

# 极客时间 Java 进阶训练营

## 第 8 课

### Java 并发编程 (3)



KimmKing

Apache Dubbo/ShardingSphere PMC

# 个人介绍

Apache Dubbo/ShardingSphere PMC

前某集团高级技术总监/阿里架构师/某银行北京研发中心负责人

阿里云 MVP、腾讯 TVP、TGO 会员

10 多年研发管理和架构经验

熟悉海量并发低延迟交易系统的设计实现

# 目录

1. 常用线程安全类型\*
2. 并发编程相关内容\*
3. 并发编程经验总结\*
4. 并发编程常见面试题
5. 第8课总结回顾与作业实践

# 1. 常用线程安全类型

# JDK 基础数据类型与集合类

List: ArrayList、LinkedList、Vector、Stack

Set: LinkedSet、HashSet、TreeSet

Queue->Deque->LinkedList

Map: HashMap、LinkedHashMap、TreeMap

Dictionary->HashTable->Properties

原生类型，数组类型，对象引用类型

线性数据结构都源于  
Collection 接口，并  
且拥有迭代器

# ArrayList

**基本特点：**基于数组，便于按 index 访问，超过数组需要扩容，扩容成本较高

**用途：**大部分情况下操作一组数据都可以用 ArrayList

**原理：**使用数组模拟列表，默认大小10，扩容 x1.5， $\text{newCapacity} = \text{oldCapacity} + (\text{oldCapacity} \gg 1)$

**安全问题：**

**1、写冲突：**

- 两个写，相互操作冲突

**2、读写冲突：**

- 读，特别是 iterator 的时候，数据个数变了，拿到了非预期数据或者报错

- 产生 ConcurrentModificationException

```
/**
 * The array buffer into which the elements of the ArrayList are stored.
 * The capacity of the ArrayList is the length of this array buffer. Any
 * empty ArrayList with elementData == DEFAULTCAPACITY_EMPTY_ELEMENTDATA
 * will be expanded to DEFAULT_CAPACITY when the first element is added.
 */
transient Object[] elementData; // non-private to simplify nested class access

/**
 * The size of the ArrayList (the number of elements it contains).
 *
 * @serial
 */
private int size;
```

# LinkedList

**基本特点：**使用链表实现，无需扩容

**用途：**不知道容量，插入变动多的情况

**原理：**使用双向指针将所有节点连起来

**安全问题：**

**1、写冲突：**

- 两个写，相互操作冲突

**2、读写冲突：**

- 读，特别是 iterator 的时候，数据个数变了，拿到了非预期数据或者报错

- 产生 ConcurrentModificationException

```
private transient int size = 0;

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

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

```
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;
    }
}
```



# List线程安全的简单办法

既然线程安全是写冲突和读写冲突导致的  
最简单办法就是，读写都加锁。

例如：

- 1.ArrayList 的方法都加上 synchronized -> Vector
- 2.Collections.synchronizedList, 强制将 List 的操作加上同步
- 3.Arrays.asList, 不允许添加删除，但是可以 set 替换元素
- 4.Collections.unmodifiableList, 不允许修改内容，包括添加删除和 set

```
m synchronizedList(List<T> list)           List<T>
m synchronizedCollection(Collection<T> c)    Collection<T>
m synchronizedMap(Map<K, V> m)               Map<K, V>
m synchronizedNavigableMap(NavigableMap<K, V> m) NavigableMap<K, V>
m synchronizedNavigableSet(NavigableSet<T> s) NavigableSet<T>
m synchronizedSet(Set<T> s)                  Set<T>
m synchronizedSortedMap(SortedMap<K, V> m)    SortedMap<K, V>
m synchronizedSortedSet(SortedSet<T> s)       SortedSet<T>
```

