Java 容器

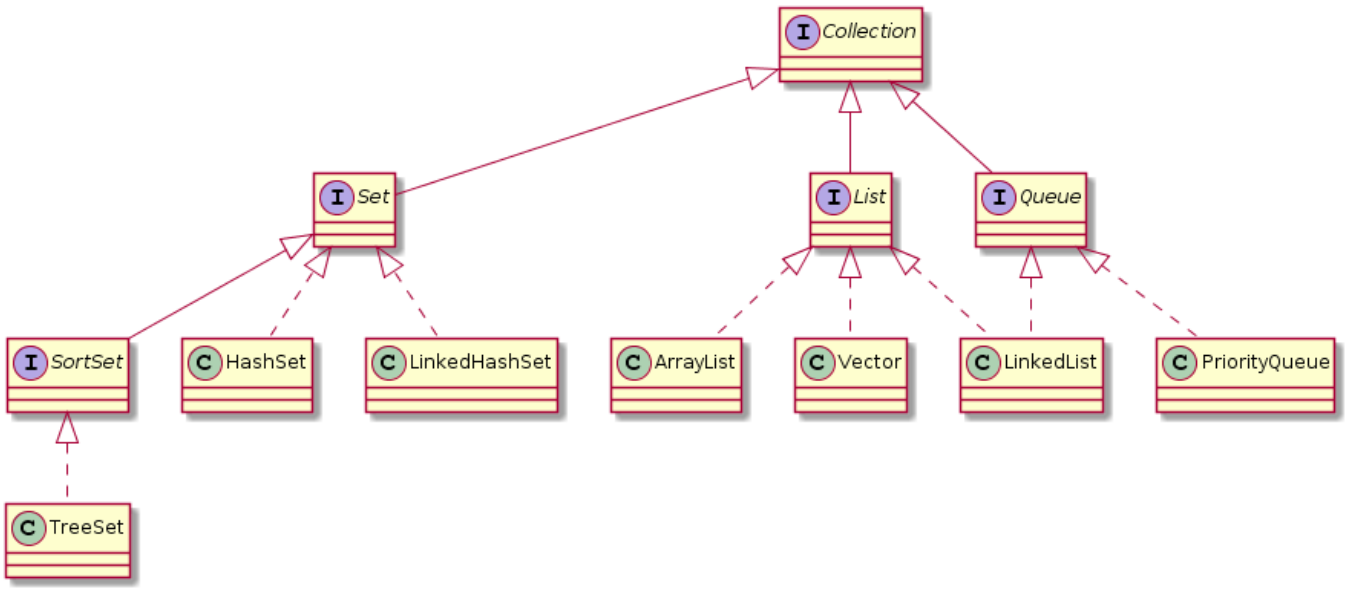
原作者github: https://github.com/CyC2018/CS-Notes

