

哈希表与堆 Hash & Heap

课程版本 v6.1

主讲 令狐冲



扫描二维码关注微信/微博
获取最新面试题及权威解答

微信: [ninechapter](#)

微博: <http://www.weibo.com/ninechapter>

知乎: <http://zhuankan.zhihu.com/jiuzhang>

官网: <http://www.jiuzhang.com>

本章节的先修知识有：

什么是数据结构

什么结构类问题的三种考法

如何衡量数据结构类问题的时间复杂度

哈希表基本原理

堆的基本原理

高级数据结构 cheat sheet

数据结构可以认为是一个数据存储集合以及定义在这个集合上的若干操作（功能）
他有如下的三种考法：

考法1：问某种数据结构的基本原理，并要求实现

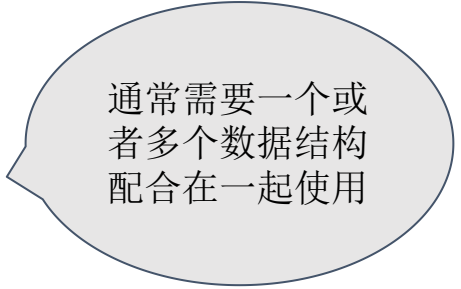
例题：说一下 Hash 的原理并实现一个 Hash 表

考法2：使用某种数据结构完成事情

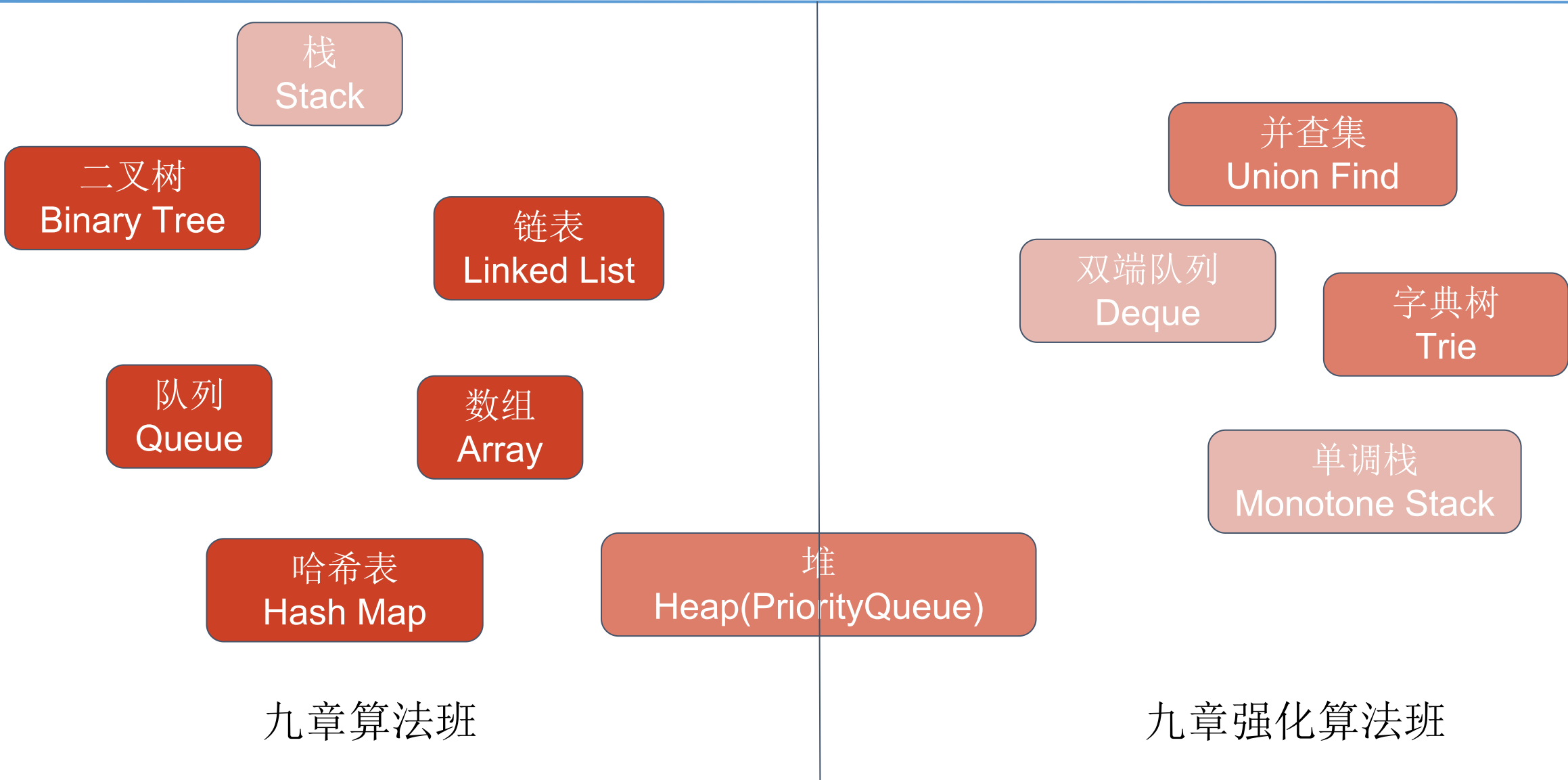
例题：归并 K 个有序数组

考法3：实现一种数据结构，提供一些特定的功能

例题：最高频 K 项问题



通常需要一个或者多个数据结构配合在一起使用



数据结构时间复杂度的衡量方法

数据结构通常会提供“**多个**”对外接口
只用一个时间复杂度是很难对其进行正确评价的
所以通常要对每个接口的时间复杂度进行描述

比如你需要设计一个 **Set** 的数据结构，提供 **lowerBound** 和 **add** 两个方法。**lowerBound** 的意思是，找到比某个数小的最大值

