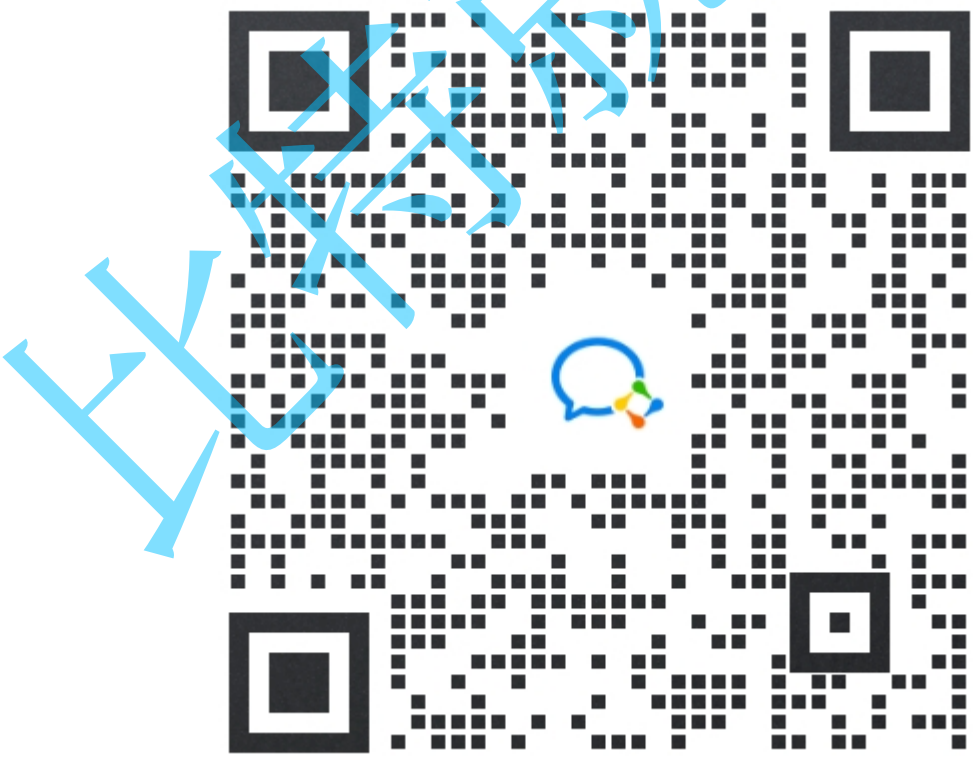
优选算法精品课(No.053~No.081)

版权说明

对比特算法感兴趣，可以联系这个微信。



板书链接

https://gitee.com/wu-xiaozhe/algorithm

链表

51. 两数相加（medium）

1. **题目链接：2. 两数相加**

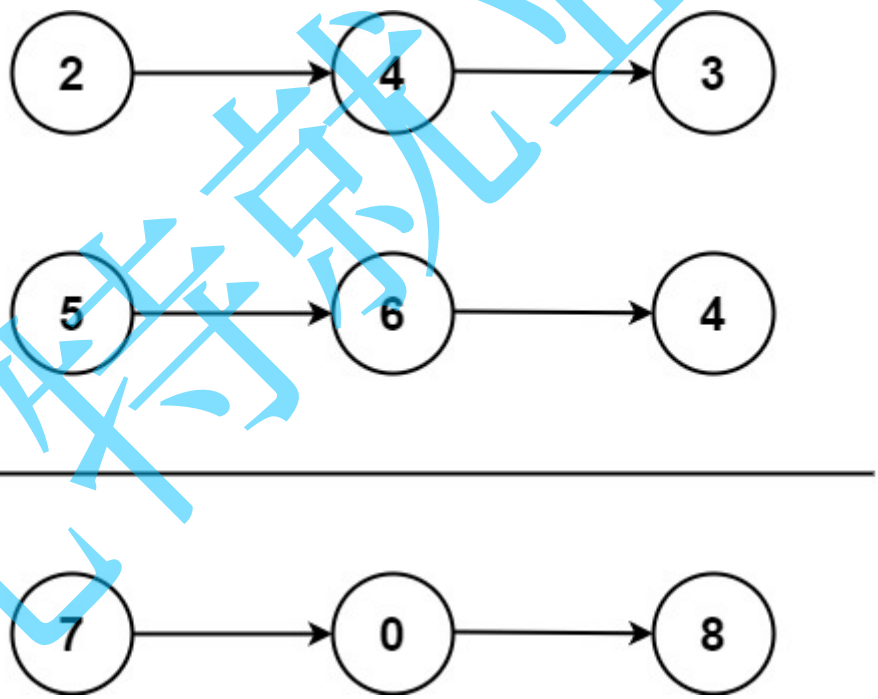
2. **题目描述：**

给你两个 非空 的链表，表示两个非负的整数。它们每位数字都是按照 逆序 的方式存储的，并且每个节点只能存储 一位 数字。

请你将两个数相加，并以相同形式返回一个表示和的链表。

你可以假设除了数字 0 之外，这两个数都不会以 0 开头。

示例 1：



输入：l1 = [2,4,3], l2 = [5,6,4]

输出：[7,0,8]

解释：342 + 465 = 807.