```
m unmodifiableList(List<? extends T> list)    List<T>
m unmodifiableCollection(Collection<? extends T> c) Collection<T>
m unmodifiableMap(Map<? extends K, ? extends V> m) Map<K, V>
m unmodifiableNavigableMap(NavigableMap<K, ? extends... NavigableMap<K, V>
m unmodifiableNavigableSet(NavigableSet<T> s)   NavigableSet<T>
m unmodifiableSet(Set<? extends T> s)           Set<T>
m unmodifiableSortedMap(SortedMap<K, ? extends V> m) SortedMap<K, V>
m unmodifiableSortedSet(SortedSet<T> s)         SortedSet<T>
```



# CopyOnWriteArrayList

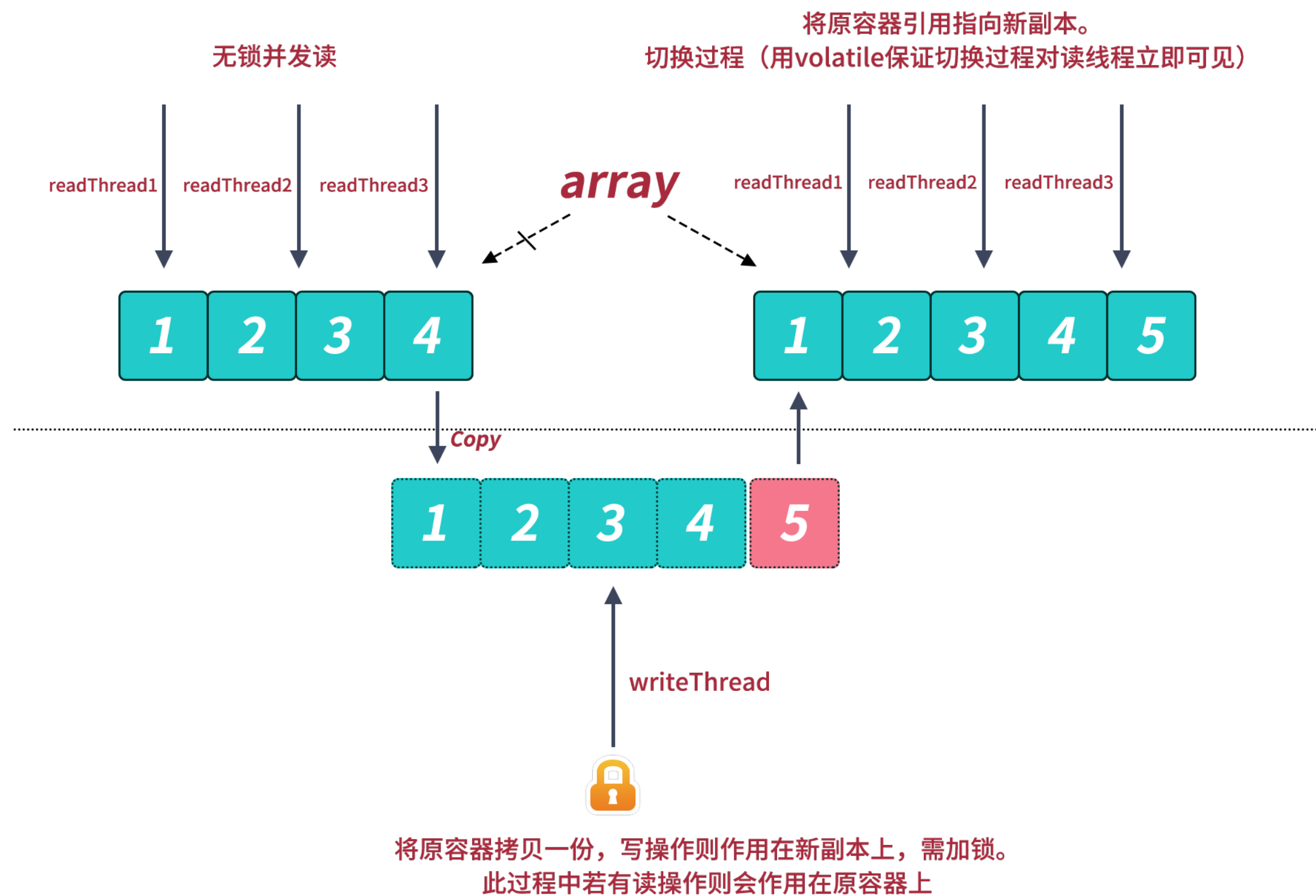
核心改进原理：

1、写加锁，保证不会写混乱

2、写在一个 Copy 副本上，而不是原始数据上  
(GC young 区用复制，old 区用本区内的移动)

读写分离

最终一致



# CopyOnWriteArrayList

```
public boolean
    // ReentrantLock加锁，保证线程安全
    final ReentrantLock lock = this .lock;
    lock.lock();
    try {
        Object[] elements = getArray();
        int len = elements . length;
        // 拷贝原容器，长度为原容器长度加一
        Object[] newElements = Arrays.copyOf(elements, len + 1 );
        // 在新副本上执行添加操作
        newElements[len] = e;
        // 将原容器引用指向新副本
        setArray(newElements);
        return true ;
    } finally {
        // 解锁
        lock.unlock();
    }
}
```

1、插入元素时，在新副本操作，不影响旧引用，why?

# CopyOnWriteArrayList

```
public E remove (int index) {  
    //加锁  
    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;  
        if (numMoved == 0)  
            //如果要删除的是列表末端数据，拷贝前len-1个数据到新副本上，再切换引用  
            setArray(Arrays.copyOf(elements, len - 1));  
        else {  
            //否则，将除要删除元素之外的其他元素拷贝到新副本中，并切换引用  
            Object[] newElements = new Object[len - 1];  
            system.arraycopy(elements, 0, newElements, 0, index);  
            System.arraycopy(elements, index + 1, newElements, index,  
                             numMoved);  
            setArray(newElements);  
        }  
        return oldValue;  
    } finally {  
        //解锁  
        lock.unlock();  
    }  
}
```

## 2、删除元素时

1) 删除末尾元素，直接使用前N-1个元素创建一个新数组。

2) 删除其他位置元素，创建新数组，将剩余元素复制到新数组。

# CopyOnWriteArrayList

