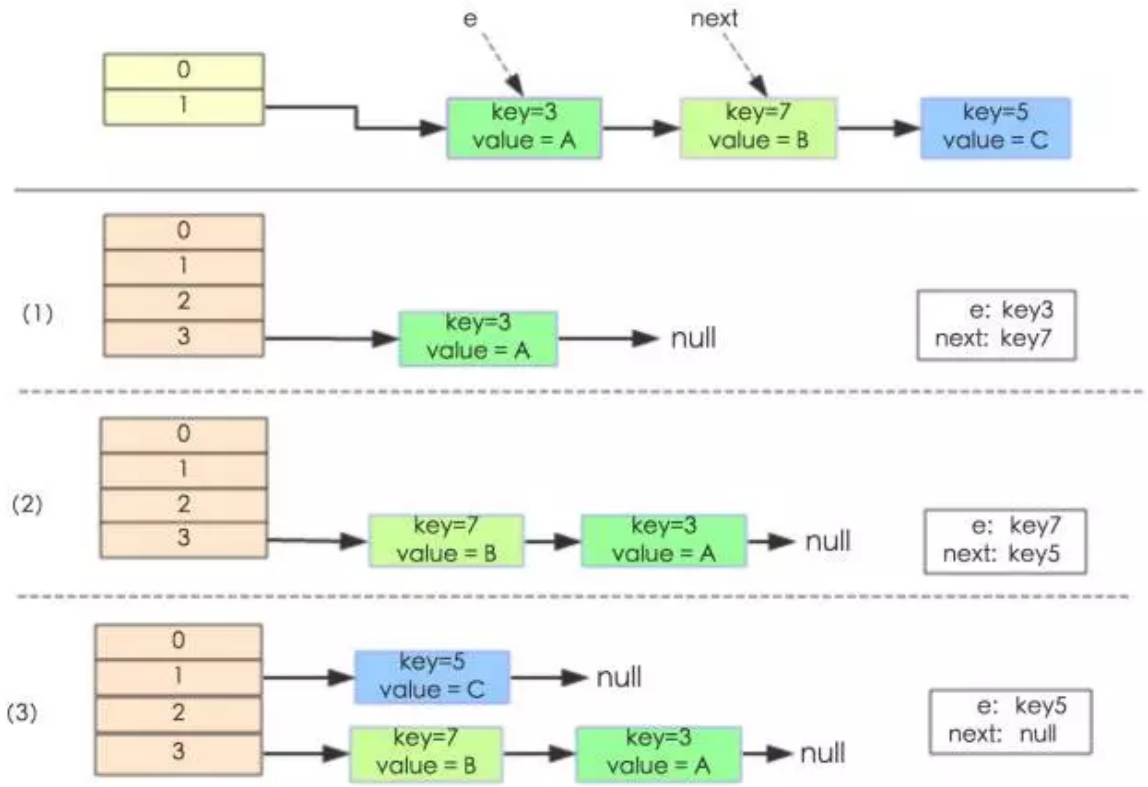
这里就是使用一个容量更大的数组来代替已有的容量小的数组，transfer()方法将原有Entry数组的元素拷贝到新的Entry数组里。

```
void transfer(Entry[] newTable) {
    Entry[] src = table;                    //src引用了旧的Entry数组
    int newCapacity = newTable.length;
    for (int j = 0; j < src.length; j++) { //遍历旧的Entry数组
        Entry<K,V> e = src[j];              //取得旧Entry数组的每个元素
        if (e != null) {
            src[j] = null;//释放旧Entry数组的对象引用（for循环后，旧的Entry数组不再引用任何对象）
            do {
                Entry<K,V> next = e.next;
                int i = indexFor(e.hash, newCapacity); //!！重新计算每个元素在数组中的位置
                e.next = newTable[i]; //标记[1]
                newTable[i] = e;      //将元素放在数组上
```

```
                e = next;               //访问下一个Entry链上的元素
            } while (e != null);
        }
    }
}
```

