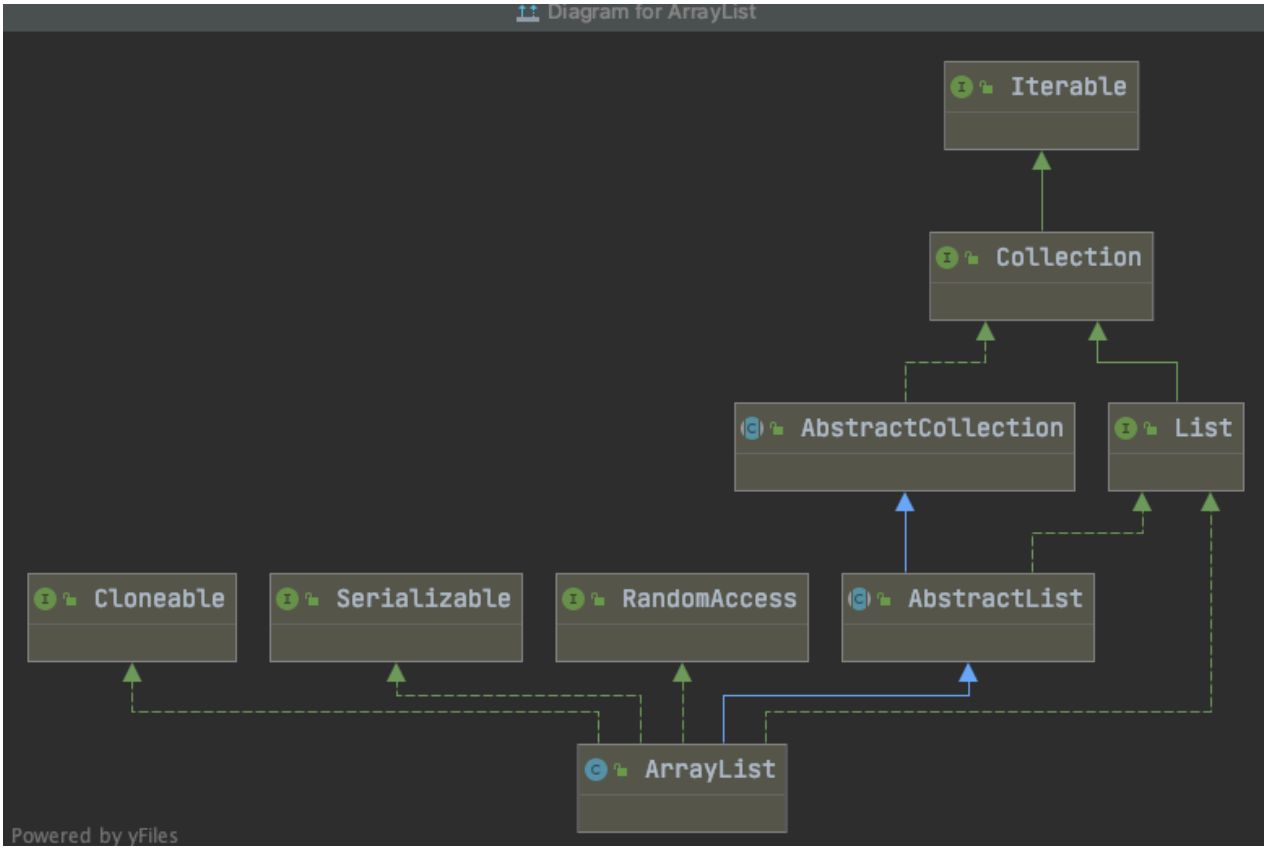
Java集合源码学习

ArrayList

继承关系图



- 实现了`Cloneable`(空接口)代表可以调用object.clone方法
- 实现`Serializable`(空接口)接口 代表可以进行序列化和反序列化
- 实现了`RandomAccess`(空接口) 代表实现了高速随机访问，如果标注了这个接口，则推荐使用for循环遍历，没有则更推荐迭代器
- 继承自`AbstractList`抽象类,继承一些list的通用方法
- 实现List接口

默认容量

```
/**
 * Default initial capacity.
 */
private static final int DEFAULT_CAPACITY = 10;
```

底层数组共享吗?

```
public class ArrayList<E> extends AbstractList<E>
        implements List<E>, RandomAccess, Cloneable, java.io.Serializable{

    .....

    /**
     * Shared empty array instance used for empty instances.
     */
    private static final Object[] EMPTY_ELEMENTDATA = {};

    /**
     * Shared empty array instance used for default sized empty instances. We
     * distinguish this from EMPTY_ELEMENTDATA to know how much to inflate
when
     * first element is added.
     */
    private static final Object[] DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA = {};

    ....

    public ArrayList(int initialCapacity) {
        if (initialCapacity > 0) {
            this.elementData = new Object[initialCapacity];
        } else if (initialCapacity == 0) {
            this.elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;
        } else {
            throw new IllegalArgumentException("Illegal Capacity: "+
                                               initialCapacity);
        }
    }

    /**
     * Constructs an empty list with an initial capacity of ten.
     */
    public ArrayList() {
        this.elementData = DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA;
    }
}
```

- 如果初始化initialCapacity为0 的list 则底层共用一个空数组实例 `EMPTY_ELEMENTDATA`
- 如果使用无参构造方法也使用了同一个空数组实例 `DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA`

```
    public ArrayList(Collection<? extends E> c) {
        elementData = c.toArray();
        if ((size = elementData.length) != 0) {
            // c.toArray might (incorrectly) not return Object[] (see 6260652)
            if (elementData.getClass() != Object[].class)
                elementData = Arrays.copyOf(elementData, size,
Object[].class);
        } else {
            // replace with empty array.
            this.elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;
        }
    }
```

ArrayList可以从同一个集合的底层array进行构造。这似乎和go的slice一样，两个list共用一个底层数组，但是继续往下看则会发现。

toArray 会生成新数组，所以除了上面总结的两种共用底层数组的情况，Arraylist不会共用一个底层数组。

```
/**
     * Returns an array containing all of the elements in this list
     * in proper sequence (from first to last element).
     *
     * <p>The returned array will be "safe" in that no references to it are
     * maintained by this list.  (In other words, this method must allocate
     * a new array).  The caller is thus free to modify the returned array.
     *
     * <p>This method acts as bridge between array-based and collection-based
     * APIs.
     *
     * @return an array containing all of the elements in this list in
     *         proper sequence
     */
 public Object[] toArray() {
        return Arrays.copyOf(elementData, size);
    }
```

trimToSize()

> trimToSize() 方法用于将List中的容量调整为数组中的元素个数。

```
    /**
     * Trims the capacity of this <tt>ArrayList</tt> instance to be the
     * list's current size.  An application can use this operation to minimize
     * the storage of an <tt>ArrayList</tt> instance.
     */
    public void trimToSize() {
        modCount++;
        if (size < elementData.length) {
            elementData = (size == 0)
              ? EMPTY_ELEMENTDATA  // 如果size为空 则将底层数组设为共享的空数组
              : Arrays.copyOf(elementData, size); //如果不为空 则根据size copy一个
新数组
        }
    }
```

扩容

```
public void ensureCapacity(int minCapacity) {
        int minExpand = (elementData != DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA)
            // 如果没有使用默认空数组 也就是new Arraylist()产生的实例。则期望所有的> 0
的扩容量
            ? 0
            // 如果使用了默认空数组 则期望的扩容量要 > 默认的10
            : DEFAULT_CAPACITY;

        if (minCapacity > minExpand) {
            ensureExplicitCapacity(minCapacity);
        }
    }
```

```
private void ensureExplicitCapacity(int minCapacity) {
    modCount++; //操作次数加一

    // overflow-conscious code
    if (minCapacity - elementData.length > 0) //如果扩容量大于当前的数组容量就进行扩
容
        grow(minCapacity);
}
```

扩容核心代码

```
private void grow(int minCapacity) {
        // overflow-conscious code
        int oldCapacity = elementData.length; //旧的容量
```

```
        int newCapacity = oldCapacity + (oldCapacity >> 1); //新容量为旧容量的1.5
倍
        if (newCapacity - minCapacity < 0) //如果新容量小于传进来的最小容量
            newCapacity = minCapacity; //将最小容量赋值给新容量
        if (newCapacity - MAX_ARRAY_SIZE > 0)
            newCapacity = hugeCapacity(minCapacity); //如果新容量比规定的最大
ArraySize还要大，则需要进行限定
        // minCapacity is usually close to size, so this is a win:
        elementData = Arrays.copyOf(elementData, newCapacity);
    }

    private static int hugeCapacity(int minCapacity) { //限定的逻辑
        if (minCapacity < 0) // overflow
            throw new OutOfMemoryError();
        return (minCapacity > MAX_ARRAY_SIZE) ?
            Integer.MAX_VALUE :
            MAX_ARRAY_SIZE;
    }
```

add(E e)

```
public boolean add(E e) {
        ensureCapacityInternal(size + 1);  //如果需要扩容则扩容，并且增加操作次数
        elementData[size++] = e;
        return true;
    }
```

add(int index, E element)

```
public void add(int index, E element) {
        rangeCheckForAdd(index); //检查索引越界

        ensureCapacityInternal(size + 1);  //如果需要扩容则扩容，并且增加操作次数
        System.arraycopy(elementData, index, elementData, index + 1,
                         size - index); //使用system.arraycopy 进行数组复制并且在
重新赋值给elementData
        elementData[index] = element;
        size++;
    }
```

remove(int index)

```
    public E remove(int index) {
        rangeCheck(index); //检查索引越界

        modCount++; //增加操作次数
        E oldValue = elementData(index); //先保留一份备份
```