```
public E get ( int index) {  
    return get(getArray(), index);  
}
```

直接读取即可，无需加锁

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

```
static final class COWIterator<E> implements ListIterator<E> {  
    /** Snapshot of the array */  
    private final Object[] snapshot;  
    /** Index of element to be returned by subsequent call to next. */  
    private int cursor;  
  
    private COWIterator(Object[] elements, int initialCursor) {  
        cursor = initialCursor;  
        snapshot = elements;  
    }  
  
    public boolean hasNext() { return cursor < snapshot.length; }  
  
    public boolean hasPrevious() { return cursor > 0; }  
  
    /unchecked/  
    public E next() {  
        if (! hasNext())  
            throw new NoSuchElementException();  
        return (E) snapshot[cursor++];  
    }  
  
    /unchecked/  
    public E previous() {  
        if (! hasPrevious())  
            throw new NoSuchElementException();  
        return (E) snapshot[--cursor];  
    }  
  
    public int nextIndex() { return cursor; }  
  
    public int previousIndex() { return cursor-1; }
```

3、读取不需要加锁，why?

# CopyOnWriteArrayList

```
static final class COWIterator<E> implements ListIterator<E> {  
    /** Snapshot of the array */  
    private final Object[] snapshot;  
    /** Index of element to be returned by subsequent call to next. */  
    private int cursor;  
  
    private COWIterator(Object[] elements, int initialCursor) {  
        cursor = initialCursor;  
        snapshot = elements;  
    }  
  
    public boolean hasNext() { return cursor < snapshot.length; }  
  
    public boolean hasPrevious() { return cursor > 0; }  
  
    /unchecked/  
    public E next() {  
        if (!hasNext())  
            throw new NoSuchElementException();  
        return (E) snapshot[cursor++];  
    }  
  
    /unchecked/  
    public E previous() {  
        if (!hasPrevious())  
            throw new NoSuchElementException();  
        return (E) snapshot[--cursor];  
    }  
  