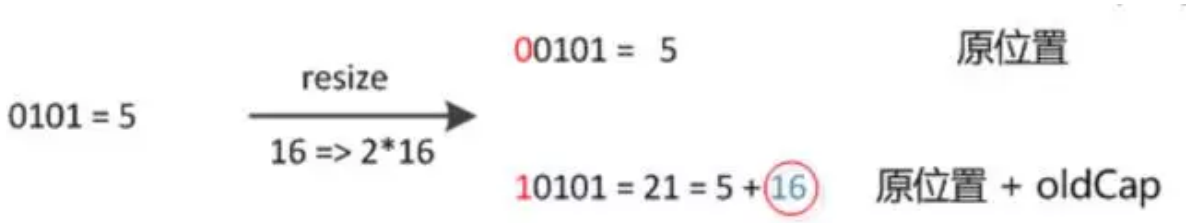
newTable[i]的引用赋给了e.next，也就是使用了单链表的头插入方式，同一位置上新元素总会被放在链表的头部位置；这样先放在一个索引上的元素终会被放到Entry链的尾部(如果发生了hash冲突的话），这一点和Jdk1.8有区别，下文详解。在旧数组中同一条Entry链上的元素，通过重新计算索引位置后，有可能被放到了新数组的不同位置上。

下面举个例子说明下扩容过程。假设了我们的hash算法就是简单的用key mod 一下表的大小（也就是数组的长度）。其中的哈希桶数组table的size=2， 所以key = 3、7、5，put顺序依次为 5、7、3。在mod 2以后都冲突在table[1]这里了。这里假设负载因子 loadFactor=1，即当键值对的实际大小size 大于 table的实际大小时进行扩容。接下来的三个步骤是哈希桶数组 resize成4，然后所有的Node重新rehash的过程。

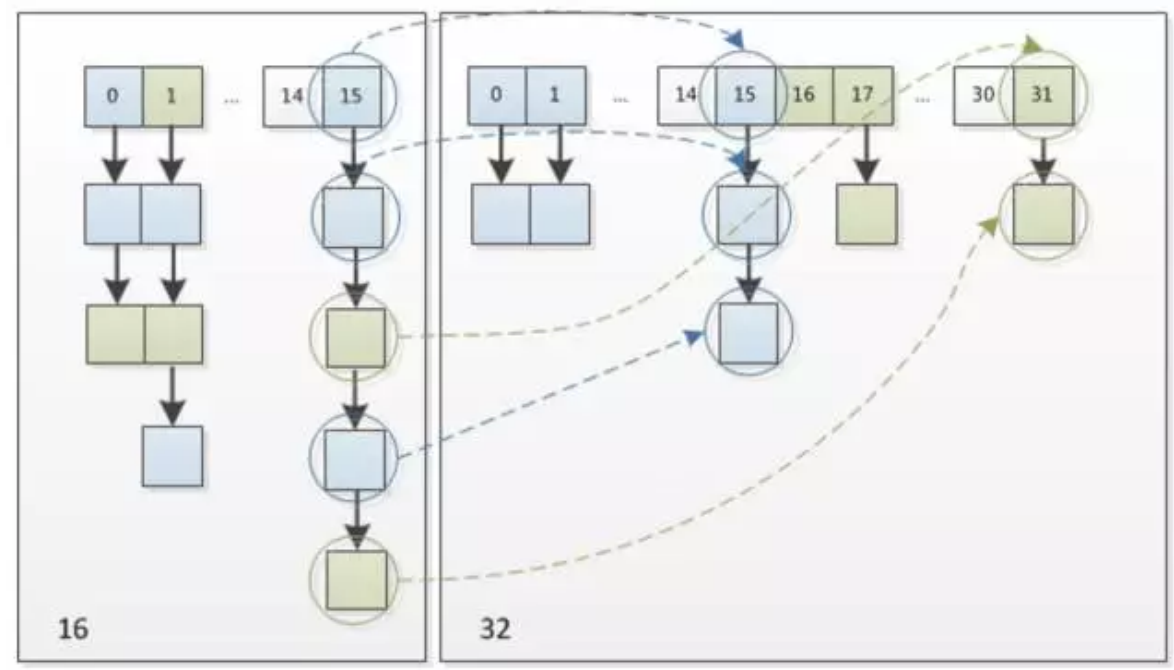


下面我们讲解下JDK1.8做了哪些优化。经过观测可以发现，我们使用的是2次幂的扩展(指长度扩为原来2倍)，所以，元素的位置要么是在原位置，要么是在原位置再移动2次幂的位置。看下图可以明白这句话的意思，n为table的长度，图（a）表示扩容前的key1和key2两种key确定索引位置的示例，图（b）表示扩容后key1和key2两种key确定索引位置的示例，其中hash1是key1对应的哈希与高位运算结果。