PDF制作github: https://github.com/sjsdfg/CS-Notes-PDF

一、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



1. 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。

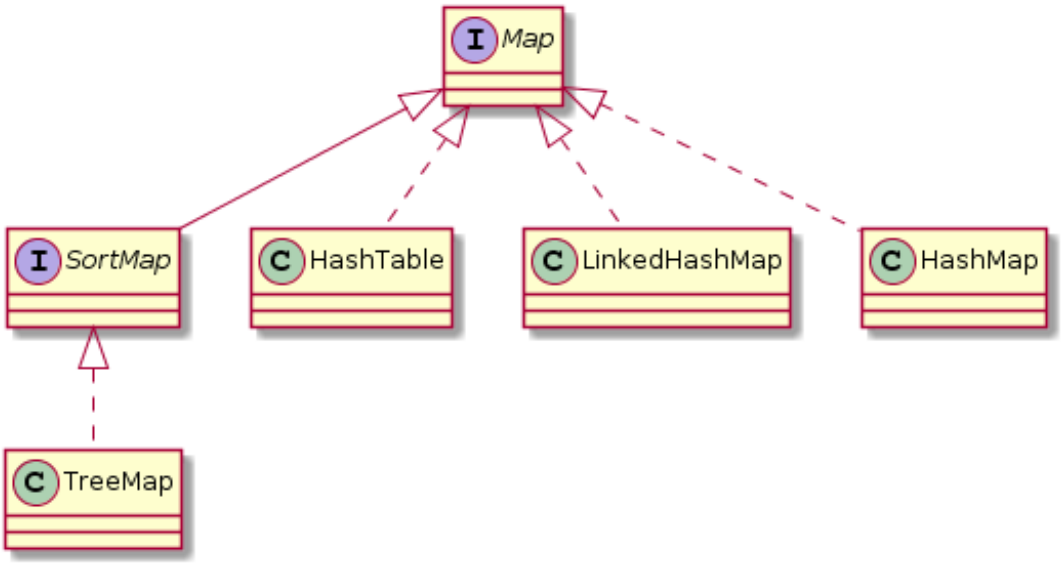
2. List

- 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。

3. 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



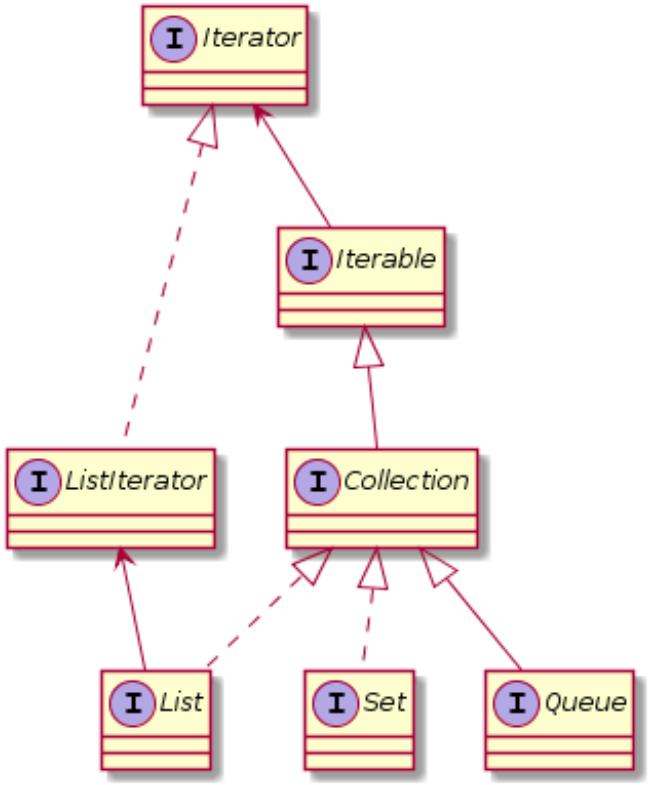
- TreeMap：基于红黑树实现。
- HashMap：基于哈希表实现。
- HashTable：和 HashMap 类似，但它是线程安全的，这意味着同一时刻多个线程可以同时写入 HashTable 并且不会导致数据不一致。它是遗留类，不应该去使用它。现在可以使用 ConcurrentHashMap 来支持线程安全，并且 ConcurrentHashMap 的效率会更高，

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。

二、容器中的设计模式

迭代器模式



Collection 实现了 Iterable 接口，其中的 iterator() 方法能够产生一个 Iterator 对象，通过这个对象就可以迭代遍历 Collection 中的元素。

从 JDK 1.5 之后可以使用 foreach 方法来遍历实现了 Iterable 接口的聚合对象。

```
List<String> list = new ArrayList<>();
list.add("a");
list.add("b");
for (String item : list) {
    System.out.println(item);
```

```
}
```

适配器模式

java.util.Arrays#asList() 可以把数组类型转换为 List 类型。

```
@SafeVarargs
public static <T> List<T> asList(T... a)
```

应该注意的是 asList() 的参数为泛型的变长参数，不能使用基本类型数组作为参数，只能使用相应的包装类型数组。

```
Integer[] arr = {1, 2, 3};
List list = Arrays.asList(arr);
```

也可以使用以下方式调用 asList()：

```
List list = Arrays.asList(1,2,3);
```

三、源码分析

如果没有特别说明，以下源码分析基于 JDK 1.8。

在 IDEA 中 double shift 调出 Search EveryWhere，查找源码文件，找到之后就可以阅读源码。

ArrayList

1. 概览

实现了 RandomAccess 接口，因此支持随机访问。这是理所当然的，因为 ArrayList 是基于数组实现的。

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

数组的默认大小为 10。

```
private static final int DEFAULT_CAPACITY = 10;
```

2. 扩容

添加元素时使用 ensureCapacityInternal() 方法来保证容量足够，如果不够时，需要使用 grow() 方法进行扩容，新容量的大小为 `oldCapacity + (oldCapacity >> 1)`，也就是旧容量的 1.5 倍。

扩容操作需要调用 `Arrays.copyOf()` 把原数组整个复制到新数组中，这个操作代价很高，因此最好在创建 ArrayList 对象时就指定大概的容量大小，减少扩容操作的次数。

```
public boolean add(E e) {
    ensureCapacityInternal(size + 1);  // Increments modCount!!
    elementData[size++] = e;
    return true;
}

private void ensureCapacityInternal(int minCapacity) {
    if (elementData == DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA) {
        minCapacity = Math.max(DEFAULT_CAPACITY, minCapacity);
    }
    ensureExplicitCapacity(minCapacity);
}

private void ensureExplicitCapacity(int minCapacity) {
    modCount++;
    // overflow-conscious code
    if (minCapacity - elementData.length > 0)
        grow(minCapacity);
}

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

```
        int newCapacity = oldCapacity + (oldCapacity >> 1);
        if (newCapacity - minCapacity < 0)
            newCapacity = minCapacity;
        if (newCapacity - MAX_ARRAY_SIZE > 0)
            newCapacity = hugeCapacity(minCapacity);
        // minCapacity is usually close to size, so this is a win:
        elementData = Arrays.copyOf(elementData, newCapacity);
    }
```

3. 删除元素

需要调用 System.arraycopy() 将 index+1 后面的元素都复制到 index 位置上，该操作的时间复杂度为 O(N)，可以看出 ArrayList 删除元素的代价是非常高的。

```
public E remove(int index) {
    rangeCheck(index);
    modCount++;
    E oldValue = elementData(index);
    int numMoved = size - index - 1;
    if (numMoved > 0)
        System.arraycopy(elementData, index+1, elementData, index, numM
oved);
    elementData[--size] = null; // clear to let GC do its work
    return oldValue;
}
```

4. Fail-Fast

modCount 用来记录 ArrayList 结构发生变化的次数。结构发生变化是指添加或者删除至少一个元素的所有操作，或者是调整内部数组的大小，仅仅只是设置元素的值不算结构发生变化。

在进行序列化或者迭代等操作时，需要比较操作前后 modCount 是否改变，如果改变了需要抛出 ConcurrentModificationException。

```
private void writeObject(java.io.ObjectOutputStream s)
    throws java.io.IOException{
    // Write out element count, and any hidden stuff
    int expectedModCount = modCount;
    s.defaultWriteObject();
```