    public int nextIndex() { return cursor; }  
  
    public int previousIndex() { return cursor-1; }
```

4、使用迭代器的时候，  
直接拿当前的数组对象做一个快照，此后的 **List** 元素变动，就跟这次迭代没关系了。

想想：淘宝商品 **item** 的快照。商品价格会变，每次下单都会生成一个当时商品信息的快照。

# HashMap

**基本特点：**空间换时间，哈希冲突不大的情况下查找数据性能很高

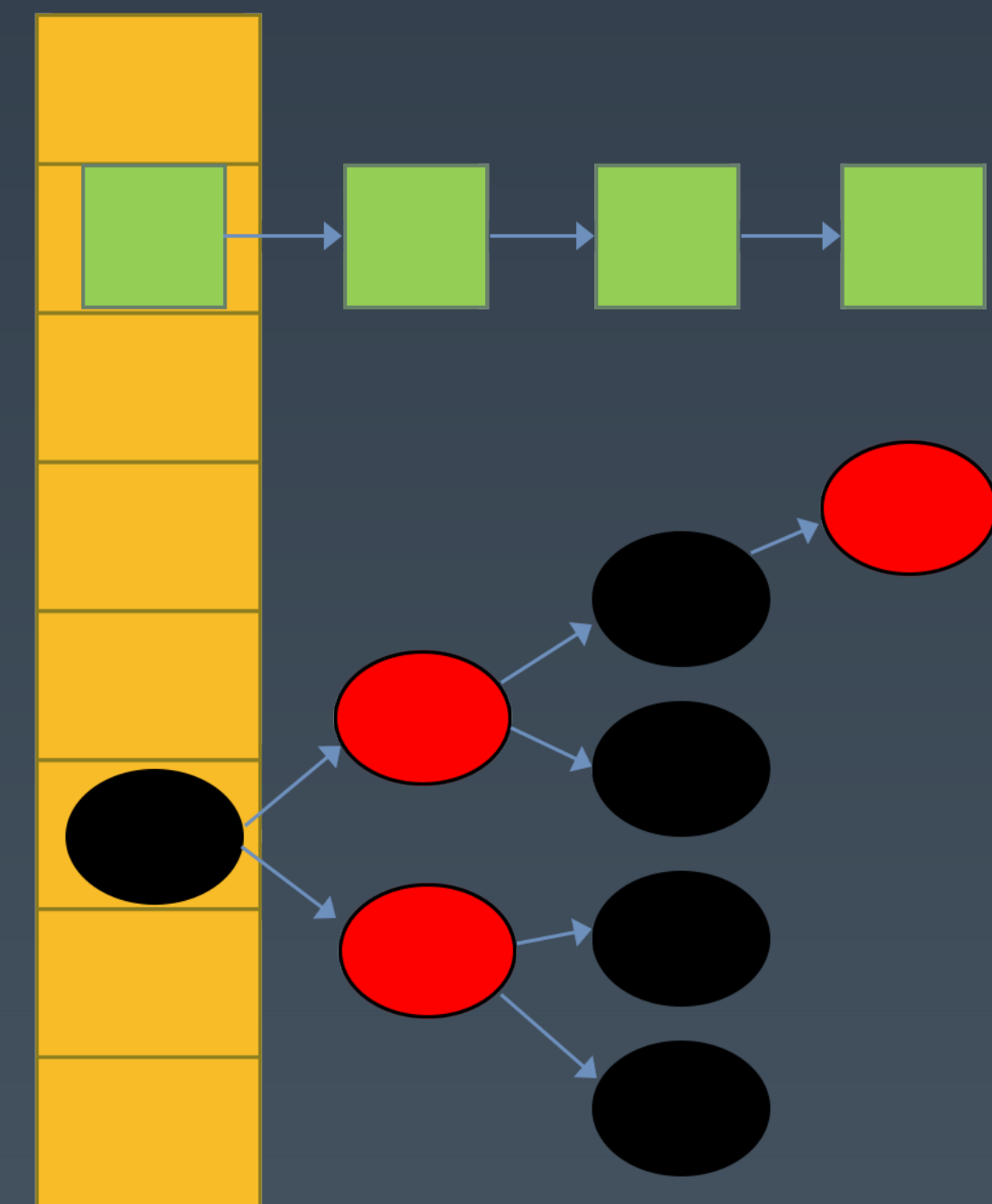
**用途：**存放指定 key 的对象，缓存对象

**原理：**使用 hash 原理，存 k-v 数据，初始容量16，扩容x2，负载因子0.75

JDK8 以后，在链表长度到8 & 数组长度到64时，使用红黑树