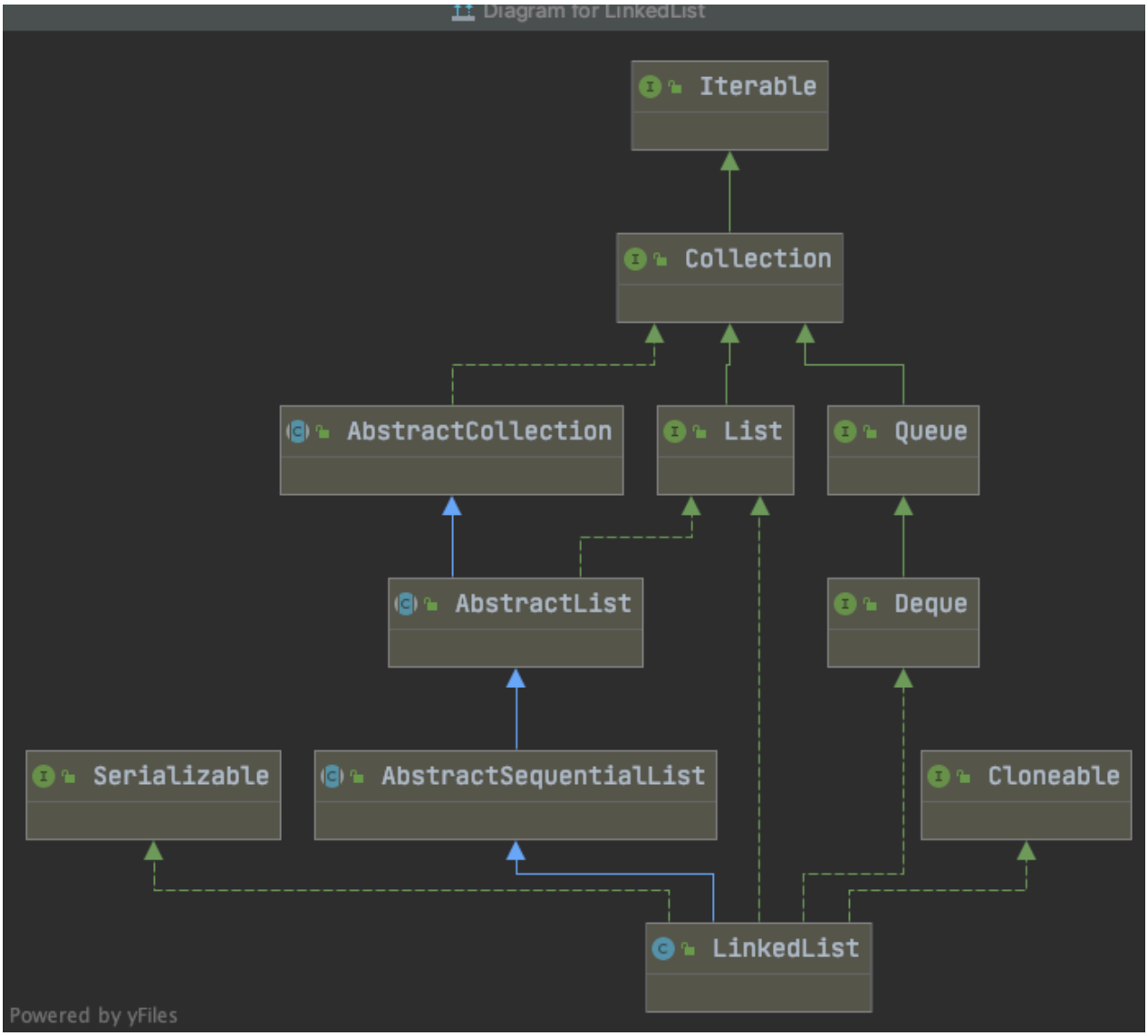
```
        int numMoved = size - index - 1; //获取index 的倒序index
        if (numMoved > 0) //如果>0 则需要将数组index+1到最后的数据  覆盖到 index 到
size-1
            System.arraycopy(elementData, index+1, elementData, index,
                             numMoved);
        elementData[--size] = null; // 如果numMoved == 0 相当于直接remove最后一个

        return oldValue; //返回备份
    }
```

addAll()

```
public boolean addAll(int index, Collection<? extends E> c) {
        rangeCheckForAdd(index);

        Object[] a = c.toArray();
        int numNew = a.length;
        ensureCapacityInternal(size + numNew);

        int numMoved = size - index;
        if (numMoved > 0) //现将index之后的数据往后挪numMoved位置，给插入的数据集腾地
方
            System.arraycopy(elementData, index, elementData, index + numNew,
                             numMoved);

        System.arraycopy(a, 0, elementData, index, numNew);
        size += numNew;
        return numNew != 0;
    }
```

LinkedList

继承关系图



- 实现了`Cloneable`(空接口)代表可以调用`object.clone`方法
- 实现`Serializable`(空接口)接口 代表可以进行序列化和反序列化
- 实现了`Deque`接口 说明`LinkedList` 还是一个`双端队列`并且包含了`队列`和`栈`的所有功能
- 继承了`AbstractSequentialList`只支持迭代器按顺序 访问，不支持`RandomAccess`，所以遍历`AbstractSequentialList` 的子类，使用 for 循环 get() 的效率要 <= 迭代器遍历：

Deque方法详解

`Deque`既可以用作后进先出的栈，也可以用作先进先出的队列。

先看一下`Deque`接口中的方法

```
public interface Deque<E> extends Queue<E> {
    // *** Deque methods ***
    void addFirst(E e);   //在链表前面插入一个数据
    void addLast(E e);    //在链表后面一个数据
    boolean offerFirst(E e); //调用了addFirst 只不过最后返回true
    boolean offerLast(E e);  //调用了addLast 只不过最后返回true
```

```
    E removeFirst(); //删除并返回链表第一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E removeLast();  //删除并返回链表最后一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E pollFirst();   //删除并返回链表第一个数据 若数据为null则返回null
    E pollLast();    //删除并返回链表最后一个数据 若数据为null则返回null
    E getFirst();    //返回链表第一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E getLast();     //返回链表最后一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E peekFirst();   //返回链表第一个数据 若数据为空则返回null
    E peekLast();    //返回链表最后一个数据 若数据为空则返回null
    boolean removeFirstOccurrence(Object o);  //删除链表中指定元素的第一次出现（从头部遍历列表时尾）。如果不包含该元素，则不变。
    boolean removeLastOccurrence(Object o);   //删除链表中指定元素的最后一次出现（从头部遍历列表时尾）。如果不包含该元素，则不变。

    // *** Queue methods ***
    boolean add(E e); //在链表后面追加一个数据
    boolean offer(E e); //在链表后面追加一个数据
    E remove();   //删除链表第一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E poll();     //删除链表第一个数据 若数据为空则返回null
    E element();  //调用getFirst  返回链表第一个数据 若数据为空则抛出NoSuchElementException
    E peek();     //返回链表第一个数据 若数据为空则返回null

    // *** Stack methods ***
    void push(E e); //在链表前面插入一个数据
    E pop(); //返回链表第一个数据 若数据为空则返回null

    // *** Collection methods ***
    boolean remove(Object o);
    boolean contains(Object o);
    public int size();
    Iterator<E> iterator();
    Iterator<E> descendingIterator();
}
```

LinkedList 里面的核心数据结构 双向链表

```
public class LinkedList<E>
    extends AbstractSequentialList<E>
    implements List<E>, Deque<E>, Cloneable, java.io.Serializable{
  /**
     * Pointer to first node.
     * Invariant: (first == null && last == null) ||
     *            (first.prev == null && first.item != null)
     */
    transient Node<E> first; //头节点
```

```
    /**
     * Pointer to last node.
     * Invariant: (first == null && last == null) ||
     *            (last.next == null && last.item != null)
     */
    transient Node<E> last;  //尾节点

    private static class Node<E> {
        E item;
        Node<E> next;
        Node<E> prev;

        Node(Node<E> prev, E element, Node<E> next) {
            this.item = element;
            this.next = next;
            this.prev = prev;
        }
    }
}
```

link相关方法 添加新的节点到链表

```
/**
     * Links e as first element.
     */
    private void linkFirst(E e) { //将一个数据链接到链表的头部
        final Node<E> f = first;
        final Node<E> newNode = new Node<>(null, e, f);
        first = newNode;
        if (f == null) //如果链表头为空 则将头尾都设置成newNode
            last = newNode;
        else //否则将f的前驱节点设备newNode
            f.prev = newNode;
        size++;  //链表节点数+1
        modCount++; //操作次数+1
    }

    /**
     * Links e as last element.
     */
    void linkLast(E e) { //和上面的逻辑一样
        final Node<E> l = last;
        final Node<E> newNode = new Node<>(l, e, null);
        last = newNode;
        if (l == null)
            first = newNode;
```

```
        else
            l.next = newNode;
        size++;
        modCount++;
    }

    /**
     * Inserts element e before non-null Node succ.
     */
    void linkBefore(E e, Node<E> succ) {
        // assert succ != null;
        final Node<E> pred = succ.prev; //获取succ的前驱节点
        final Node<E> newNode = new Node<>(pred, e, succ); //构造newNode 前驱节点为pred 后驱节点为succ
        succ.prev = newNode; //将succ的前驱节点设置为newNode
        if (pred == null)
            first = newNode; //如果succ没有前驱节点，则将newNode设置为头节点
        else
            pred.next = newNode; //将pred的后驱节点设置为newNode
        size++;
        modCount++;
    }
```

unlink相关方法 链表里删除节点

```
/**
     * Unlinks non-null first node f.
     */
    private E unlinkFirst(Node<E> f) {
        // assert f == first && f != null;
        final E element = f.item;
        final Node<E> next = f.next;
        f.item = null;
        f.next = null; // help GC
        first = next;
        if (next == null)
            last = null;
        else
            next.prev = null;
        size--;
        modCount++;
        return element;
    }

    /**
     * Unlinks non-null last node l.
     */
    private E unlinkLast(Node<E> l) {
```

```
        // assert l == last && l != null;
        final E element = l.item;
        final Node<E> prev = l.prev;
        l.item = null;
        l.prev = null; // help GC
        last = prev;
        if (prev == null)
            first = null;
        else
            prev.next = null;
        size--;
        modCount++;
        return element;
    }

    /**
     * Unlinks non-null node x.
     */
    E unlink(Node<E> x) { //删除x节点 并将x的前驱和后驱节点相连
        // assert x != null;
        final E element = x.item;
        final Node<E> next = x.next;
        final Node<E> prev = x.prev;

        if (prev == null) { //如果没有前驱节点 说明这个节点是头节点
            first = next; //将此节点的后驱节点赋值给头节点
        } else {
            prev.next = next;  //将前驱节点的next节点 连接到 后驱节点
            x.prev = null; //clear
        }

        if (next == null) {
            last = prev; ///将此节点的前驱节点赋值给尾节点
        } else {
            next.prev = prev; //将后驱节点的前驱节点 连接到前驱节点
            x.next = null; //clear
        }

        x.item = null; //clear
        size--;
        modCount++;
        return element;
    }
```