元素在重新计算hash之后，因为n变为2倍，那么n-1的mask范围在高位多1bit(红色)，因此新的index就会发生这样的变化：



因此，我们在扩充HashMap的时候，不需要像JDK1.7的实现那样重新计算hash，只需要看看原来的hash值新增的那个bit是1还是0就好了，是0的话索引没变，是1的话索引变成“原索引+oldCap”，可以看看下图为16扩充为32的resize示意图：



这个设计确实非常的巧妙，既省去了重新计算hash值的时间，而且同时，由于新增的1bit是0还是1可以认为是随机的，因此resize的过程，均匀的把之前的冲突的节点分散到新的bucket了。这一块就是JDK1.8新增的优化点。有一点注意区别，JDK1.7中rehash的时候，旧链表迁移新链表的时候，如果在新表的数组索引位置相同，则链表元素会倒置，但是从上图可以看出，JDK1.8不会倒置。有兴趣的同学可以研究下JDK1.8的resize源码，写的很赞。

线程安全性

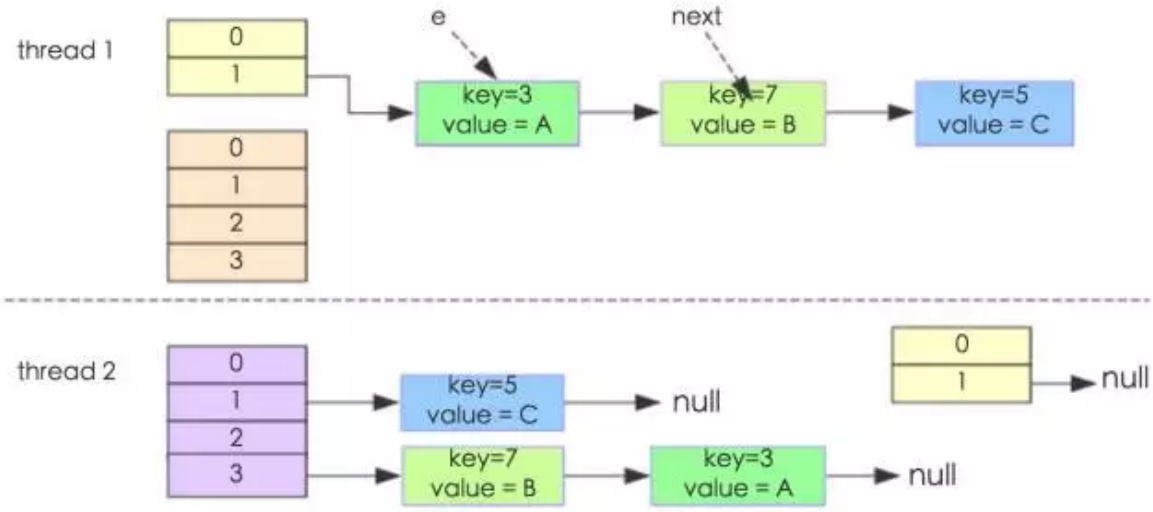
在多线程使用场景中，应该尽量避免使用线程不安全的HashMap，而使用线程安全的ConcurrentHashMap。那么为什么说HashMap是线程不安全的，下面举例子说明在并发的多线程使用场景中使用HashMap可能造成死循环。代码例子如下(便于理解，仍然使用JDK1.7的环境)：

```
public class HashMapInfiniteLoop {
    private static HashMap<Integer,String> map = new HashMap<Integer,String>(2,
0.75f);
    public static void main(String[] args) {
        map.put(5,  "C");

        new Thread("Thread1") {
            public void run() {
                map.put(7, "B");
                System.out.println(map);
            };
        }.start();
        new Thread("Thread2") {
            public void run() {
                map.put(3, "A);
```

```
                System.out.println(map);
            };
        }.start();
    }
}
```