**安全问题：**

- 1、写冲突
- 2、读写问题，可能会死循环
- 3、keys()无序问题





# LinkedHashMap

基本特点：继承自 `HashMap`，对 `Entry` 集合添加了一个双向链表

用途：保证有序，特别是 `Java8 stream` 操作的 `toMap` 时使用

原理：同 `LinkedList`，包括插入顺序和访问顺序

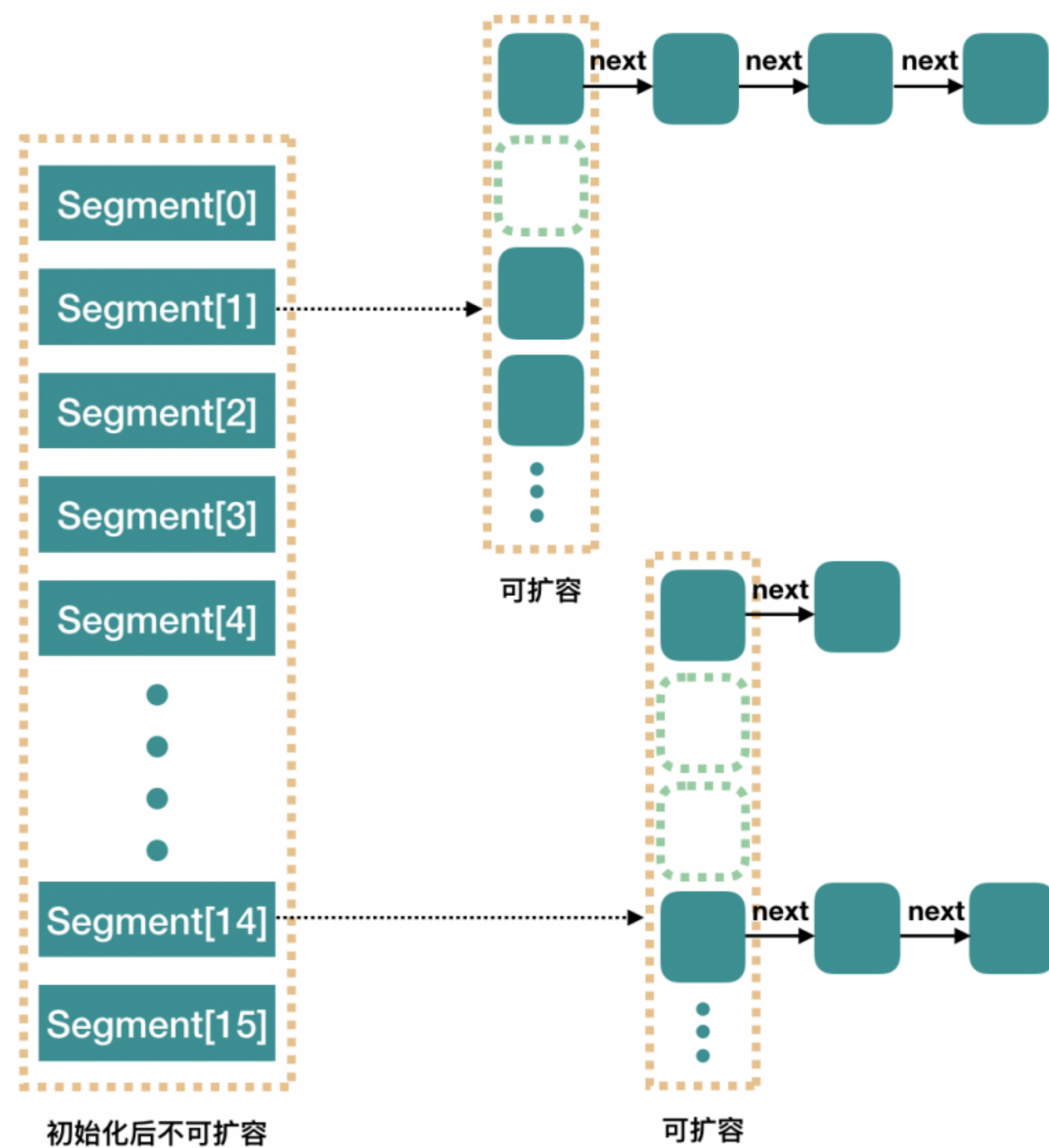
安全问题：

同 `HashMap`



# ConcurrentHashMap-Java7 分段锁

Java7 ConcurrentHashMap 结构



## 分段锁

默认16个 Segment，降低锁粒度。

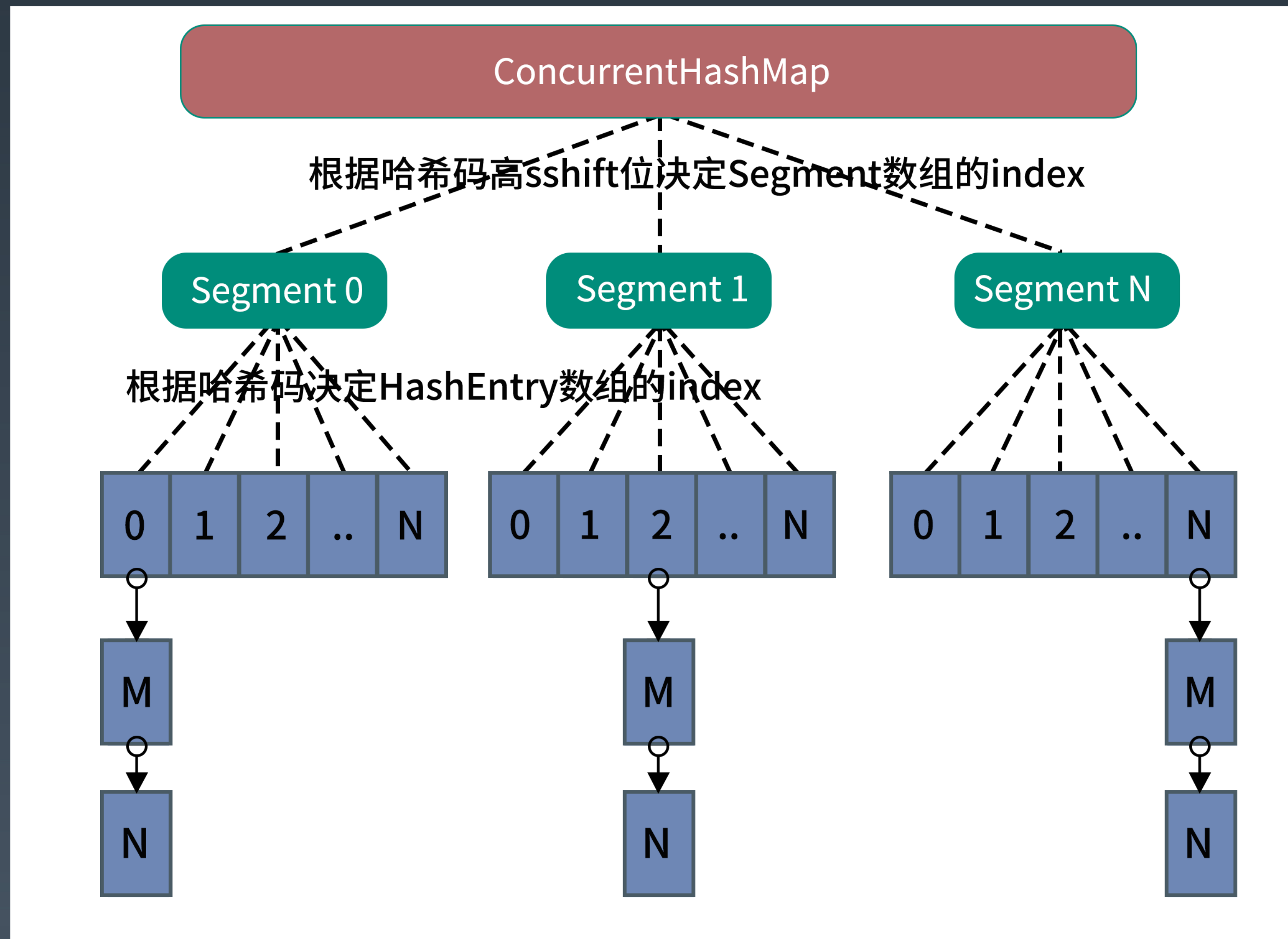
`concurrentLevel = 16`