ArrayDeque

> `ArrayDeque`是`Deque`接口的一个实现，使用了可变数组，所以没有容量上的限制。

> 同时，`ArrayDeque`是线程不安全的，在没有外部同步的情况下，不能再多线程环境下使用。
>
> `ArrayDeque`是`Deque`的实现类，可以作为栈来使用，效率高于`Stack`；
>
> 也可以作为队列来使用，效率高于`LinkedList`。

```
public class ArrayDeque<E> extends AbstractCollection<E>
                           implements Deque<E>, Cloneable, Serializable
{
    /**存储双端队列的元素的数组。
      *双端队列的容量是该数组的长度,始终是2的幂。
      *数组永远不能成为已满，除了在addX方法中短暂存在的地方
      *装满后立即调整大小（请参阅doubleCapacity），从而避免头和尾缠绕在一起以使它们相等
      *我们还保证所有不包含双端队列元素的数组单元始终为空。
      */
    transient Object[] elements;

    /**
     * The index of the element at the head of the deque (which is the
     * element that would be removed by remove() or pop()); or an
     * arbitrary number equal to tail if the deque is empty.
     */
    transient int head; //头节点index

    /**
     * The index at which the next element would be added to the tail
     * of the deque (via addLast(E), add(E), or push(E)).
     */
    transient int tail; //尾节点index

    /**
     * The minimum capacity that we'll use for a newly created deque.
     * Must be a power of 2.
     */
    private static final int MIN_INITIAL_CAPACITY = 8;
}
```

add操作

上面例子使用的add方法，其实内部使用了addLast方法，addLast也就添加数据到双向队列尾端：

```
public void addLast(E e) {
    if (e == null)
        throw new NullPointerException();
    elements[tail] = e; // 根据尾索引，添加到尾端
    if ( (tail = (tail + 1) & (elements.length - 1)) == head) // 尾索引+1，如果尾索引和头索引重复了，说明数组满了，进行扩容
        doubleCapacity();
}
```

addFirst方法跟addLast方法相反，添加数据到双向队列头端：

```
public void addFirst(E e) {
    if (e == null)
        throw new NullPointerException();
    elements[head = (head - 1) & (elements.length - 1)] = e; // 根据头索引，添加到头端，头索引-1
    if (head == tail) // 如果头索引和尾索引重复了，说明数组满了，进行扩容
        doubleCapacity();
}
```

remove操作

remove操作分别removeFirst和removeLast，removeLast代码如下：

```
public E removeLast() {
    E x = pollLast(); // 调用pollLast方法
    if (x == null)
        throw new NoSuchElementException();
    return x;
}

public E pollLast() {
    int t = (tail - 1) & (elements.length - 1); // 尾索引 -1
    @SuppressWarnings("unchecked")
    E result = (E) elements[t]; // 根据尾索引，得到尾元素
    if (result == null)
        return null;
    elements[t] = null; // 尾元素置空
    tail = t;
    return result;
}
```

removeFirst方法原理一样，remove头元素。 头索引 +1

扩容

ArrayDeque的扩容会把数组容量扩大2倍，同时还会重置头索引和尾索引，头索引置为0，尾索引置为原容量的值。

比如容量为8，扩容为16，头索引变成0，尾索引变成8。

扩容代码如下：

```
private void doubleCapacity() {
    assert head == tail;
    int p = head;
    int n = elements.length;
    int r = n - p;
    int newCapacity = n << 1;
    if (newCapacity < 0)
        throw new IllegalStateException("Sorry, deque too big");
    Object[] a = new Object[newCapacity];
    System.arraycopy(elements, p, a, 0, r);
    System.arraycopy(elements, 0, a, r, p);
    elements = a;
    head = 0;  // 头索引重置
    tail = n;  // 尾索引重置
}
```

LinkedBlockingDeque

使用`双向链表`和`ReentrantLock`实现的双向的阻塞队列

```
 */
    transient Node<E> first;  //头节点

    /**
     * Pointer to last node.
     * Invariant: (first == null && last == null) ||
     *            (last.next == null && last.item != null)
     */
    transient Node<E> last;  //尾节点

    /** Number of items in the deque */
    private transient int count; //队列里的元素数量
    /** Maximum number of items in the deque */

    private final int capacity; //队列容量

    /** Main lock guarding all access */
    final ReentrantLock lock = new ReentrantLock(); //🔒

    /** Condition for waiting takes */
```

```
    private final Condition notEmpty = lock.newCondition(); //通过Condition来阻塞当队列为空时来take元素的线程

    /** Condition for waiting puts */
    private final Condition notFull = lock.newCondition(); //通过Condition来阻塞当队列满了时来put元素的线程
```

核心代码

```
private boolean linkFirst(Node<E> node) {
  // assert lock.isHeldByCurrentThread();
  if (count >= capacity) //如果队列已满
    return false;
  Node<E> f = first;
  node.next = f;
  first = node;
  if (last == null)
    last = node;
  else
    f.prev = node;
  ++count;
  notEmpty.signal(); //加入了节点，唤醒某个等待take的线程
  return true;
}

public E takeLast() throws InterruptedException {
  final ReentrantLock lock = this.lock;
  lock.lock();
  try {
    E x;
    while ( (x = unlinkLast()) == null) //如果队列为空，则进入等待
      notEmpty.await();
    return x;
  } finally {
    lock.unlock();
  }
}

private E unlinkLast() {
  // assert lock.isHeldByCurrentThread();
  Node<E> l = last;
  if (l == null) //如果队列为空，则返回null
    return null;
  Node<E> p = l.prev;
  E item = l.item;
  l.item = null;
  l.prev = l; // help GC
```

```
    last = p;
    if (p == null)
      first = null;
    else
      p.next = null;
    --count;
    notFull.signal(); //如果正常删掉节点 则唤醒某个等待put的线程
    return item;
}

public void putFirst(E e) throws InterruptedException {
    if (e == null) throw new NullPointerException();
    Node<E> node = new Node<E>(e);
    final ReentrantLock lock = this.lock;
    lock.lock();
    try {
      while (!linkFirst(node))
        notFull.await(); //如果队列已满 则让出锁，进入等待
    } finally {
      lock.unlock();
    }
}
```

CopyOnWriteArrayList

CopyOnWriteArrayList是ArrayList的线程安全版本，从他的名字可以推测，CopyOnWriteArrayList是在有写操作的时候会copy一份数据，然后写完再设置成新的数据。CopyOnWriteArrayList适用于读多写少的并发场景

add

```
    public boolean add(E e) {
        final ReentrantLock lock = this.lock;
        lock.lock(); //写数据之前上🔒
        try {
            Object[] elements = getArray(); //获取当前的数组
            int len = elements.length;
            Object[] newElements = Arrays.copyOf(elements, len + 1); //新创建一个数组，拷贝旧数据 并且长度+1
            newElements[len] = e;//追加e
            setArray(newElements);//将新数组设为当前数组
            return true;
        } finally {
            lock.unlock(); //解🔒
        }
    }
```

remove

```
    public E remove(int index) {
        final ReentrantLock lock = this.lock;
        lock.lock();
        try {
            Object[] elements = getArray();
            int len = elements.length;
            E oldValue = get(elements, index);
            int numMoved = len - index - 1; //倒序index
            if (numMoved == 0)
                setArray(Arrays.copyOf(elements, len - 1));
            else {
                Object[] newElements = new Object[len - 1];
                System.arraycopy(elements, 0, newElements, 0, index); //将
elements的0到index-1（左闭右开）赋给newElenments
                System.arraycopy(elements, index + 1, newElements, index, //然
后将index+1后面的数据 赋给newElements的index到numMoved
                                 numMoved);
                setArray(newElements);
            }
            return oldValue;
        } finally {
            lock.unlock();
        }
    }
```

get

```
public E get(int index) {
        return get(getArray(), index); // 从数组中拿值  不加🔒
    }
```