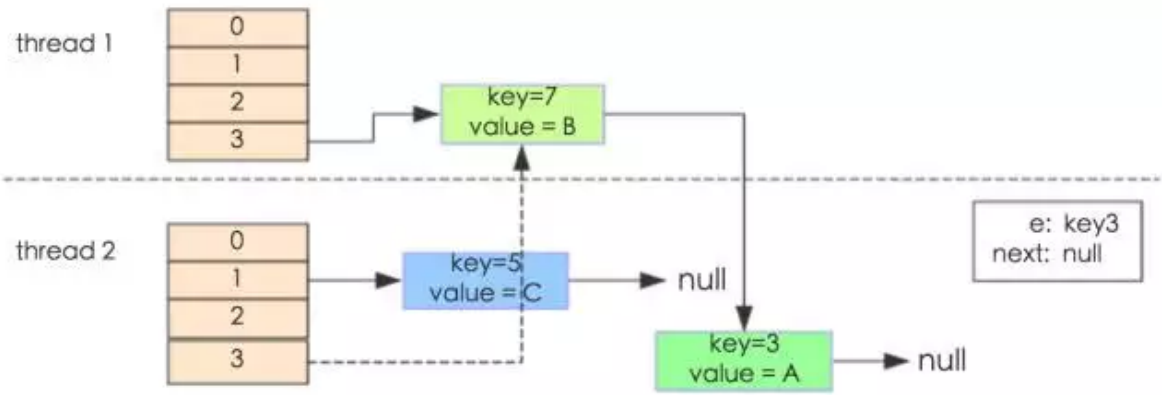
其中，map初始化为一个长度为2的数组，loadFactor=0.75，threshold=2*0.75=1，也就是说当put第二个key的时候，map就需要进行resize。

通过设置断点让线程1和线程2同时debug到transfer方法(3.3小节代码块)的首行。注意此时两个线程已经成功添加数据。放开thread1的断点至transfer方法的“Entry next = e.next;” 这一行；然后放开线程2的的断点，让线程2进行resize。结果如下图。

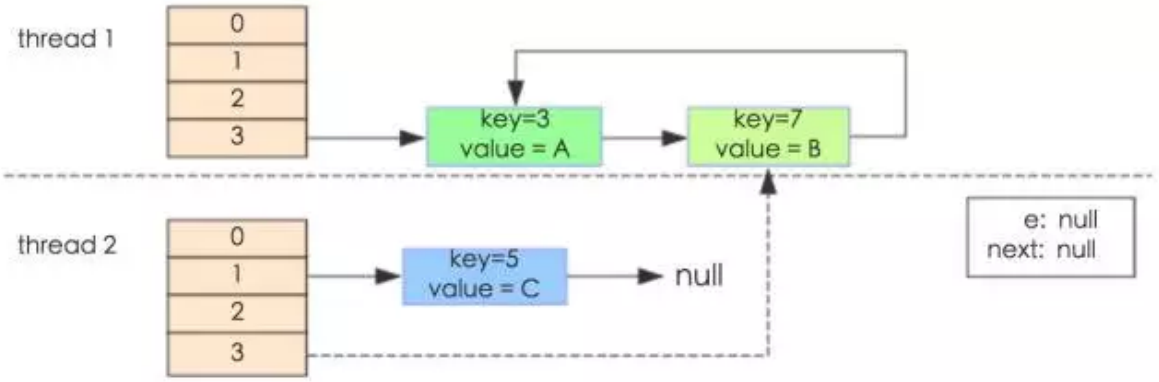


注意，Thread1的 e 指向了key(3)，而next指向了key(7)，其在线程二rehash后，指向了线程二重组后的链表。

线程一被调度回来执行，先是执行 newTalbe[i] = e， 然后是e = next，导致了e指向了key(7)，而下一次循环的next = e.next导致了next指向了key(3)。



e.next = newTable[i] 导致 key(3).next 指向了 key(7)。注意：此时的key(7).next 已经指向了key(3)， 环形链表就这样出现了。



于是，当我们用线程一调用map.get(11)时，悲剧就出现了——Infinite Loop。

JDK1.8与JDK1.7的性能对比

HashMap中，如果key经过hash算法得出的数组索引位置全部不相同，即Hash算法非常好，那样的话，getKey方法的时间复杂度就是O(1)，如果Hash算法技术的结果碰撞非常多，假如Hash算极其差，所有的Hash算法结果得出的索引位置一样，那样所有的键值对都集中到一个桶中，或者在一个链表中，或者在一个红黑树中，时间复杂度分别为O(n)和O(lgn)。 鉴于JDK1.8做了多方面的优化，总体性能优于JDK1.7，下面我们从两个方面用例子证明这一点。