```
6.
7.      // Write out size as capacity for behavioural compatibility with c
    lone()
8.      s.writeInt(size);
9.
10.     // Write out all elements in the proper order.
11.     for (int i=0; i<size; i++) {
12.         s.writeObject(elementData[i]);
13.     }
14.
15.     if (modCount != expectedModCount) {
16.         throw new ConcurrentModificationException();
17.     }
18. }
```

5. 序列化

ArrayList 基于数组实现，并且具有动态扩容特性，因此保存元素的数组不一定都会被使用，那么就没必要全部进行序列化。

保存元素的数组 elementData 使用 transient 修饰，该关键字声明数组默认不会被序列化。

```
1.  transient Object[] elementData; // non-private to simplify nested clas
    s access
```

ArrayList 实现了 writeObject() 和 readObject() 来控制只序列化数组中有元素填充那部分内容。

```
1.  private void readObject(java.io.ObjectInputStream s)
2.      throws java.io.IOException, ClassNotFoundException {
3.      elementData = EMPTY_ELEMENTDATA;
4.
5.      // Read in size, and any hidden stuff
6.      s.defaultReadObject();
7.
8.      // Read in capacity
9.      s.readInt(); // ignored
10.
11.     if (size > 0) {
12.         // be like clone(), allocate array based upon size not
    capacity
```

```
            ensureCapacityInternal(size);

            Object[] a = elementData;
            // Read in all elements in the proper order.
            for (int i=0; i<size; i++) {
                a[i] = s.readObject();
            }
        }
    }
```

```
    private void writeObject(java.io.ObjectOutputStream s)
        throws java.io.IOException{
        // Write out element count, and any hidden stuff
        int expectedModCount = modCount;
        s.defaultWriteObject();

        // Write out size as capacity for behavioural compatibility with c
    lone()
        s.writeInt(size);

        // Write out all elements in the proper order.
        for (int i=0; i<size; i++) {
            s.writeObject(elementData[i]);
        }

        if (modCount != expectedModCount) {
            throw new ConcurrentModificationException();
        }
    }
```

序列化时需要使用 ObjectOutputStream 的 writeObject() 将对象转换为字节流并输出。而 writeObject() 方法在传入的对象存在 writeObject() 的时候会去反射调用该对象的 writeObject() 来实现序列化。反序列化使用的是 ObjectInputStream 的 readObject() 方法，原理类似。

```
    ArrayList list = new ArrayList();
    ObjectOutputStream oos = new ObjectOutputStream(new
    FileOutputStream(file));
    oos.writeObject(list);
```

Vector

1. 同步

它的实现与 ArrayList 类似，但是使用了 synchronized 进行同步。

```
public synchronized boolean add(E e) {
    modCount++;
    ensureCapacityHelper(elementCount + 1);
    elementData[elementCount++] = e;
    return true;
}

public synchronized E get(int index) {
    if (index >= elementCount)
        throw new ArrayIndexOutOfBoundsException(index);

    return elementData(index);
}
```

2. 与 ArrayList 的比较

- Vector 是同步的，因此开销就比 ArrayList 要大，访问速度更慢。最好使用 ArrayList 而不是 Vector，因为同步操作完全可以由程序员自己来控制；
- Vector 每次扩容请求其大小的 2 倍空间，而 ArrayList 是 1.5 倍。

3. 替代方案

可以使用 `Collections.synchronizedList();` 得到一个线程安全的 ArrayList。

```
List<String> list = new ArrayList<>();
List<String> synList = Collections.synchronizedList(list);
```

也可以使用 concurrent 并发包下的 CopyOnWriteArrayList 类。

```
List<String> list = new CopyOnWriteArrayList<>();
```

CopyOnWriteArrayList

读写分离

写操作在一个复制的数组上进行，读操作还是在原始数组中进行，读写分离，互不影响。

写操作需要加锁，防止并发写入时导致写入数据丢失。

写操作结束之后需要把原始数组指向新的复制数组。

```
public boolean add(E e) {
    final ReentrantLock lock = this.lock;
    lock.lock();
    try {
        Object[] elements = getArray();
        int len = elements.length;
        Object[] newElements = Arrays.copyOf(elements, len + 1);
        newElements[len] = e;
        setArray(newElements);
        return true;
    } finally {
        lock.unlock();
    }
}

final void setArray(Object[] a) {
    array = a;
}
```

```
@SuppressWarnings("unchecked")
private E get(Object[] a, int index) {
    return (E) a[index];
}
```

适用场景

CopyOnWriteArrayList 在写操作的同时允许读操作，大大提高了读操作的性能，因此很适合读多写少的应用场景。

但是 CopyOnWriteArrayList 有其缺陷：

- 内存占用：在写操作时需要复制一个新的数组，使得内存占用为原来的两倍左右；
- 数据不一致：读操作不能读取实时性的数据，因为部分写操作的数据还未同步到读数组中。

所以 CopyOnWriteArrayList 不适合内存敏感以及对实时性要求很高的场景。

LinkedList

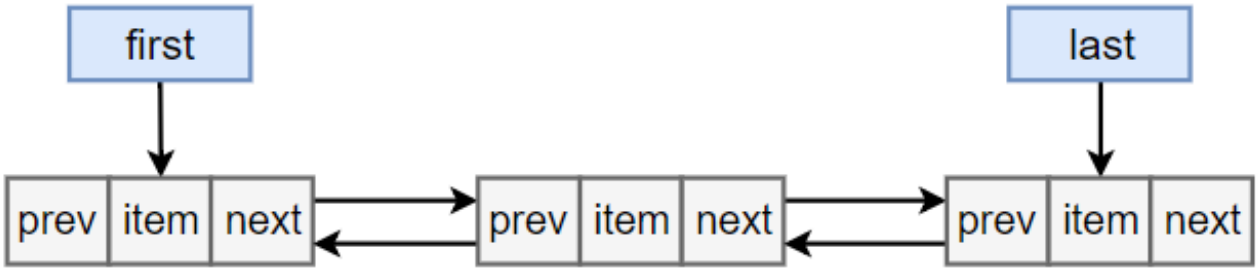
1. 概览

基于双向链表实现，使用 Node 存储链表节点信息。

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

每个链表存储了 first 和 last 指针：