HashSet

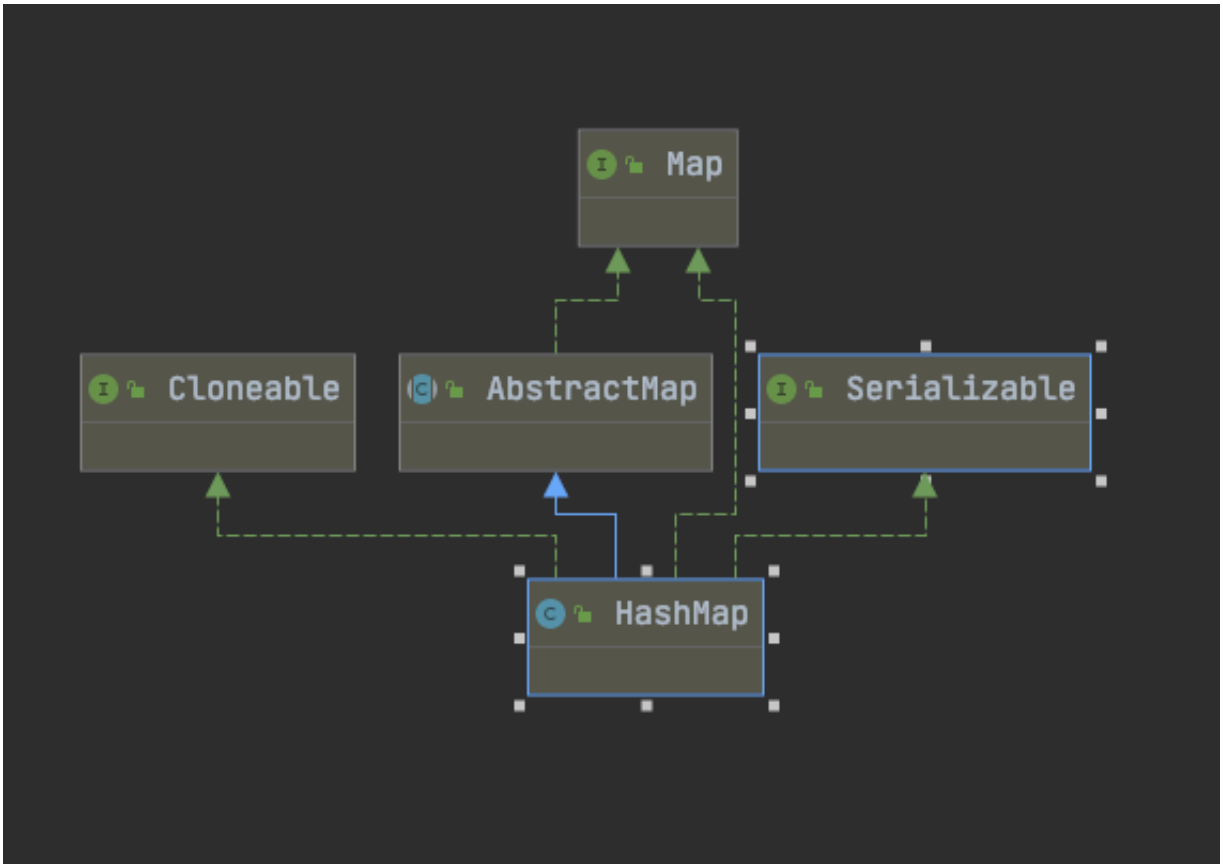
基于hashmap，用map的key做值，map的value是 new了一个Object对象

TreeSet

基于treemap

HashMap

继承关系图



默认的配置参数

```
/**
 * 默认的容量 16（必须是2的幂）
 */
static final int DEFAULT_INITIAL_CAPACITY = 1 << 4; // aka 16

/**
 * The maximum capacity, used if a higher value is implicitly specified
 * by either of the constructors with arguments.
 * MUST be a power of two <= 1<<30.
 */
static final int MAXIMUM_CAPACITY = 1 << 30; //最大容量 2的30次方

/**
 * The load factor used when none specified in constructor.
 */
static final float DEFAULT_LOAD_FACTOR = 0.75f; //默认的负载因子0.75

/**
 * The bin count threshold for using a tree rather than list for a
 * bin.  Bins are converted to trees when adding an element to a
 * bin with at least this many nodes. The value must be greater
```

```
 * than 2 and should be at least 8 to mesh with assumptions in
 * tree removal about conversion back to plain bins upon
 * shrinkage.
 */
static final int TREEIFY_THRESHOLD = 8; //链表转化为树的阈值 8

/**
 * The bin count threshold for untreeifying a (split) bin during a
 * resize operation. Should be less than TREEIFY_THRESHOLD, and at
 * most 6 to mesh with shrinkage detection under removal.
 */
static final int UNTREEIFY_THRESHOLD = 6; //取消树化的阈值6

/**
 * The smallest table capacity for which bins may be treeified.
 * (Otherwise the table is resized if too many nodes in a bin.)
 * Should be at least 4 * TREEIFY_THRESHOLD to avoid conflicts
 * between resizing and treeification thresholds.
 */
static final int MIN_TREEIFY_CAPACITY = 64;

   /**
     * The table, initialized on first use, and resized as
     * necessary. When allocated, length is always a power of two.
     * (We also tolerate length zero in some operations to allow
     * bootstrapping mechanics that are currently not needed.)
     */
    transient Node<K,V>[] table; //hash表

    /**
     * Holds cached entrySet(). Note that AbstractMap fields are used
     * for keySet() and values().
     */
    transient Set<Map.Entry<K,V>> entrySet;
```

Node

hashmap中真正的数据存储结构

```
static class Node<K,V> implements Map.Entry<K,V> {
        final int hash;
        final K key;
        V value;
        Node<K,V> next;
}
```

```
 static final class TreeNode<K,V> extends LinkedHashMap.Entry<K,V> {
        TreeNode<K,V> parent;  // red-black tree links
        TreeNode<K,V> left;
        TreeNode<K,V> right;
        TreeNode<K,V> prev;    // needed to unlink next upon deletion
        boolean red;
 }
```

get(Object key)

```
public V get(Object key) {
        Node<K,V> e;
        return (e = getNode(hash(key), key)) == null ? null : e.value;
    }

    /**
     * Implements Map.get and related methods.
     *
     * @param hash hash for key
     * @param key the key
     * @return the node, or null if none
     */
    final Node<K,V> getNode(int hash, Object key) {
        Node<K,V>[] tab; Node<K,V> first, e; int n; K k;

//如果table == null 或者 table.length==0 或者在hash表里找不到元素 则返回null  hash公式 (n-1)& hash 获取此hash值在表里的索引
        if ((tab = table) != null && (n = tab.length) > 0 &&
            (first = tab[(n - 1) & hash]) != null) {
            if (first.hash == hash &&
                ((k = first.key) == key || (key != null && key.equals(k))))
                return first;  // 如果 first的hash值等于传进来的hash 并且key相等 则first就是要找的node
            if ((e = first.next) != null) { //如果first 不是要找的值 则寻找它连着的next
                if (first instanceof TreeNode) //如果first 是红黑树节点 则调用getTreeNode方法
                    return ((TreeNode<K,V>)first).getTreeNode(hash, key);
                do { //first 是普通的链表节点 则遍历链表找到key对应的value
                    if (e.hash == hash &&
                        ((k = e.key) == key || (key != null &&
key.equals(k))))
                        return e;
                } while ((e = e.next) != null);
            }
        }
        return null;
```

```
    }


      /**
        * Calls find for root node.
        */
      final TreeNode<K,V> getTreeNode(int h, Object k) {
        return ((parent != null) ? root() : this).find(h, k, null); //调用find
方法查询树中的节点
      }

      final TreeNode<K,V> find(int h, Object k, Class<?> kc) {
            TreeNode<K,V> p = this;
            do {
                int ph, dir; K pk;
                TreeNode<K,V> pl = p.left, pr = p.right, q;
                if ((ph = p.hash) > h) //p.hash > h 就将 p的左节点赋给p
                    p = pl;
                else if (ph < h) //p.hash < h 就将 p的右节点赋给p
                    p = pr;
                else if ((pk = p.key) == k || (k != null && k.equals(pk)))
                    return p; //如果 p的key与k相等 则返回p
                else if (pl == null)
                    p = pr; //如果没有左节点 就将右节点赋值给p
                else if (pr == null)
                    p = pl; //如果没有右节点 就将左节点赋值给p
                else if ((kc != null ||
                          //判断是否实现comparable接口 如果没实现则返回null 实现了则
返回key的class
                          (kc = comparableClassFor(k)) != null) &&
                          //根据具体类实现的comparable接口的compareTo方法判断k 与当
前pk的大小关系
                         (dir = compareComparables(kc, k, pk)) != 0)
                    p = (dir < 0) ? pl : pr; //根据大小关系 将左右节点赋给p
                else if ((q = pr.find(h, k, kc)) != null) //递归
                    return q;
                else
                    p = pl; //如果从右孩子节点递归查找后仍未找到，那么从左孩子节点进行下
一轮循环
            } while (p != null);
            return null;
        }
```

put(K key,V value)

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

    /**
     * Implements Map.put and related methods.
     *
     * @param hash hash for key
     * @param key the key
     * @param value the value to put
     * @param onlyIfAbsent if true, don't change existing value
     * @param evict if false, the table is in creation mode.
     * @return previous value, or null if none
     */
    final V putVal(int hash, K key, V value, boolean onlyIfAbsent,
                   boolean evict) {
        Node<K,V>[] tab; Node<K,V> p; int n, i;
        if ((tab = table) == null || (n = tab.length) == 0) //如果tab.length
!=0 则赋值给n
            n = (tab = resize()).length; //如果table == null 则将resize之后的
tab.length 赋给n
        if ((p = tab[i = (n - 1) & hash]) == null) //如果当前hash值在表里面没有存在
则存到当前位置
            tab[i] = newNode(hash, key, value, null);
        else { //hash表里面的位置被占据了
            Node<K,V> e; K k;
            if (p.hash == hash &&
                ((k = p.key) == key || (key != null && key.equals(k))))
                e = p; // key相同
            else if (p instanceof TreeNode) //发生hash冲突 并且目前存储结构是树
                e = ((TreeNode<K,V>)p).putTreeVal(this, tab, hash, key,
value);
            else { //发生hash冲突 并且目前存储结构是链表
                for (int binCount = 0; ; ++binCount) {
                    if ((e = p.next) == null) {
                      //如果hash表中的冲突位置的节点没有next，则将put进来的key,value
链接到此节点后面
                        p.next = newNode(hash, key, value, null);
                        if (binCount >= TREEIFY_THRESHOLD - 1) // -1 for 1st
                            treeifyBin(tab, hash); //如果当前链表的长度超过了8则转
换成红黑树
                        break;
                    }
                    if (e.hash == hash && //如果在链表中找到了key相同的，则跳出，覆盖
它的value
                        ((k = e.key) == key || (key != null &&
key.equals(k))))
                        break;
                    p = e; //链表循环next
```