小结

(1) 扩容是一个特别耗性能的操作，所以当程序员在使用HashMap的时候，估算map的大小，初始化的时候给一个大致的数值，避免map进行频繁的扩容。

(2) 负载因子是可以修改的，也可以大于1，但是建议不要轻易修改，除非情况非常特殊。

(3) HashMap是线程不安全的，不要在并发的环境中同时操作HashMap，建议使用ConcurrentHashMap。

(4) JDK1.8引入红黑树大程度优化了HashMap的性能。

(5) 还没升级JDK1.8的，现在开始升级吧。HashMap的性能提升仅仅是JDK1.8的冰山一角。

参考

1、JDK1.7&JDK1.8 源码。

2、CSDN博客频道，HashMap多线程死循环问题，2014。

3、红黑联盟，Java类集框架之HashMap(JDK1.8)源码剖析，2015。

4、CSDN博客频道， 教你初步了解红黑树，2010。

5、Java Code Geeks，HashMap performance improvements in Java 8，2014。

6、Importnew，危险！在HashMap中将可变对象用作Key，2014。

7、CSDN博客频道，为什么一般hashtable的桶数会取一个素数，2013。

4.LinkedHashMap

以下是使用 LinkedHashMap 实现的一个 LRU 缓存：

- 设定最大缓存空间 MAX_ENTRIES 为 3；
- 使用 LinkedHashMap 的构造函数将 accessOrder 设置为 true，开启 LRU 顺序；
- 覆盖 removeEldestEntry() 方法实现，在节点多于 MAX_ENTRIES 就会将最近最久未使用的数据移除。

```
class LRUCache<K, V> extends LinkedHashMap<K, V> {
    private static final int MAX_ENTRIES = 3;

    protected boolean removeEldestEntry(Map.Entry eldest) {
        return size() > MAX_ENTRIES;
    }

    LRUCache() {
        super(MAX_ENTRIES, 0.75f, true);
    }
}
public static void main(String[] args) {
    LRUCache<Integer, String> cache = new LRUCache<>();
    cache.put(1, "a");
    cache.put(2, "b");
    cache.put(3, "c");
    cache.get(1);
    cache.put(4, "d");
    System.out.println(cache.keySet());
}
```

```
[3, 1, 4]
```

5.ConcurrentHashMap

存储结构

```
static final class HashEntry<K,V> {
    final int hash;
    final K key;
    volatile V value;
    volatile HashEntry<K,V> next;
}
```

ConcurrentHashMap 和 HashMap 实现上类似，最主要的差别是 ConcurrentHashMap 采用了分段锁（Segment），每个分段锁维护着几个桶（HashEntry），多个线程可以同时访问不同分段锁上的桶，从而使其并发度更高（并发度就是 Segment 的个数）。

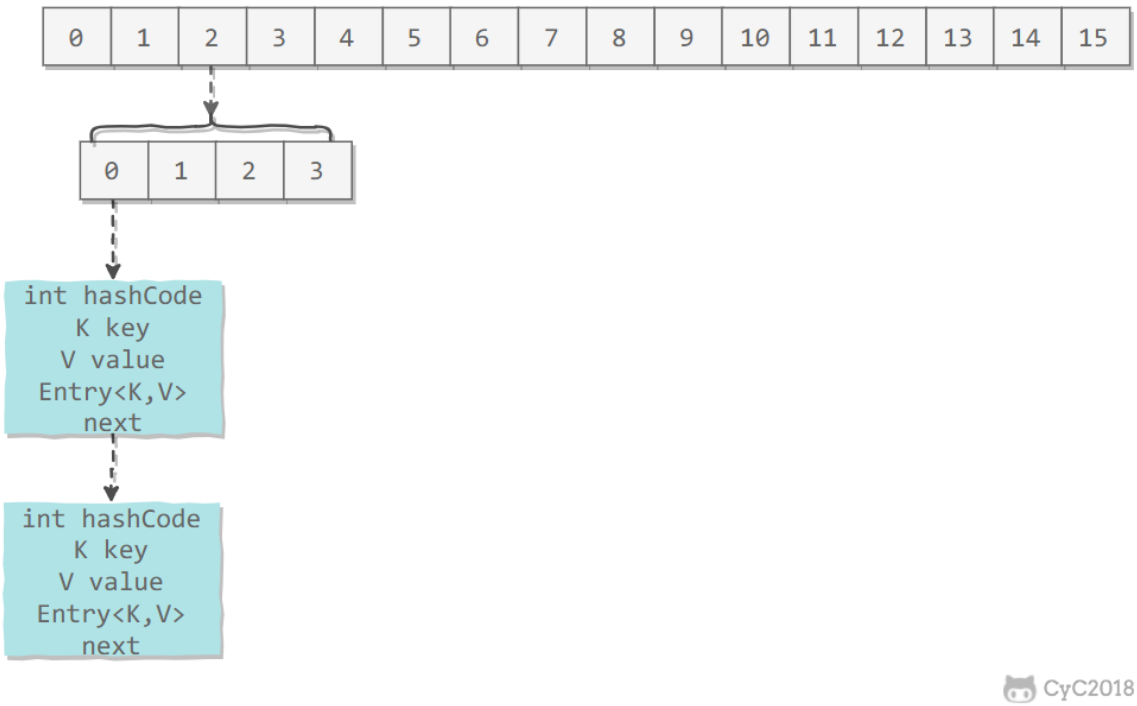
Segment 继承自 ReentrantLock。

```
static final class Segment<K,V> extends ReentrantLock implements Serializable {

    private static final long serialVersionUID = 2249069246763182397L;

    static final int MAX_SCAN_RETRIES =
        Runtime.getRuntime().availableProcessors() > 1 ? 64 : 1;

    transient volatile HashEntry<K,V>[] table;

    transient int count;

    transient int modCount;

    transient int threshold;
```

```
    final float loadFactor;
}
final Segment<K,V>[] segments;
```