```
transient Node<E> first;
transient Node<E> last;
```



2. 与 ArrayList 的比较

- ArrayList 基于动态数组实现，LinkedList 基于双向链表实现；
- ArrayList 支持随机访问，LinkedList 不支持；
- LinkedList 在任意位置添加删除元素更快。

HashMap

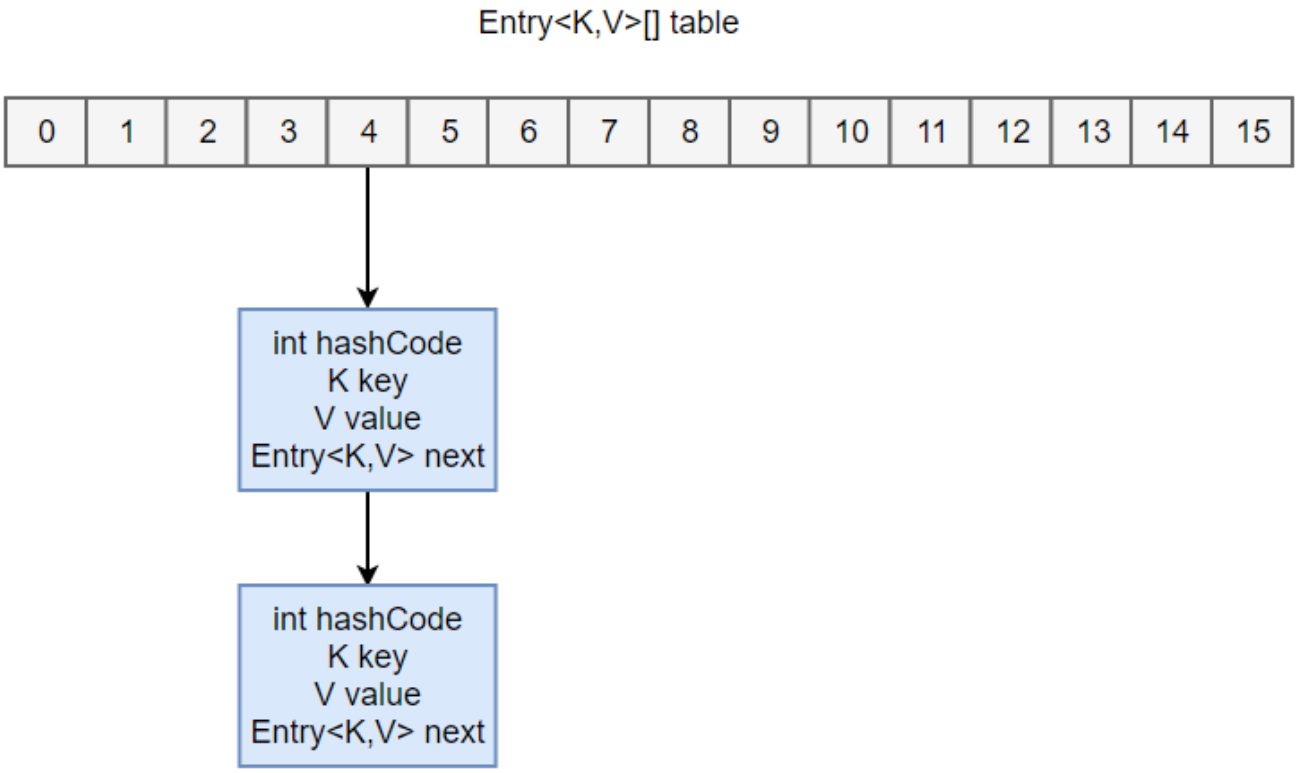
为了便于理解，以下源码分析以 JDK 1.7 为主。

1. 存储结构

内部包含了一个 Entry 类型的数组 table。

```
1.   transient Entry[] table;
```

Entry 存储着键值对。它包含了四个字段，从 next 字段我们可以看出 Entry 是一个链表。即数组中的每个位置被当成一个桶，一个桶存放一个链表。HashMap 使用拉链法来解决冲突，同一个链表中存放哈希值相同的 Entry。



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

    Entry(int h, K k, V v, Entry<K,V> n) {
        value = v;
        next = n;
        key = k;
        hash = h;
    }

    public final K getKey() {
        return key;
    }

    public final V getValue() {
        return value;
    }

    public final V setValue(V newValue) {
        V oldValue = value;
        value = newValue;
        return oldValue;
    }

    public final boolean equals(Object o) {
        if (!(o instanceof Map.Entry))
            return false;
        Map.Entry e = (Map.Entry)o;
        Object k1 = getKey();
        Object k2 = e.getKey();
        if (k1 == k2 || (k1 != null && k1.equals(k2))) {
            Object v1 = getValue();
            Object v2 = e.getValue();
            if (v1 == v2 || (v1 != null && v1.equals(v2)))
                return true;
        }
        return false;
    }

    public final int hashCode() {
        return Objects.hashCode(getKey()) ^ Objects.hashCode(getValue()
);
```

```
        }

        public final String toString() {
            return getKey() + "=" + getValue();
        }
    }
```