```
                }
            }
            if (e != null) { // existing mapping for key
                V oldValue = e.value;
                if (!onlyIfAbsent || oldValue == null)
                    e.value = value; //替换新值
                afterNodeAccess(e);
                return oldValue; //返回旧值
            }
        }
        ++modCount;
        if (++size > threshold)
            resize(); ////如果当前的 hash表的长度已经超过了当前 hash 需要扩容的长度,重新扩容,条件是 haspmap 中存放的数据超过了临界值(经过测试),而不是数组中被使用的下标
        afterNodeInsertion(evict);
        return null;
    }
```

resize()

```
   final Node<K,V>[] resize() {
        Node<K,V>[] oldTab = table;
        int oldCap = (oldTab == null) ? 0 : oldTab.length; //获取当前hash表的长度
        int oldThr = threshold; //获取当前的扩容阈值
        int newCap, newThr = 0; //新的大小和扩容阈值
        if (oldCap > 0) { //hashmap已经初始化过了
            if (oldCap >= MAXIMUM_CAPACITY) { //如果旧的hash表长度大于等于最大限定长度 则不进行扩容
                threshold = Integer.MAX_VALUE;
                return oldTab;
            }
          // 如果数组元素个数在正常范围内，那么新的数组容量为老的数组容量的2倍（左移1位相当于乘以2）
          //  如果扩容之后的新容量小于最大容量  并且  老的数组容量大于等于默认初始化容量（16），那么新数组的扩容阀值设置为老阀值的2倍。
            else if ((newCap = oldCap << 1) < MAXIMUM_CAPACITY &&
                     oldCap >= DEFAULT_INITIAL_CAPACITY)
                newThr = oldThr << 1;
        }
        else if (oldThr > 0) // initial capacity was placed in threshold
            newCap = oldThr;  //如果老数组的扩容阀值大于0，那么设置新数组的容量为该阀值 这一步也就意味着构造该map的时候，指定了初始化容量。
        else {                // 第一次初始化reszie 使用默认参数进
            newCap = DEFAULT_INITIAL_CAPACITY; //默认容量
            newThr = (int)(DEFAULT_LOAD_FACTOR * DEFAULT_INITIAL_CAPACITY); //默认扩容阈值 默认容量*负载因子0.75
        }
```

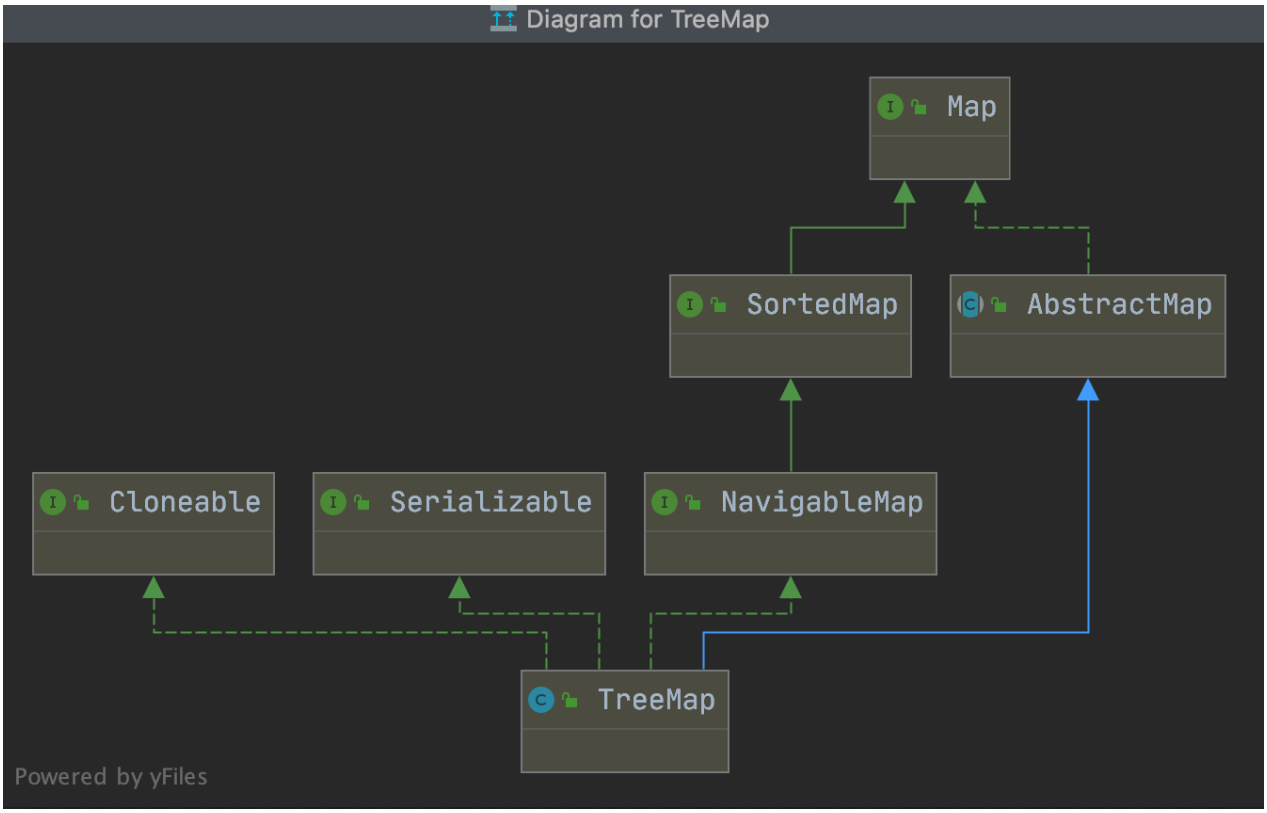
```
        if (newThr == 0) {
            float ft = (float)newCap * loadFactor; //新长度*负载因子
            newThr = (newCap < MAXIMUM_CAPACITY && ft <
(float)MAXIMUM_CAPACITY ?
                      (int)ft : Integer.MAX_VALUE);
        }
        threshold = newThr; //将新阈值 赋给threshold 覆盖老的阈值
        @SuppressWarnings({"rawtypes","unchecked"})
        Node<K,V>[] newTab = (Node<K,V>[])new Node[newCap]; //根据新容量创建hash
表
        table = newTab; //将新的hash表赋给table
        if (oldTab != null) { //如果原来的hash表里有值 则进行元素的转移
            for (int j = 0; j < oldCap; ++j) { //遍历旧的hash表
                Node<K,V> e;
                if ((e = oldTab[j]) != null) { //如果j处有值则赋值给e
                    oldTab[j] = null; //将旧表j处的数据清空
                    if (e.next == null) //如果e后没有连接节点
                        newTab[e.hash & (newCap - 1)] = e;//直接hash到新表位置
                    else if (e instanceof TreeNode)
                        ((TreeNode<K,V>)e).split(this, newTab, j, oldCap); //如
果当前是树存储 则调用split方法
                    else { // preserve order
                        Node<K,V> loHead = null, loTail = null;
                        Node<K,V> hiHead = null, hiTail = null;
                        Node<K,V> next;
                        do {
                            next = e.next;
                            //拿元素的hash值  和  老数组的长度  做与运算
                            // 数组的长度一定是2的N次方（例如16），如果hash值和该长度
做与运算，结果为0，就说明该hash值小于数组长度（例如hash值为7），
                            // 那么该hash值再和新数组的长度取摸的话mod值也不会放生变
化，所以该元素的在新数组的位置和在老数组的位置是相同的，所以该元素可以放置在低位链表中。
                            if ((e.hash & oldCap) == 0) {
                                if (loTail == null) //如果链表没有尾节点
                                    loHead = e; //就将e赋给链表的头节点
                                else
                                    loTail.next = e; //挂到链表尾部
                                loTail = e; //然后将尾节点设为e
                            }
                            else { //说明hash值大于数组长度 所以需要放到高位链表中
                                if (hiTail == null) //同上
                                    hiHead = e;
                                else
                                    hiTail.next = e;
                                hiTail = e;
                            }
                        } while ((e = next) != null);
                        if (loTail != null) {
                            loTail.next = null;
```

```
                                newTab[j] = loHead; // 低位的元素组成的链表还是放置在原来的位置
                            }
                            if (hiTail != null) {
                                hiTail.next = null;// 高位的元素组成的链表放置的位置只是在原有位置上偏移了老数组的长度个位置
                                newTab[j + oldCap] = hiHead;
                            }
                        }
                    }
                }
            }
            return newTab;
        }
```

TreeMap

基于红黑树，实现了有序的map

继承关系图

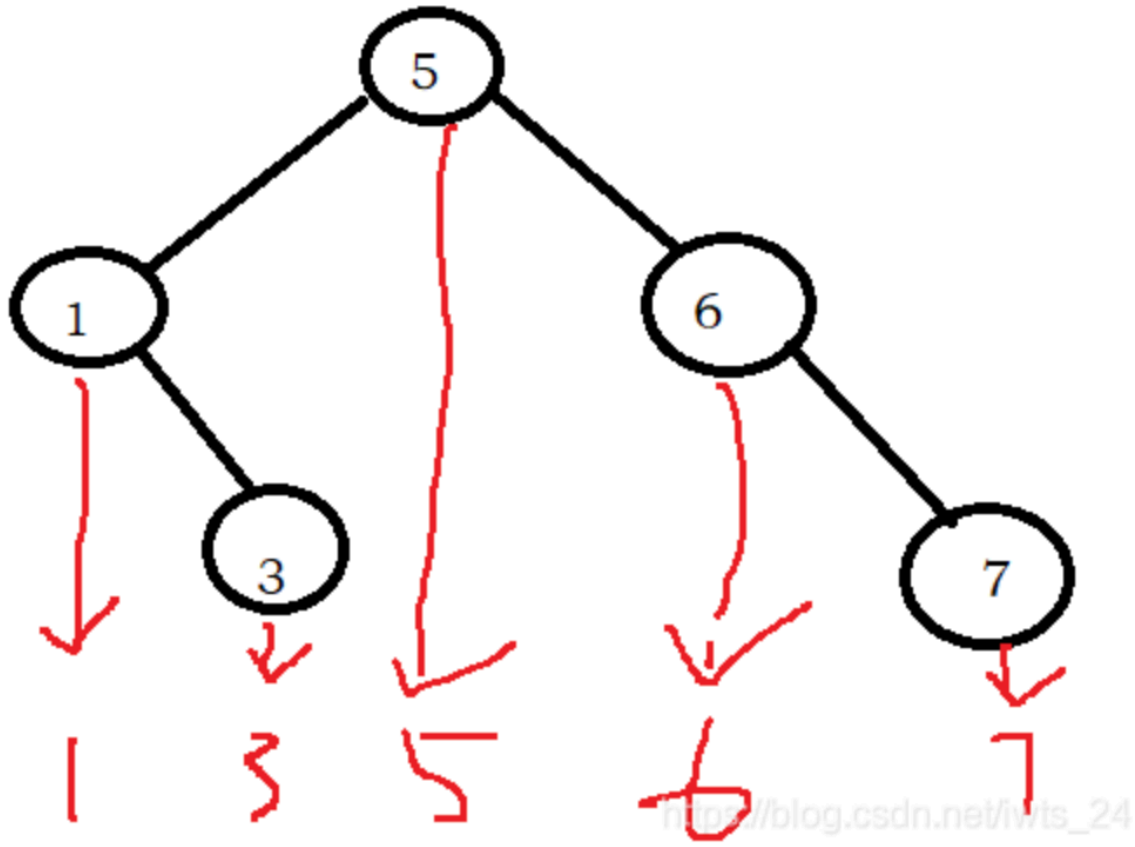