算法1: $O(n)$ lowerBound $O(1)$ add

使用数组存储，每次打擂台进行比较，插入就直接插入到数组最后面

算法2: $O(\log n)$ lowerBound $O(\log n)$ add

使用红黑树（Red-black Tree）存储，Java 里的 TreeSet，C++ 里的 map

上面两个算法谁好谁坏呢？

不一定谁好谁坏！要看这两个方法被调用的频率如何。

如果 `lowerBound` 很少调用, `add` 非常频繁, 则算法1好。

如果 `lowerBound` 和 `add` 调用的频率都差不多, 或者 `lowerBound` 被调用得更多, 则算法2好

不过通常来说, 在面试中的问题, 我们会很容易找到一个像算法1这样的实现方法, 其中一个操作时间复杂度很大, 另外一个操作时间复杂度很低。

通常的解决办法都是让快的操作慢一点, 让慢的操作快一点, 这样总体得到一个更快的复杂度。

哈希表 Hash

支持操作：O(1) Insert / O(1) Find / O(1) Delete

问：这些操作都是 O(1) 的前提条件是什么？

$O(\text{size of key})$

哈希表（HashMap / unordered_map / dict）

任何操作的时间复杂度从严格意义上来说

都是 $O(\text{size of key})$ 而不是 $O(1)$

你不可能在 $O(1)$ 的时间内判断 2 个 1m 长的字符串是否相等

请在随课教程中学习如下先修知识

Hash Table, Hash Map 和 Hash Set 的区别是啥

什么是 Hash Function (产生HashCode的函数), 作用以及实现原理

什么是 Open Hashing 什么是 Closed Hashing

什么是 Rehashing (重哈希)

LRU Cache

<http://www.lintcode.com/problem/lru-cache/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/lru-cache/>

Example: [2 1 3 2 5 3 6 7]

- Java 中有一个 LinkedHashMap，本质上是 DoublyLinkedList + HashMap
 - `HashMap<key, DoublyListNode> DoublyListNode {`
 - `prev, next, key, value;`
 - `}`
-
- 新节点从尾部加入
 - 老节点从头部移走

问：Singly List 是否可行？

Singly List 是否可行？

可以，在 Hash 中存储 Singly List 中的 prev node 即可
如 linked list = dummy->1->2->3->null 时
hash[1] = dummy, hash[2] = node1 ...

Insert Delete GetRandom $O(1)$

<http://www.lintcode.com/problem/insert-delete-getrandom-o1/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/insert-delete-getrandom-o1/>

类似的题: <http://www.lintcode.com/problem/load-balancer/>

* Follow up: 允许重复的数

<http://www.lintcode.com/problem/insert-delete-getrandom-o1-duplicates-allowed/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/insert-delete-getrandom-o1-duplicates-allowed/>

实现较为困难，看懂参考代码即可，不用太纠结

99%的人面试的时候都做不出来，面试时通常给个思路就可以了

Insert Delete GetRandom O(1) 面试评分标准

Strong Hire:

Bug Free 的实现无重复版本的代码，并给出有重复版的基本思路即可

Hire / Weak Hire:

实现无重复版本的代码，无需太多提示或者较少提示，代码 Bug 不多

No Hire / Strong No:

无法无重复版本的给出正确算法，或者无法正确实现，代码 Bug 过多

休息 5 分钟

总结一道题的经验，胜过刷十道题
把你的代码和总结发到九章面试题交流社区
www.jiuzhang.com/solutions

First Unique Number in Data Stream

<http://www.lintcode.com/problem/first-unique-number-in-data-stream/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/first-unique-number-in-data-stream/>

Follow up: 只遍历一次

<http://www.lintcode.com/problem/first-unique-number-in-data-stream-ii/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/first-unique-number-in-data-stream-ii/>

Data Stream 相关问题

<https://www.lintcode.com/problem/?tag=data-stream>

数据流问题 = 数据只能遍历一次

Data Stream 大都和 **Sliding Window** 有关

这类问题我们将在《九章算法强化班》中深入讲解

什么是 Data Stream 类问题？

只允许遍历一次！

<http://www.lintcode.com/problem/first-unique-number-in-a-stream-ii/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/first-unique-number-in-a-stream-ii/>