2. 拉链法的工作原理

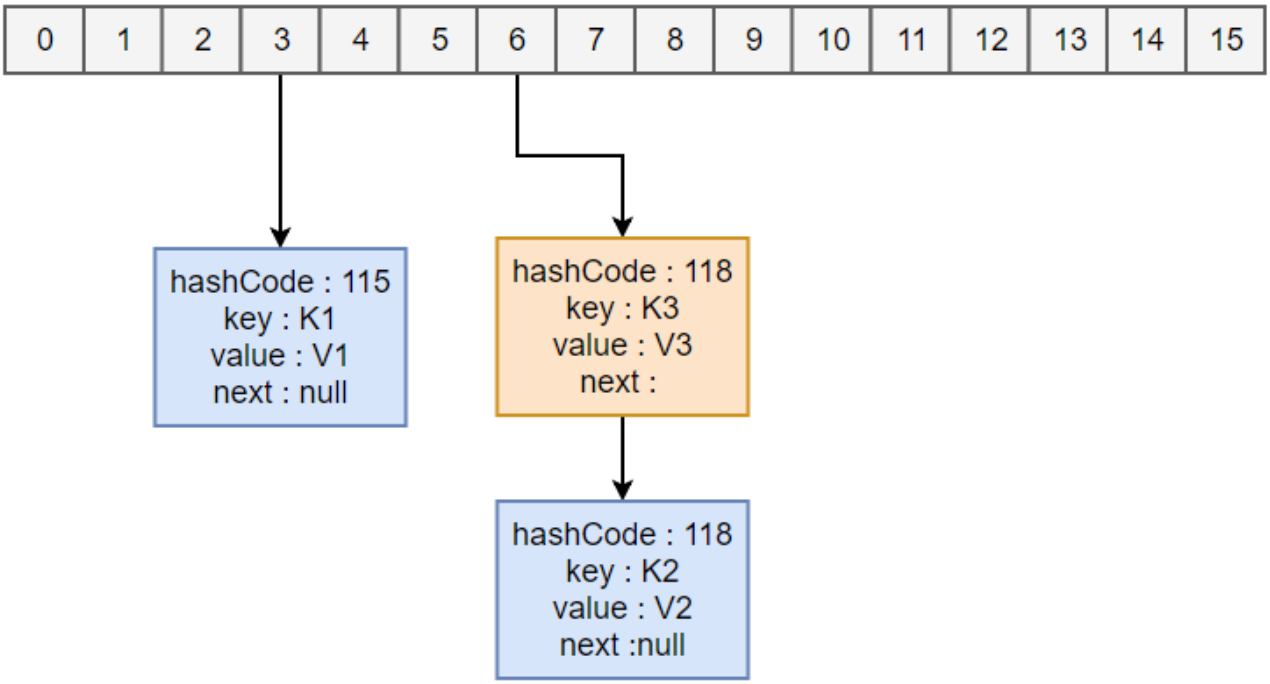
```
HashMap<String, String> map = new HashMap<>();
map.put("K1", "V1");
map.put("K2", "V2");
map.put("K3", "V3");
```

- 新建一个 HashMap，默认大小为 16；
- 插入 <K1,V1> 键值对，先计算 K1 的 hashCode 为 115，使用除留余数法得到所在的桶下标 115%16=3。
- 插入 <K2,V2> 键值对，先计算 K2 的 hashCode 为 118，使用除留余数法得到所在的桶下标 118%16=6。
- 插入 <K3,V3> 键值对，先计算 K3 的 hashCode 为 118，使用除留余数法得到所在的桶下标 118%16=6，插在 <K2,V2> 前面。

应该注意到链表的插入是以头插法方式进行的，例如上面的 <K3,V3> 不是插在 <K2,V2> 后面，而是插入在链表头部。

查找需要分成两步进行：

- 计算键值对所在的桶；
- 在链表上顺序查找，时间复杂度显然和链表的长度成正比。



3. put 操作

```
public V put(K key, V value) {
    if (table == EMPTY_TABLE) {
        inflateTable(threshold);
    }
    // 键为 null 单独处理
    if (key == null)
        return putForNullKey(value);
    int hash = hash(key);
    // 确定桶下标
    int i = indexFor(hash, table.length);
    // 先找出是否已经存在键为 key 的键值对，如果存在的话就更新这个键值对的值为 value
    for (Entry<K,V> e = table[i]; e != null; e = e.next) {
        Object k;
        if (e.hash == hash && ((k = e.key) == key || key.equals(k))) {
            V oldValue = e.value;
            e.value = value;
            e.recordAccess(this);
            return oldValue;
        }
    }

```

```
        modCount++;
        // 插入新键值对
        addEntry(hash, key, value, i);
        return null;
    }
```

HashMap 允许插入键为 null 的键值对。但是因为无法调用 null 的 hashCode() 方法，也就无法确定该键值对的桶下标，只能通过强制指定一个桶下标来存放。HashMap 使用第 0 个桶存放键为 null 的键值对。

```
private V putForNullKey(V value) {
    for (Entry<K,V> e = table[0]; e != null; e = e.next) {
        if (e.key == null) {
            V oldValue = e.value;
            e.value = value;
            e.recordAccess(this);
            return oldValue;
        }
    }
    modCount++;
    addEntry(0, null, value, 0);
    return null;
}
```

使用链表的头插法，也就是新的键值对插在链表的头部，而不是链表的尾部。

```
void addEntry(int hash, K key, V value, int bucketIndex) {
    if ((size >= threshold) && (null != table[bucketIndex])) {
        resize(2 * table.length);
        hash = (null != key) ? hash(key) : 0;
        bucketIndex = indexFor(hash, table.length);
    }

    createEntry(hash, key, value, bucketIndex);
}

void createEntry(int hash, K key, V value, int bucketIndex) {
    Entry<K,V> e = table[bucketIndex];
    // 头插法，链表头部指向新的键值对
    table[bucketIndex] = new Entry<>(hash, key, value, e);
    size++;
}
```

```
Entry(int h, K k, V v, Entry<K,V> n) {
    value = v;
    next = n;
    key = k;
    hash = h;
}
```