```
//甚至我们可以自己传一个比较器进去 来作为有序的依赖
public TreeMap(Comparator<? super K> comparator) {
        this.comparator = comparator;
    }
```

由于treemap是红黑树实现，而红黑树又是二叉树的一种，也就是红黑树也是满足二叉树的一些性质

比较重要的：

一个树的节点，如果有左节点和右节点，那么它一定大于左节点，小于右节点。

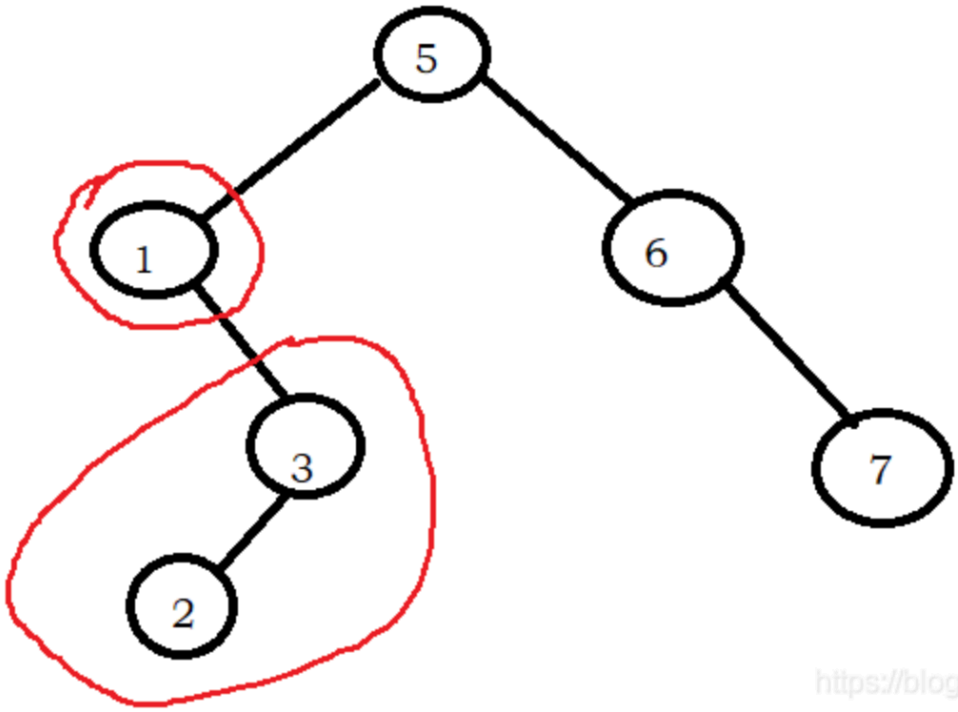


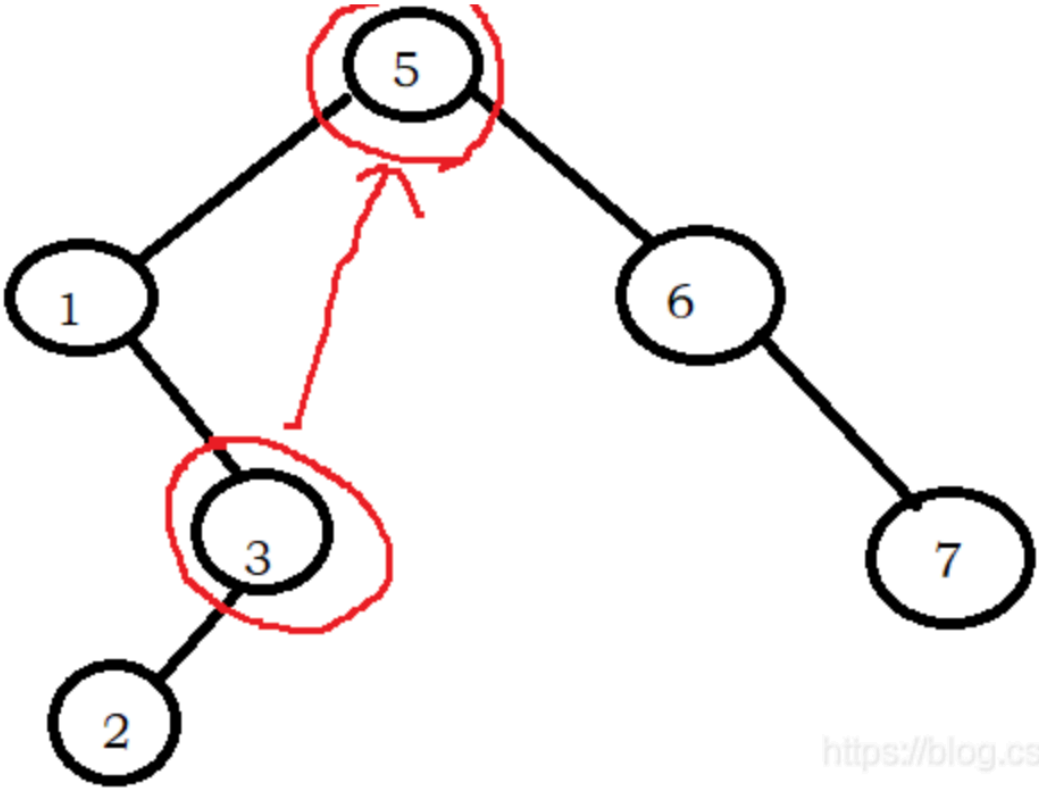
如上图

获取前继和后继节点

```
/**
     * 返回指定节点的后继节点，如果没有则返回空
        怎么理解这个后继呢?
        我们认为，将BST“压平”，就是一个有序数组。而所谓的后继结点，就是指在“数组状态”下，按顺序遍历的情况，可以理解为迭代。严格地说，有点类似严格ceil方法：寻找大于该结点的所有结点中，值最小的结点。 可以理解为树的中序遍历 ,但是如果需要遍历才能得到一个节点的后继节点，这样效率很差，所以有如下定则：
        a. 空节点，没有后继
```

```
        b. 有右子树的节点，后继就是右子树的“最左节点” （下图1）
        c. 无右子树的节点，后继就是该节点所在左子树的第一个祖先节点 （下图2）
     */
    static <K,V> TreeMap.Entry<K,V> successor(Entry<K,V> t) {
        if (t == null) //如果输入的节点为空，则返回空
            return null;
        else if (t.right != null) { //有右子树的节点，后继就是右子树的“最左节点”
            Entry<K,V> p = t.right;
            while (p.left != null) //循环找到最左节点
                p = p.left;
            return p;
        } else {  //无右子树的节点，后继就是该节点所在左子树的第一个祖先节点
            Entry<K,V> p = t.parent;
            Entry<K,V> ch = t;
            while (p != null && ch == p.right) {
                ch = p;
                p = p.parent; //zha
            }
            return p;
        }
    }

    /**
     * 前继节点
     */
    static <K,V> Entry<K,V> predecessor(Entry<K,V> t) {
        if (t == null)
            return null;
        else if (t.left != null) { //有左子树的节点，前继就是左子树的“最右节点”
            Entry<K,V> p = t.left;
            while (p.right != null)
                p = p.right;
            return p;
        } else {//无左子树的节点，后继就是该节点所在右子树的第一个祖先节点
            Entry<K,V> p = t.parent;
            Entry<K,V> ch = t;
            while (p != null && ch == p.left) {
                ch = p;
                p = p.parent;
            }
            return p;
        }
    }
```





get/remove

```
public V get(Object key) {
        Entry<K,V> p = getEntry(key);
        return (p==null ? null : p.value); //允许null值
```

```
    }

public V remove(Object key) {
        Entry<K,V> p = getEntry(key);
        if (p == null)
            return null;