想想：

Segment[] ~ 分库

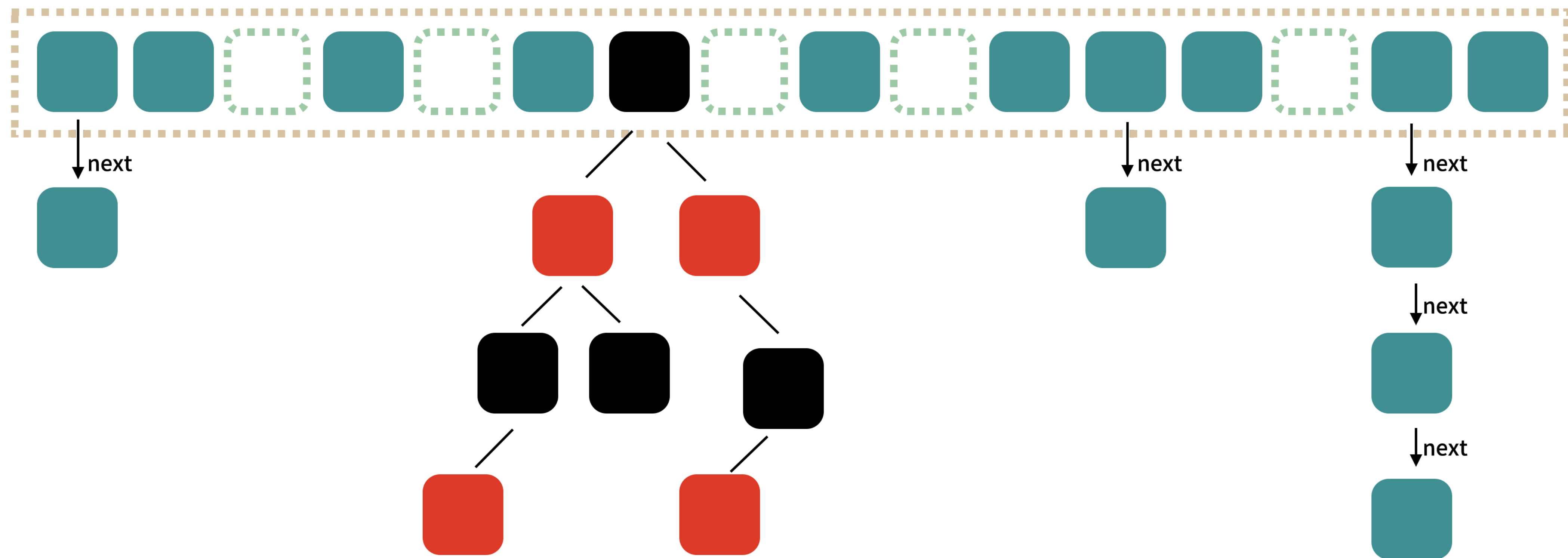
HashEntry[] ~ 分表

# ConcurrentHashMap-Java7 分段锁

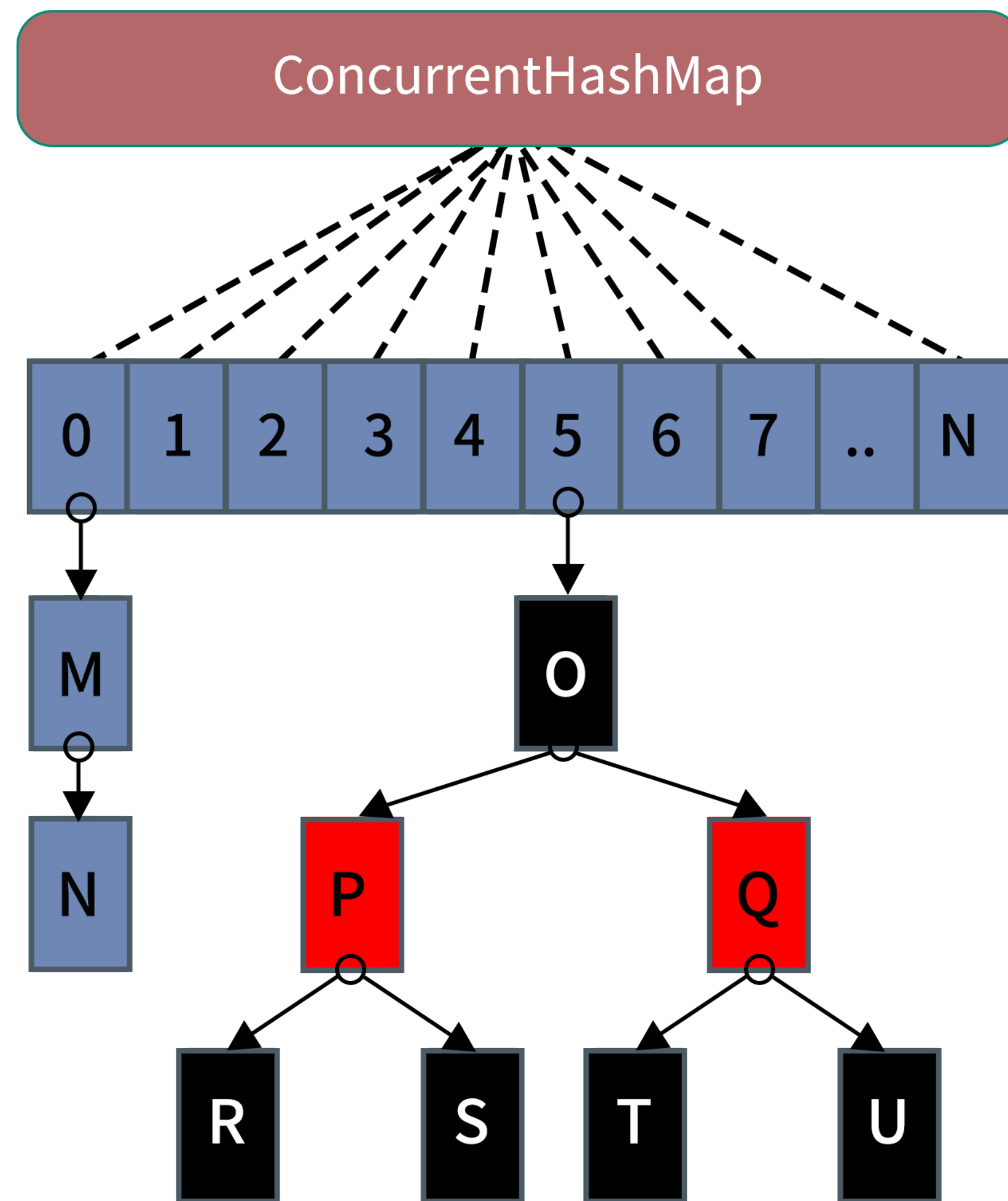


# ConcurrentHashMap-Java8

## Java8 ConcurrentHashMap 结构



# ConcurrentHashMap-Java8



Java 7为实现并行访问，引入了 Segment 这一结构，实现了分段锁，理论上最大并发度与 Segment 个数相等。

Java 8为进一步提高并发性，摒弃了分段锁的方案，而是直接使用一个大的数组。

why?

# 并发集合类总结

ArrayList

并发读写不安全

CopyOnWriteArrayList

LinkedList

使用副本机制改进

HashMap

并发读写不安全

ConcurrentHashMap

linkedHashMap

使用分段锁或 CAS

## 2.并发编程相关内容

# 线程安全操作利器 - ThreadLocal

重要方法	说明
<b>public</b> ThreadLocal()	构造方法
<b>protected</b> T initialValue()	覆写-设置初始默认值
<b>void</b> set(T value)	设置本线程对应的值
<b>void</b> remove()	清理本线程对应的值
T get()	获取本线程对应的值

- 线程本地变量
- 场景：每个线程一个副本
- 不改方法签名静默传参
- 及时进行清理

ThreadLocal



可以看做是 Context 模式，减少显式传递参数



# 四两拨千斤 - 并行 Stream