4. 确定桶下标

很多操作都需要先确定一个键值对所在的桶下标。

```
int hash = hash(key);
int i = indexFor(hash, table.length);
```

(一) 计算 hash 值

```
final int hash(Object k) {
    int h = hashSeed;
    if (0 != h && k instanceof String) {
        return sun.misc.Hashing.stringHash32((String) k);
    }

    h ^= k.hashCode();

    // This function ensures that hashCodes that differ only by
    // constant multiples at each bit position have a bounded
    // number of collisions (approximately 8 at default load factor).
    h ^= (h >>> 20) ^ (h >>> 12);
    return h ^ (h >>> 7) ^ (h >>> 4);
}
```

```
public final int hashCode() {
    return Objects.hashCode(key) ^ Objects.hashCode(value);
}
```

(二) 取模

令 x = 1<<4，即 x 为 2 的 4 次方，它具有以下性质：

```
x    : 00010000
x-1  : 00001111
```

令一个数 y 与 x-1 做与运算，可以去除 y 位级表示的第 4 位以上数：

```
y        : 10110010
x-1      : 00001111
y&(x-1)  : 00000010
```

这个性质和 y 对 x 取模效果是一样的：

```
y    : 10110010
x    : 00010000
y%x  : 00000010
```

我们知道，位运算的代价比求模运算小的多，因此在进行这种计算时用位运算的话能带来更高的性能。

确定桶下标的最后一步是将 key 的 hash 值对桶个数取模：hash%capacity，如果能保证 capacity 为 2 的 n 次方，那么就可以将这个操作转换为位运算。

```
static int indexFor(int h, int length) {
    return h & (length-1);
}
```

5. 扩容-基本原理

设 HashMap 的 table 长度为 M，需要存储的键值对数量为 N，如果哈希函数满足均匀性的要求，那么每条链表的长度大约为 N/M，因此平均查找次数的复杂度为 O(N/M)。

为了让查找的成本降低，应该尽可能使得 N/M 尽可能小，因此需要保证 M 尽可能大，也就是说 table 要尽可能大。HashMap 采用动态扩容来根据当前的 N 值来调整 M 值，使得空间效率和时间效率都能得到保证。

和扩容相关的参数主要有：capacity、size、threshold 和 load_factor。

参数	含义
capacity	table 的容量大小，默认为 16。需要注意的是 capacity 必须保证为 2 的 n 次方。
size	table 的实际使用量。
threshold	size 的临界值，size 必须小于 threshold，如果大于等于，就必须进行扩容操作。
loadFactor	装载因子，table 能够使用的比例，threshold = capacity * loadFactor。

```
static final int DEFAULT_INITIAL_CAPACITY = 16;

static final int MAXIMUM_CAPACITY = 1 << 30;

static final float DEFAULT_LOAD_FACTOR = 0.75f;

transient Entry[] table;

transient int size;

int threshold;

final float loadFactor;

transient int modCount;
```

从下面的添加元素代码中可以看出，当需要扩容时，令 capacity 为原来的两倍。

```
void addEntry(int hash, K key, V value, int bucketIndex) {
    Entry<K,V> e = table[bucketIndex];
    table[bucketIndex] = new Entry<>(hash, key, value, e);
    if (size++ >= threshold)
        resize(2 * table.length);
}
```

扩容使用 resize() 实现，需要注意的是，扩容操作同样需要把 oldTable 的所有键值对重新插入 newTable 中，因此这一步是很费时的。

```
void resize(int newCapacity) {
    Entry[] oldTable = table;
```

```
        int oldCapacity = oldTable.length;
        if (oldCapacity == MAXIMUM_CAPACITY) {
            threshold = Integer.MAX_VALUE;
            return;
        }
        Entry[] newTable = new Entry[newCapacity];
        transfer(newTable);
        table = newTable;
        threshold = (int)(newCapacity * loadFactor);
    }

    void transfer(Entry[] newTable) {
        Entry[] src = table;
        int newCapacity = newTable.length;
        for (int j = 0; j < src.length; j++) {
            Entry<K,V> e = src[j];
            if (e != null) {
                src[j] = null;
                do {
                    Entry<K,V> next = e.next;
                    int i = indexFor(e.hash, newCapacity);
                    e.next = newTable[i];
                    newTable[i] = e;
                    e = next;
                } while (e != null);
            }
        }
    }
```

6. 扩容-重新计算桶下标

在进行扩容时，需要把键值对重新放到对应的桶上。HashMap 使用了一个特殊的机制，可以降低重新计算桶下标的操作。

假设原数组长度 capacity 为 16，扩容之后 new capacity 为 32：

```
capacity     : 00010000
new capacity : 00100000
```

对于一个 Key，

- 它的哈希值如果在第 5 位上为 0，那么取模得到的结果和之前一样；
- 如果为 1，那么得到的结果为原来的结果 +16。

7. 扩容-计算数组容量

HashMap 构造函数允许用户传入的容量不是 2 的 n 次方，因为它可以自动地将传入的容量转换为 2 的 n 次方。

先考虑如何求一个数的掩码，对于 10010000，它的掩码为 11111111，可以使用以下方法得到：

```
mask |= mask >> 1    11011000
mask |= mask >> 2    11111100
mask |= mask >> 4    11111111
```

mask+1 是大于原始数字的最小的 2 的 n 次方。

```
num     10010000
mask+1 100000000
```

以下是 HashMap 中计算数组容量的代码：

```
static final int tableSizeFor(int cap) {
    int n = cap - 1;
    n |= n >>> 1;
    n |= n >>> 2;
    n |= n >>> 4;
    n |= n >>> 8;
    n |= n >>> 16;
    return (n < 0) ? 1 : (n >= MAXIMUM_CAPACITY) ? MAXIMUM_CAPACITY : n + 1;
}
```