        V oldValue = p.value;
        deleteEntry(p);
        return oldValue;
    }

final Entry<K,V> getEntry(Object key) {
        // Offload comparator-based version for sake of performance
        if (comparator != null)
            return getEntryUsingComparator(key);
        if (key == null)  //不允许null key
            throw new NullPointerException();
        @SuppressWarnings("unchecked")
            Comparable<? super K> k = (Comparable<? super K>) key;
        Entry<K,V> p = root;
        while (p != null) {
            int cmp = k.compareTo(p.key); //根据comparable接口来比较
            if (cmp < 0)
                p = p.left;
            else if (cmp > 0)
                p = p.right;
            else //当两个key经过比较并相等时就返回
                return p;
        }
        return null;
    }
```

put

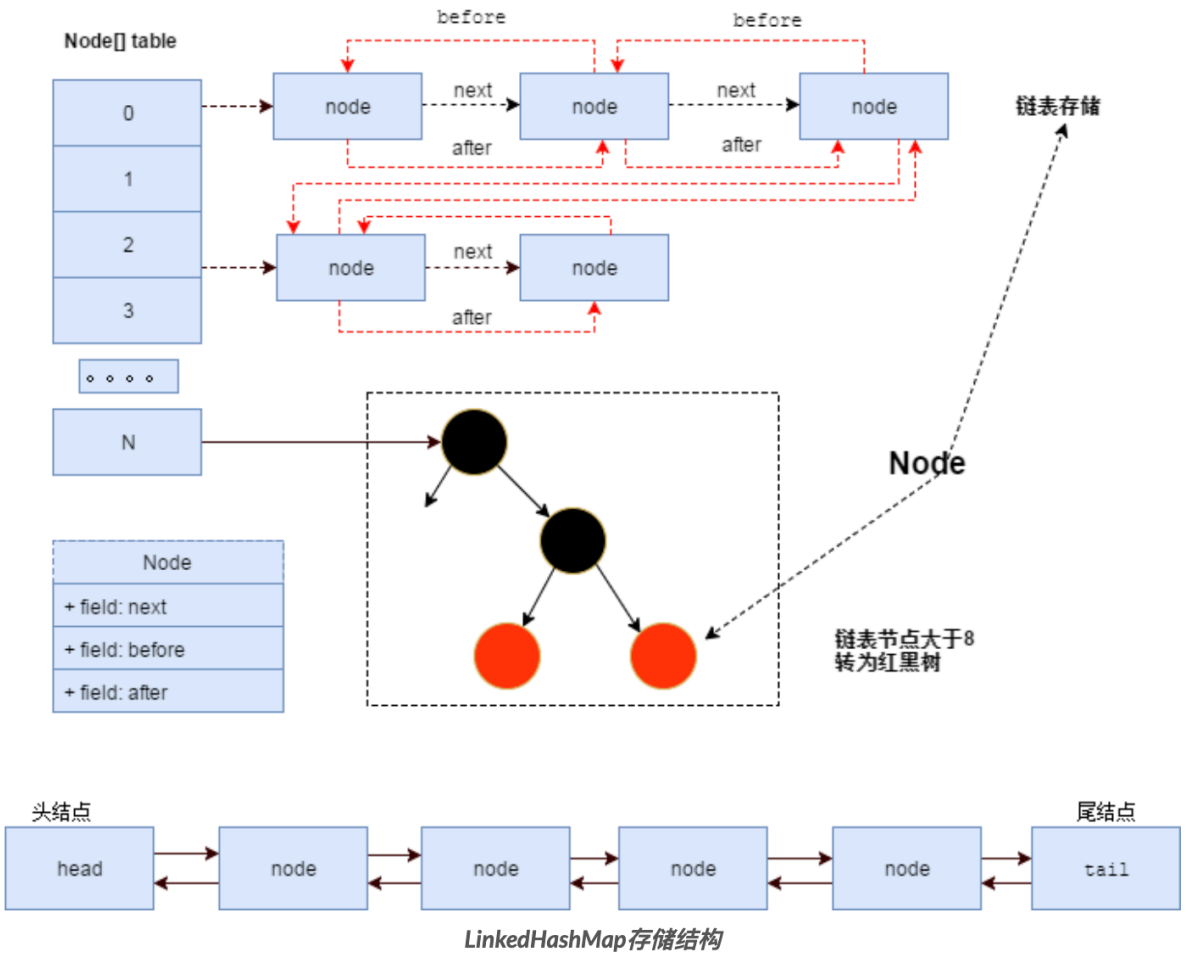
```
public V put(K key, V value) {
        Entry<K,V> t = root;
        if (t == null) {
            compare(key, key); //如果初始化map时传入了compareable比较器，则使用map的，若没有则使用key的compareable
            root = new Entry<>(key, value, null);
            size = 1;
            modCount++; //操作数加一
            return null; //返回以前的值
        }
        int cmp;
        Entry<K,V> parent;
```

```
        // split comparator and comparable paths
        Comparator<? super K> cpr = comparator; //使用自身传入的比较器
        if (cpr != null) { //如果比较器不为null
            do {
                parent = t;
                cmp = cpr.compare(key, t.key);
                if (cmp < 0) // 如果比较key比t的key小，则寻找t的左子树
                    t = t.left;
                else if (cmp > 0)  // 如果比较key比t的key大，则寻找t的右子树
                    t = t.right;
                else
                    return t.setValue(value); //如果有相等的key，则覆盖value
            } while (t != null);
        }
        else { //如果比较器为空
            if (key == null)
                throw new NullPointerException();
            @SuppressWarnings("unchecked")
                Comparable<? super K> k = (Comparable<? super K>) key;//使用key
自己的比较器
            do {
                parent = t;
                cmp = k.compareTo(t.key);
                if (cmp < 0)
                    t = t.left;
                else if (cmp > 0)
                    t = t.right;
                else
                    return t.setValue(value);
            } while (t != null);
        }
        Entry<K,V> e = new Entry<>(key, value, parent);  //如果比较后发现key没有存
在过，那么就插入 经过多次循环parent已经是需要插入节点的parent了
        if (cmp < 0)  //根据比较器 选择插入左还是右
            parent.left = e;
        else
            parent.right = e;
        fixAfterInsertion(e); //插入
        size++;
        modCount++;
        return null;
    }
```

LinkedHashMap

`LinkedHashMap`继承自`HashMap`,主要是使用了双向链表维护了node之间的顺序，而红黑树本身就是有序的

如图



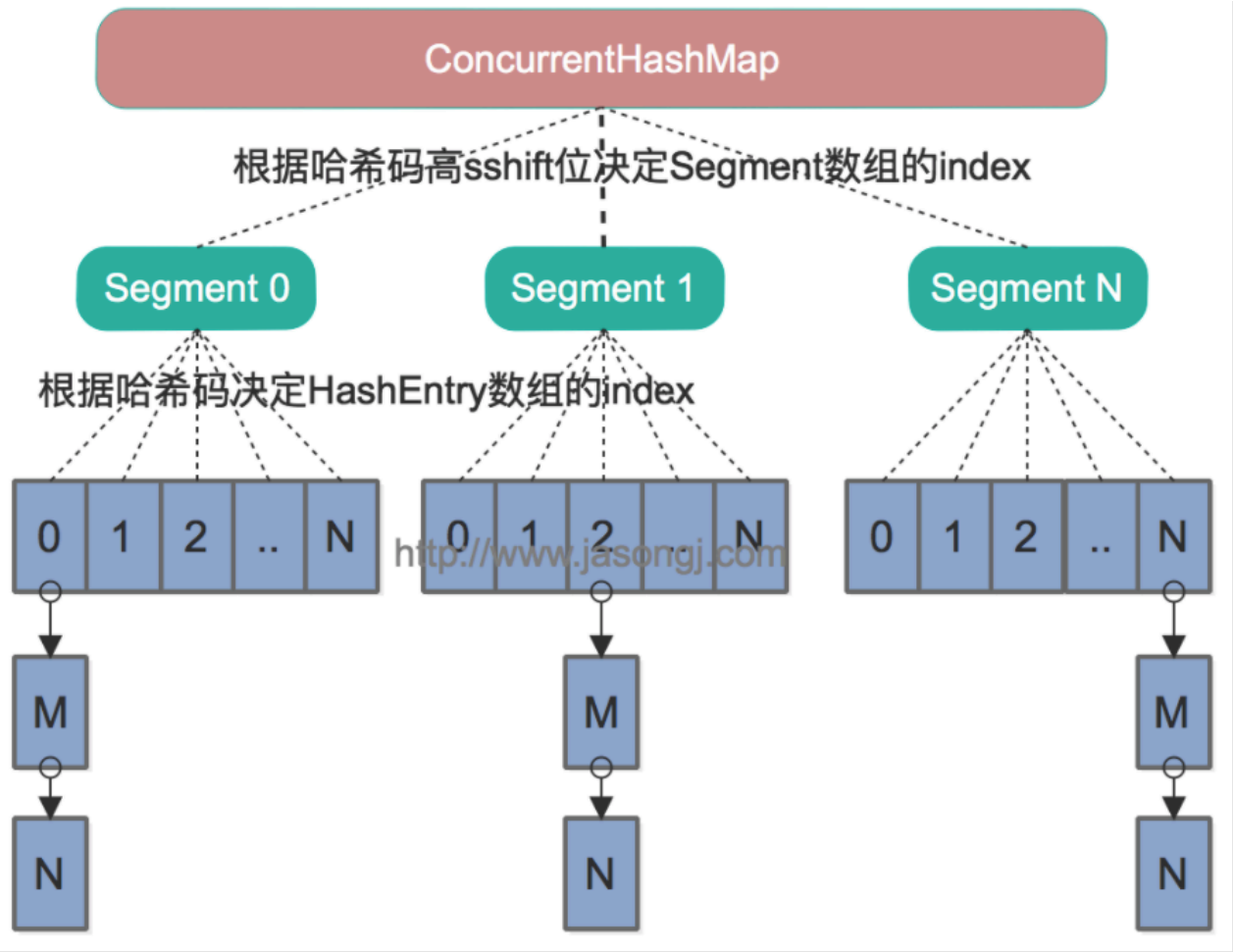
LinkedHashMap存储结构

ConcurrentHashMap

Java 7基于分段锁的ConcurrentHashMap

数据结构

Java 7中的ConcurrentHashMap的底层数据结构仍然是数组和链表。与HashMap不同的是，ConcurrentHashMap最外层不是一个大的数组，而是一个Segment的数组。每个Segment包含一个与HashMap数据结构差不多的链表数组。整体数据结构如下图所示。



寻址方式

在读写某个Key时，先取该Key的哈希值。并将哈希值的高N位对Segment个数取模从而得到该Key应该属于哪个Segment，接着如同操作HashMap一样操作这个Segment。为了保证不同的值均匀分布到不同的Segment，需要通过如下方法计算哈希值。