```
public static void main(String[] args) {  
    List<Integer> list = new ArrayList<>();  
    IntStream.range(1, 10000).forEach(i -> list.add(i));  
    BlockingQueue<Long> blockingQueue = new LinkedBlockingQueue(10000);  
    List<Long> longList = list.stream().parallel()  
        .map(i -> i.longValue())  
        .sorted()  
        .collect(Collectors.toList());  
    // 并行  
    longList.stream().parallel().forEach(i -> {  
        try {  
            blockingQueue.put(i);  
        } catch (InterruptedException e) {  
            e.printStackTrace();  
        }  
    });  
    System.out.println("blockingQueue" + blockingQueue.toString());  
}
```

多线程执行，只需要加个 parallel 即可

# 伪并发问题

- 跟并发冲突问题类似的场景很多
- 比如浏览器端，表单的重复提交问题
  - 1、客户端控制（调用方），点击后按钮不可用，跳转到其他页
  - 2、服务器端控制（处理端），给每个表单生成一个编号，提交时判断重复

还有没有其他办法？

# 分布式下的锁和计数器

- 分布式环境下，多个机器的操作，超出了线程的协作机制，一定是并行的
- 例如某个任务只能由一个应用处理，部署了多个机器，怎么控制
- 例如针对用户的限流是每分钟60次计数，API 服务器有3台，用户可能随机访问到任何一台，怎么控制？（秒杀场景是不是很像？库存固定且有限。）

不要着急，分布式缓存会详细讲

## 3. 并发编程经验总结

# 加锁需要考虑的问题

1. 粒度
2. 性能
3. 重入
4. 公平
5. 自旋锁 (spinlock)
6. 场景: 脱离业务场景谈性能都是耍流氓

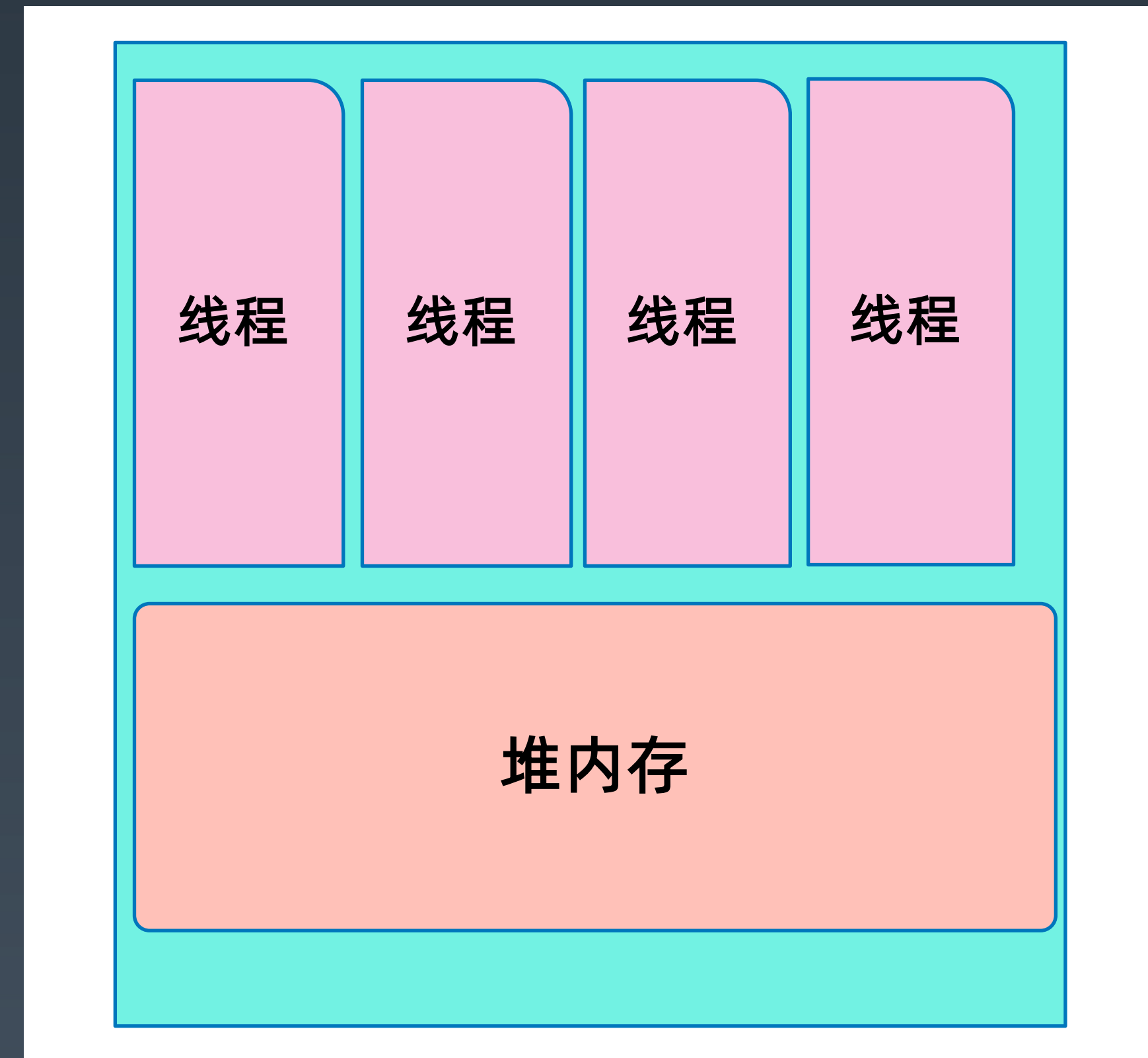
# 线程间协作与通信

## 1. 线程间共享:

- static/实例变量（堆内存）
- Lock
- synchronized

## 2. 线程间协作:

- Thread#join()
- Object#wait/notify/notifyAll
- Future/Callable
- CountdownLatch
- CyclicBarrier



可以思考：不同进程之间有哪些方式通信

## 4.并发编程常见面试题



# 第 8 节课总结回顾

常用线程安全类型

并发编程相关内容

并发编程经验总结

并发常见面试题(发给大家)

## 第7节课作业实践

- 1、（选做）列举常用的并发操作 API 和工具类，简单分析其使用场景和优缺点。
- 2、（选做）请思考：什么是并发？什么是高并发？实现高并发高可用系统需要考虑哪些因素，对于这些你是怎么理解的？
- 3、（选做）请思考：还有哪些跟并发类似/有关的场景和问题，有哪些可以借鉴的解决办法。
- 4、（**必做**）把多线程和并发相关知识梳理一遍，画一个脑图，截图上传到 GitHub 上。

可选工具：xmind，百度脑图，wps，MindManage，或其他。