其他 Data Stream 的相关问题：

<http://www.lintcode.com/tag/data-stream/>

哈希表的其他练习题

- <http://www.lintcode.com/problem/subarray-sum/>
- <http://www.lintcode.com/problem/copy-list-with-random-pointer/>
- <http://www.lintcode.com/problem/anagrams/>
- <http://www.lintcode.com/problem/longest-consecutive-sequence/>

Heap

支持操作: $O(\log N)$ Add / $O(\log N)$ Remove / $O(1)$ Min or Max

Heap 的基本原理详见随课教程

Java: PriorityQueue

C++: priority_queue

Python: heapq

heapq / PQ vs Heap

主要区别是什么？

heapq / PQ vs Heap

主要区别是什么？

heapq / PQ 的 remove 操作是 $O(n)$ 的

构建一个 heap 的时间复杂度？

是 $O(n)$ 还是 $O(n\log n)$ ？

构建一个 heap 的时间复杂度？

是 $O(n)$ 还是 $O(n\log n)$?

是 $O(n)$ ，用 Heapify

Python: `heapq.heapify(...)`

遍历一个 heap 的时间复杂度？

比如 Java 中可以用 Iterator 来遍历

遍历一个 heap 的时间复杂度？

比如 Java 中可以用 Iterator 来遍历

$O(n \log n)$

Ugly Number II

<http://www.lintcode.com/problem/ugly-number-ii/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/ugly-number-ii/>

L A F

K Closest Points

<http://www.lintcode.com/problem/k-closest-points/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/k-closest-points/>

Top K Largest Number II

<http://www.lintcode.com/problem/top-k-largest-numbers-ii/>

<http://www.jiuzhang.com/solutions/top-k-largest-number-ii/>

Follow up: Top K Frequent Elements

Strong Hire:

能完整实现代码，时间复杂度最优，代码没有大 Bug，无需提示

能够对 Follow up 问题提出解决方案（不一定要实现）

Hire / Weak Hire:

能够完整实现代码，代码 Bug 不多

无需提示或者很少需要提示做出最优复杂度的版本

No Hire / Strong No:

无法用最优的算法实现出来

怎么解决 Top K Frequent Elements 问题？

这是海量数据类面试题最经典的一类问题

包含了非常多的算法和解决办法

详情请看九章微课堂——《海量数据处理算法与面试题全集》

<http://www.jiuzhang.com/tutorial/big-data-interview-questions>

Merge K Sorted Lists

<http://www.lintcode.com/problem/merge-k-sorted-lists/>

<http://www.jiuzhang.com/solution/merge-k-sorted-lists/>

分析详见随课教程

三种方法，都需要练习

方法一：使用 PriorityQueue

方法二：类似归并排序的分治算法

方法三：自底向上的两两归并算法

时间复杂度均为 $O(N \log K)$

Strong Hire:

能够用至少2种方法进行实现，代码无大 BUG

Hire / Weak Hire:

能够用一种方法进行实现，对其他的方法提出正确想法，代码无 Bug 或者少 Bug

No Hire / Strong No:

无法用正确的算法实现，或者代码 BUG 很多

- <http://www.lintcode.com/en/problem/high-five/> (A)
- <http://www.lintcode.com/problem/merge-k-sorted-arrays/>
- <http://www.lintcode.com/problem/data-stream-median/>
- <http://www.lintcode.com/problem/top-k-largest-numbers/>
- <http://www.lintcode.com/problem/kth-smallest-number-in-sorted-matrix/>

独孤九剑 —— 破掌式

高级数据结构 Cheat Sheet

高级数据结构	各类操作时间复杂度	能够解决哪些问题	考察频率	学习难度	哪里可以学到
Heap 堆	$O(\log n)$ push, pop $O(1)$ top	全局动态找最大找最小	高	低（掌握应用）	九章算法班，强化班
Hash Map 哈希表	$O(1)$ insert, find, delete	查询元素是否存在, key-value 查询问题	高	低（掌握应用）	九章算法班
Trie 前缀树	$O(L)$ insert, find, delete	和哈希表解决问题类似，查询元素是否存在, key-value 查询问题	中	低	九章算法强化班
UnionFind 并查集	$O(1)$ union, find	动态合并集合并判断两个元素是否在同一个集合, MST	中	低	九章算法强化班
Balanced BST 平衡排序二叉树（如红黑树 Red-black Tree）	$O(\log n)$ insert, find, delete, max, min, lower, upper	动态增删查改并支持同时找全局最大最小值 找比某个数大的最小值和比某个数小的最大值时可以用（尽可能接近）	低	高	Google
Skip List 跳跃表	$O(\log n)$ insert, find, delete, max, min, lower, upper	和 Balanced BST 解决的问题一样，并能一直维持一个有序链表	低	高	系统设计班
Binary Indexed Tree 树状数组	$O(\log n)$ insert, delete, range sum	增删改的同时，解决区间求和问题	低	中	九章微课堂
Segment Tree 线段树	$O(\log n)$ insert, delete, find, range max, range min, range sum, lower, upper $O(1)$ global max, global min	增删改的同时，解决区间求值问题, max/min/sum 等等 可以完全替代	低	中	九章微课堂