8. 链表转红黑树

从 JDK 1.8 开始，一个桶存储的链表长度大于 8 时会将链表转换为红黑树。

9. 与 HashTable 的比较

- HashTable 使用 synchronized 来进行同步。
- HashMap 可以插入键为 null 的 Entry。
- HashMap 的迭代器是 fail-fast 迭代器。
- HashMap 不能保证随着时间的推移 Map 中的元素次序是不变的。

ConcurrentHashMap

1. 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。

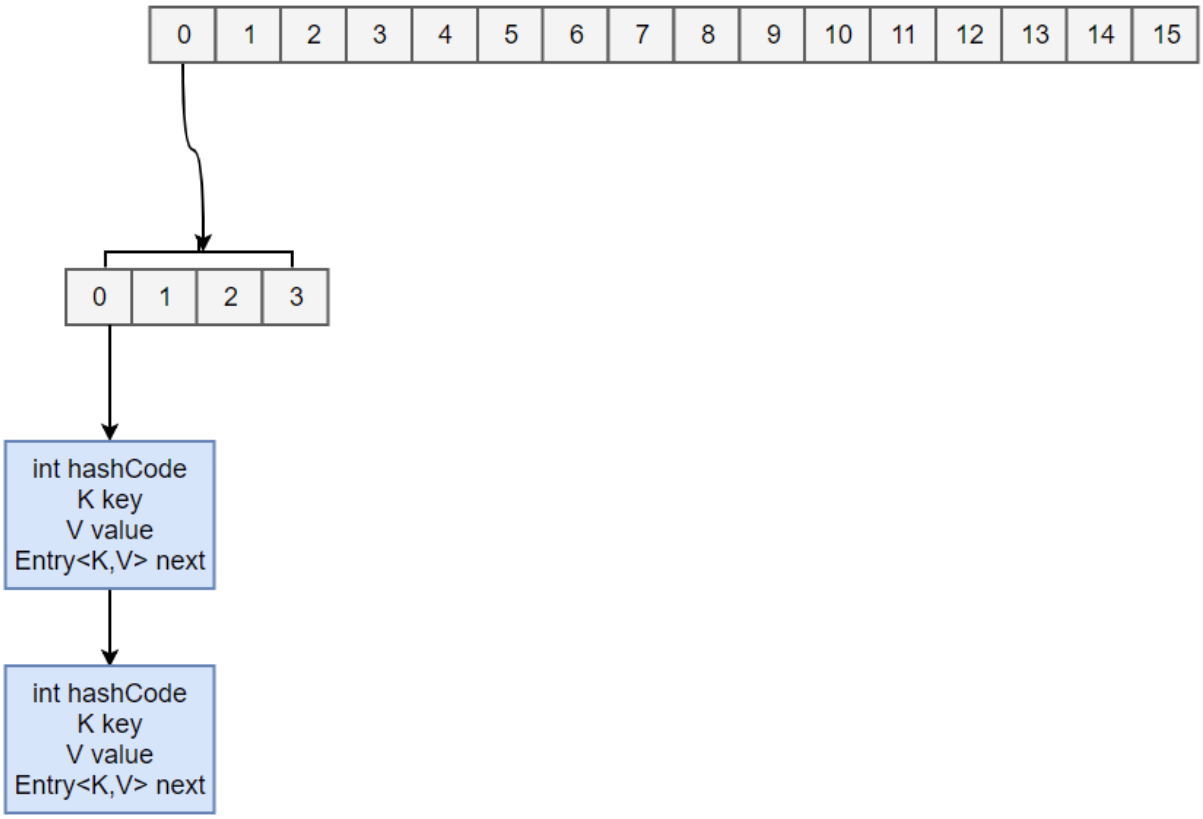
```
static final class Segment<K,V> extends ReentrantLock implements Serializable {

    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;
```

```
13.
14.         transient int threshold;
15.
16.         final float loadFactor;
17.     }
```

```
1.  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。

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



2. 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;
    }
```

3. 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。

LinkedHashMap

存储结构

继承自 HashMap，因此具有和 HashMap 一样的快速查找特性。

```
public class LinkedHashMap<K,V> extends HashMap<K,V> implements Map<K,V
>
```

内部维护了一个双向链表，用来维护插入顺序或者 LRU 顺序。

```
/**
 * The head (eldest) of the doubly linked list.
 */
transient LinkedHashMap.Entry<K,V> head;

/**
 * The tail (youngest) of the doubly linked list.
 */
transient LinkedHashMap.Entry<K,V> tail;
```

accessOrder 决定了顺序，默认为 false，此时维护的是插入顺序。

```
final boolean accessOrder;
```

LinkedHashMap 最重要的是以下用于维护顺序的函数，它们会在 put、get 等方法中调用。

```
void afterNodeAccess(Node<K,V> p) { }
void afterNodeInsertion(boolean evict) { }
```

afterNodeAccess()