默认的并发级别为 16，也就是说默认创建 16 个 Segment。

```
static final int DEFAULT_CONCURRENCY_LEVEL = 16;
```



size 操作

每个 Segment 维护了一个 count 变量来统计该 Segment 中的键值对个数。

```
/**
 * The number of elements. Accessed only either within locks
 * or among other volatile reads that maintain visibility.
 */
transient int count;
```

在执行 size 操作时，需要遍历所有 Segment 然后把 count 累计起来。

ConcurrentHashMap 在执行 size 操作时先尝试不加锁，如果连续两次不加锁操作得到的结果一致，那么可以认为这个结果是正确的。

尝试次数使用 RETRIES_BEFORE_LOCK 定义，该值为 2，retries 初始值为 -1，因此尝试次数为 3。

如果尝试的次数超过 3 次，就需要对每个 Segment 加锁。

```
/**
 * Number of unsynchronized retries in size and containsValue
 * methods before resorting to locking. This is used to avoid
 * unbounded retries if tables undergo continuous modification
 * which would make it impossible to obtain an accurate result.
 */
static final int RETRIES_BEFORE_LOCK = 2;
```

```
public int size() {
    // Try a few times to get accurate count. On failure due to
    // continuous async changes in table, resort to locking.
    final Segment<K,V>[] segments = this.segments;
    int size;
    boolean overflow; // true if size overflows 32 bits
    long sum;         // sum of modCounts
    long last = 0L;   // previous sum
    int retries = -1; // first iteration isn't retry
    try {
        for (;;) {
            // 超过尝试次数，则对每个 Segment 加锁
            if (retries++ == RETRIES_BEFORE_LOCK) {
                for (int j = 0; j < segments.length; ++j)
                    ensureSegment(j).lock(); // force creation
            }
            sum = 0L;
            size = 0;
            overflow = false;
            for (int j = 0; j < segments.length; ++j) {
                Segment<K,V> seg = segmentAt(segments, j);
                if (seg != null) {
                    sum += seg.modCount;
                    int c = seg.count;
                    if (c < 0 || (size += c) < 0)
                        overflow = true;
                }
            }
            // 连续两次得到的结果一致，则认为这个结果是正确的
            if (sum == last)
                break;
            last = sum;
        }
    } finally {
        if (retries > RETRIES_BEFORE_LOCK) {
            for (int j = 0; j < segments.length; ++j)
                segmentAt(segments, j).unlock();
        }
    }
    return overflow ? Integer.MAX_VALUE : size;
}
```

JDK 1.8 的改动

JDK 1.7 使用分段锁机制来实现并发更新操作，核心类为 Segment，它继承自重入锁 ReentrantLock，并发度与 Segment 数量相等。

JDK 1.8 使用了 CAS 操作来支持更高的并发度，在 CAS 操作失败时使用内置锁 synchronized。

并且 JDK 1.8 的实现也在链表过长时会转换为红黑树。