```
private int hash(Object k) {
  int h = hashSeed;
  if ((0 != h) && (k instanceof String)) {
    return sun.misc.Hashing.stringHash32((String) k);
  }
  h ^= k.hashCode();
  h += (h <<  15) ^ 0xffffcd7d;
  h ^= (h >>> 10);
  h += (h <<   3);
  h ^= (h >>>  6);
  h += (h <<   2) + (h << 14);
  return h ^ (h >>> 16);
}
```

同样为了提高取模运算效率，通过如下计算，ssize即为大于concurrencyLevel的最小的2的N次方，同时segmentMask为2^N-1。这一点跟上文中计算数组长度的方法一致。对于某一个Key的哈希值，只需要向右移segmentShift位以取高sshift位，再与segmentMask取与操作即可得到它在Segment数组上的索引。

```
int sshift = 0;
int ssize = 1;
while (ssize < concurrencyLevel) {
  ++sshift;
  ssize <<= 1;
}
this.segmentShift = 32 - sshift;
this.segmentMask = ssize - 1;
Segment<K,V>[] ss = (Segment<K,V>[])new Segment[ssize];
```

同步方式

Segment继承自ReentrantLock，所以我们可以很方便的对每一个Segment上锁。

对于读操作，获取Key所在的Segment时，需要保证可见性。具体实现上可以使用volatile关键字，也可使用锁。但使用锁开销太大，而使用volatile时每次写操作都会让所有CPU内缓存无效，也有一定开销。ConcurrentHashMap使用如下方法保证可见性，取得最新的Segment。

```
Segment<K,V> s = (Segment<K,V>)UNSAFE.getObjectVolatile(segments, u)
```

获取Segment中的HashEntry时也使用了类似方法

```
HashEntry<K,V> e = (HashEntry<K,V>) UNSAFE.getObjectVolatile
  (tab, ((long)(((tab.length - 1) & h)) << TSHIFT) + TBASE)
```

对于写操作，并不要求同时获取所有Segment的锁，因为那样相当于锁住了整个Map。它会先获取该Key-Value对所在的Segment的锁，获取成功后就可以像操作一个普通的HashMap一样操作该Segment，并保证该Segment的安全性。
同时由于其它Segment的锁并未被获取，因此理论上可支持concurrencyLevel（等于Segment的个数）个线程安全的并发读写。

获取锁时，并不直接使用lock来获取，因为该方法获取锁失败时会挂起（参考可重入锁）。事实上，它使用了自旋锁，如果tryLock获取锁失败，说明锁被其它线程占用，此时通过循环再次以tryLock的方式申请锁。如果在循环过程中该Key所对应的链表头被修改，则重置retry次数。如果retry次数超过一定值，则使用lock方法申请锁。

这里使用自旋锁是因为自旋锁的效率比较高，但是它消耗CPU资源比较多，因此在自旋次数超过阈值时切换为互斥锁。

size操作

put、remove和get操作只需要关心一个Segment，而size操作需要遍历所有的Segment才能算出整个Map的大小。一个简单的方案是，先锁住所有Sgment，计算完后再解锁。但这样做，在做size操作时，不仅无法对Map进行写操作，同时也无法进行读操作，不利于对Map的并行操作。

为更好支持并发操作，ConcurrentHashMap会在不上锁的前提逐个Segment计算3次size，如果某相邻两次计算获取的所有Segment的更新次数（每个Segment都与HashMap一样通过modCount跟踪自己的修改次数，Segment每修改一次其modCount加一）相等，说明这两次计算过程中无更新操作，则这两次计算出的总size相等，可直接作为最终结果返回。如果这三次计算过程中Map有更新，则对所有Segment加锁重新计算Size。该计算方法代码如下

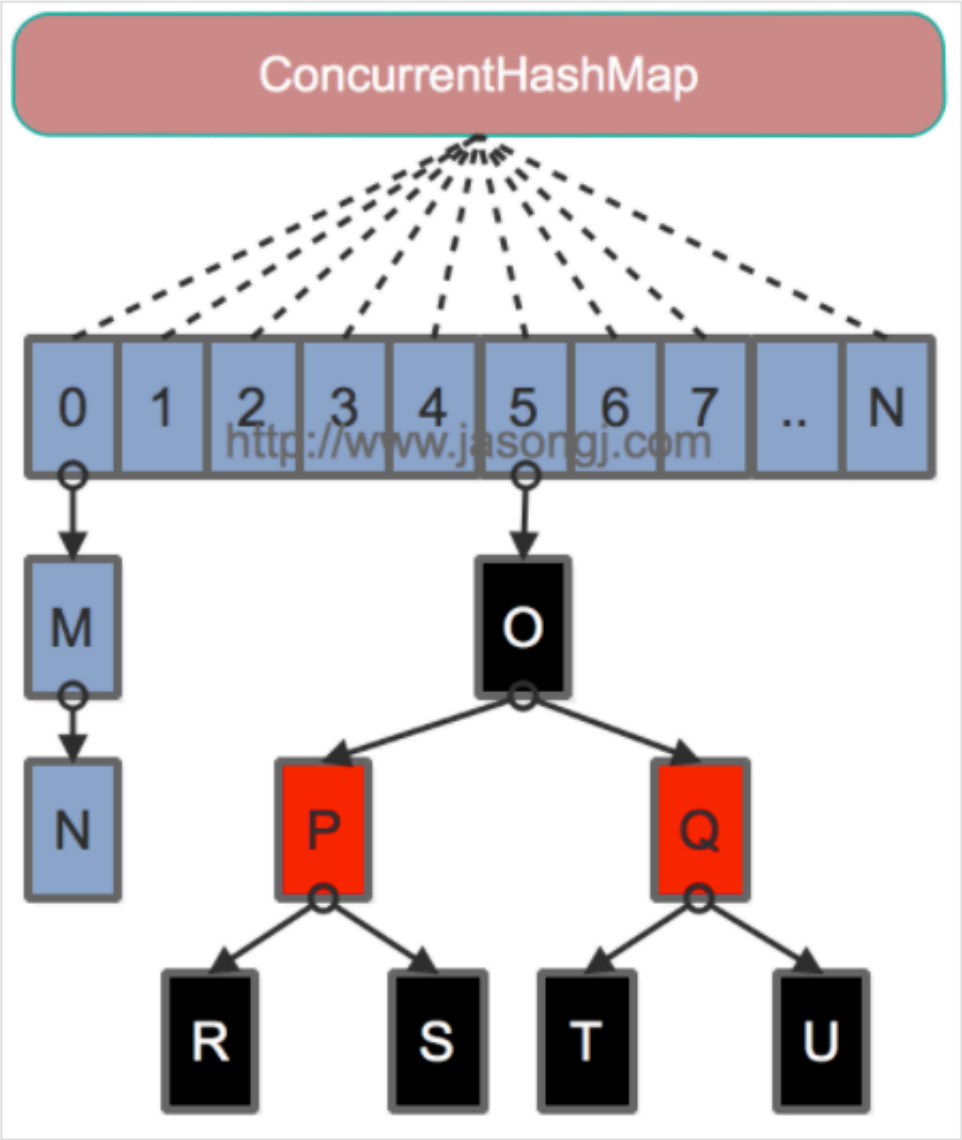
```
public int size() {
  final Segment<K,V>[] segments = this.segments;
  int size;
  boolean overflow; // true if size overflows 32 bits
  long sum;         // sum of modCounts
  long last = 0L;   // previous sum
  int retries = -1; // first iteration isn't retry
  try {
    for (;;) {
      if (retries++ == 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;
        }
      }
      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;
}
```

Java 8基于CAS的ConcurrentHashMap

数据结构

与java8的hashmap一致

摒弃了分段锁的方案，而是直接使用一个大的数组。同时为了提高哈希碰撞下的寻址性能，Java 8在链表长度超过一定阈值（8）时将链表（寻址时间复杂度为O(N)）转换为红黑树（寻址时间复杂度为O(long(N))）。其数据结构如下图所示



寻址方式

Java 8的ConcurrentHashMap同样是通过Key的哈希值与数组长度取模确定该Key在数组中的索引。同样为了避免不太好的Key的hashCode设计，它通过如下方法计算得到Key的最终哈希值。不同的是，Java 8的ConcurrentHashMap作者认为引入红黑树后，即使哈希冲突比较严重，寻址效率也足够高，所以作者并未在哈希值的计算上做过多设计，只是将Key的hashCode值与其高16位作异或并保证最高位为0（从而保证最终结果为正整数）。

```
static final int spread(int h) {
  return (h ^ (h >>> 16)) & HASH_BITS;
}
```

同步方式

对于put操作，如果Key对应的数组元素为null，则通过CAS操作将其设置为当前值。如果Key对应的数组元素（也即链表表头或者树的根元素）不为null，则对该元素使用synchronized关键字申请锁，然后进行操作。如果该put操作使得当前链表长度超过一定阈值，则将该链表转换为树，从而提高寻址效率。

对于读操作，由于数组被volatile关键字修饰，因此不用担心数组的可见性问题。同时每个元素是一个Node实例（Java 7中每个元素是一个HashEntry），它的Key值和hash值都由final修饰，不可变更，无须关心它们被修改后的可见性问题。而其Value及对下一个元素的引用由volatile修饰，可见性也有保障。

```
static class Node<K,V> implements Map.Entry<K,V> {
  final int hash;
  final K key;
  volatile V val;
  volatile Node<K,V> next;
}
```

对于Key对应的数组元素的可见性，由Unsafe的getObjectVolatile方法保证。

```
static final <K,V> Node<K,V> tabAt(Node<K,V>[] tab, int i) {
  return (Node<K,V>)U.getObjectVolatile(tab, ((long)i << ASHIFT) + ABASE);
}
```

size操作

put方法和remove方法都会通过addCount方法维护Map的size。size方法通过sumCount获取由addCount方法维护的Map的size。