当一个节点被访问时，如果 accessOrder 为 true，则会将该节点移到链表尾部。也就是说指定为 LRU 顺序之后，在每次访问一个节点时，会将这个节点移到链表尾部，保证链表尾部是最近访问的节点，那么链表首部就是最近最久未使用的节点。

```
void afterNodeAccess(Node<K,V> e) { // move node to last
    LinkedHashMap.Entry<K,V> last;
    if (accessOrder && (last = tail) != e) {
        LinkedHashMap.Entry<K,V> p =
            (LinkedHashMap.Entry<K,V>)e, b = p.before, a = p.after;
        p.after = null;
```

```
            if (b == null)
                head = a;
            else
                b.after = a;
            if (a != null)
                a.before = b;
            else
                last = b;
            if (last == null)
                head = p;
            else {
                p.before = last;
                last.after = p;
            }
            tail = p;
            ++modCount;
        }
    }
```

afterNodeInsertion()

在 put 等操作之后执行，当 removeEldestEntry() 方法返回 true 时会移除最晚的节点，也就是链表首部节点 first。

evict 只有在构建 Map 的时候才为 false，在这里为 true。

```
    void afterNodeInsertion(boolean evict) { // possibly remove eldest
        LinkedHashMap.Entry<K,V> first;
        if (evict && (first = head) != null && removeEldestEntry(first)) {
            K key = first.key;
            removeNode(hash(key), key, null, false, true);
        }
    }
```

removeEldestEntry() 默认为 false，如果需要让它为 true，需要继承 LinkedHashMap 并且覆盖这个方法的实现，这在实现 LRU 的缓存中特别有用，通过移除最近最久未使用的节点，从而保证缓存空间足够，并且缓存的数据都是热点数据。

```
    protected boolean removeEldestEntry(Map.Entry<K,V> eldest) {
        return false;
```

```
}
```

LRU 缓存

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]
```

WeakHashMap

存储结构

WeakHashMap 的 Entry 继承自 WeakReference，被 WeakReference 关联的对象在下一次垃圾回收时会被回收。

WeakHashMap 主要用来实现缓存，通过使用 WeakHashMap 来引用缓存对象，由 JVM 对这部分缓存进行回收。

```
1.  private static class Entry<K,V> extends WeakReference<Object> implement
    s Map.Entry<K,V>
```

ConcurrentCache

Tomcat 中的 ConcurrentCache 使用了 WeakHashMap 来实现缓存功能。

ConcurrentCache 采取的是分代缓存：

- 经常使用的对象放入 eden 中，eden 使用 ConcurrentHashMap 实现，不用担心会被回收（伊甸园）；
- 不常用的对象放入 longterm，longterm 使用 WeakHashMap 实现，这些老对象会被垃圾收集器回收。
- 当调用 get() 方法时，会先从 eden 区获取，如果没有找到的话再到 longterm 获取，当从 longterm 获取到就把对象放入 eden 中，从而保证经常被访问的节点不容易被回收。
- 当调用 put() 方法时，如果 eden 的大小超过了 size，那么就将 eden 中的所有对象都放入 longterm 中，利用虚拟机回收掉一部分不经常使用的对象。

```
1.  public final class ConcurrentCache<K, V> {
2.
3.      private final int size;
4.
5.      private final Map<K, V> eden;
6.
7.      private final Map<K, V> longterm;
8.
9.      public ConcurrentCache(int size) {
10.         this.size = size;
11.         this.eden = new ConcurrentHashMap<>(size);
```

```
            this.longterm = new WeakHashMap<>(size);
        }

        public V get(K k) {
            V v = this.eden.get(k);
            if (v == null) {
                v = this.longterm.get(k);
                if (v != null)
                    this.eden.put(k, v);
            }
            return v;
        }

        public void put(K k, V v) {
            if (this.eden.size() >= size) {
                this.longterm.putAll(this.eden);
                this.eden.clear();
            }
            this.eden.put(k, v);
        }
    }
```

附录

Collection 绘图源码：

```
@startuml

interface Collection
interface Set
interface List
interface Queue
interface SortSet

class HashSet
class LinkedHashSet
class TreeSet
class ArrayList
class Vector
class LinkedList
class PriorityQueue
```

```
16.
17.
18.  Collection <|-- Set
19.  Collection <|-- List
20.  Collection <|-- Queue
21.  Set <|-- SortSet
22.
23.  Set <|.. HashSet
24.  Set <|.. LinkedHashSet
25.  SortSet <|.. TreeSet
26.  List <|.. ArrayList
27.  List <|.. Vector
28.  List <|.. LinkedList
29.  Queue <|.. LinkedList
30.  Queue <|.. PriorityQueue
31.
32.  @enduml
```

Map 绘图源码

```
1.  @startuml
2.
3.  interface Map
4.  interface SortMap
5.
6.  class HashTable
7.  class LinkedHashMap
8.  class HashMap
9.  class TreeMap
10.
11.  Map <|.. HashTable
12.  Map <|.. LinkedHashMap
13.  Map <|.. HashMap
14.  Map <|-- SortMap
15.  SortMap <|.. TreeMap
16.
17.  @enduml
```

迭代器类图

```
1.  @startuml
2.
3.  interface Iterable
```

```
interface Collection
interface List
interface Set
interface Queue
interface Iterator
interface ListIterator

Iterable <|-- Collection
Collection <|.. List
Collection <|.. Set
Collection <|-- Queue
Iterator <-- Iterable
Iterator <|.. ListIterator
ListIterator <-- List

@enduml
```

参考资料

- Eckel B. Java 编程思想 [M]. 机械工业出版社, 2002.
- Java Collection Framework
- Iterator 模式
- Java 8 系列之重新认识 HashMap
- What is difference between HashMap and Hashtable in Java?
- Java 集合之 HashMap
- The principle of ConcurrentHashMap analysis
- 探索 ConcurrentHashMap 高并发性的实现机制
- HashMap 相关面试题及其解答
- Java 集合细节（二）：asList 的缺陷
- Java Collection Framework – The LinkedList Class