示例 2：

输入：l1 = [0], l2 = [0]

输出：[0]

> 示例 3：
>
> 输入：l1 = [9,9,9,9,9,9,9], l2 = [9,9,9,9]
>
> 输出：[8,9,9,9,0,0,0,1]
>
> 提示：
>
> 每个链表中的节点数在范围 [1, 100] 内
>
> 0 <= Node.val <= 9
>
> 题目数据保证列表表示的数字不含前导零

3. 解法（模拟）：

算法思路：

两个链表都是逆序存储数字的，即两个链表的个位数、十位数等都已经对应，可以直接相加。

在相加过程中，我们要注意是否产生进位，产生进位时需要将进位和链表数字一同相加。如果产生进位的位置在链表尾部，即答案位数比原链表位数长一位，还需要再 `new` 一个结点储存最高位。

C++ 算法代码：

```cpp
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    ListNode* addTwoNumbers(ListNode* l1, ListNode* l2)
    {
        ListNode* cur1 = l1, *cur2 = l2;
        ListNode* newhead = new ListNode(0); // 创建一个虚拟头结点，记录最终结果
        ListNode* prev = newhead; // 尾指针
        int t = 0; // 记录进位

```

```
        while(cur1 || cur2 || t)
        {
            // 先加上第一个链表
            if(cur1)
            {
                t += cur1->val;
                cur1 = cur1->next;
            }
            // 加上第二个链表
            if(cur2)
            {
                t += cur2->val;
                cur2 = cur2->next;
            }
            prev->next = new ListNode(t % 10);
            prev = prev->next;
            t /= 10;
        }

        prev = newhead->next;
        delete newhead;

        return prev;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * public class ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
```

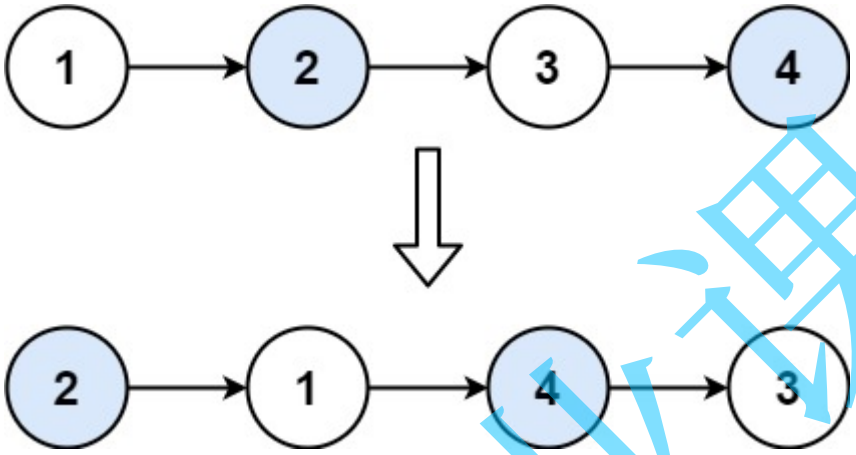
```java
 * }
 */
class Solution
{
    public ListNode addTwoNumbers(ListNode l1, ListNode l2)
    {
        ListNode cur1 = l1, cur2 = l2;
        ListNode newHead = new ListNode(0); // 创建一个虚拟头结点，方便记录结果
        ListNode prev = newHead; // 尾插操作的尾指针
        int t = 0; // 记录进位

        while(cur1 != null || cur2 != null || t != 0)
        {
            // 先加上第一个链表
            if(cur1 != null)
            {
                t += cur1.val;
                cur1 = cur1.next;
            }
            // 加上第二个链表
            if(cur2 != null)
            {
                t += cur2.val;
                cur2 = cur2.next;
            }
            prev.next = new ListNode(t % 10);
            prev = prev.next;
            t /= 10;
        }

        return newHead.next;
    }
}
```

Java 运行结果：

52. 两两交换链表中的节点（medium）

1. **题目链接：24. 两两交换链表中的节点**

2. **题目描述：**

> 给你一个链表，两两交换其中相邻的节点，并返回交换后链表的头节点。你必须在不修改节点内部的值的情况下完成本题（即，只能进行节点交换）。
>
> 示例 1：
>
> 
>
>
> 输入：head = [1,2,3,4]
>
> 输出：[2,1,4,3]
>
> 示例 2：
>
> 输入：head = []
>
> 输出：[]
>
> 示例 3：
>
> 输入：head = [1]
>
> 输出：[1]
>
> 提示：
>
> 链表中节点的数目在范围 [0, 100] 内
>
> 0 <= Node.val <= 100

3. **解法（模拟）：**

算法思路：

画图画图画图，重要的事情说三遍~

C++ 算法代码：

```
1 /**
```

```cpp
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    ListNode* swapPairs(ListNode* head)
    {
        if(head == nullptr || head->next == nullptr) return head;

        ListNode* newHead = new ListNode(0);
        newHead->next = head;

        ListNode* prev = newHead, *cur = prev->next, *next = cur->next, *nnext = next->next;
        while(cur && next)
        {
            // 交换结点
            prev->next = next;
            next->next = cur;
            cur->next = nnext;

            // 修改指针
            prev = cur; // 注意顺序
            cur = nnext;
            if(cur) next = cur->next;
            if(next) nnext = next->next;
        }
        cur = newHead->next;
        delete newHead;
        return cur;
    }
};
```

C++ 代码结果：

Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * public class ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
 * }
 */
class Solution
{
    public ListNode swapPairs(ListNode head)
    {
        if(head == null || head.next == null) return head;

        ListNode newHead = new ListNode(0);
        newHead.next = head;

        ListNode prev = newHead, cur = prev.next, next = cur.next, nnext = next.next;
        while(cur != null && next != null)
        {
            // 交换节点
            prev.next = next;
            next.next = cur;
            cur.next = nnext;

            // 修改指针
            prev = cur; // 注意顺序
            cur = nnext;
            if(cur != null) next = cur.next;
            if(next != null) nnext = next.next;
        }

        return newHead.next;
    }
```

```
37 }
```

Java 运行结果：

53. 重排链表（medium）

1. **题目链接：143. 重排链表**

2. **题目描述：**

给定一个单链表 `L` 的头节点 `head` ，单链表 `L` 表示为：

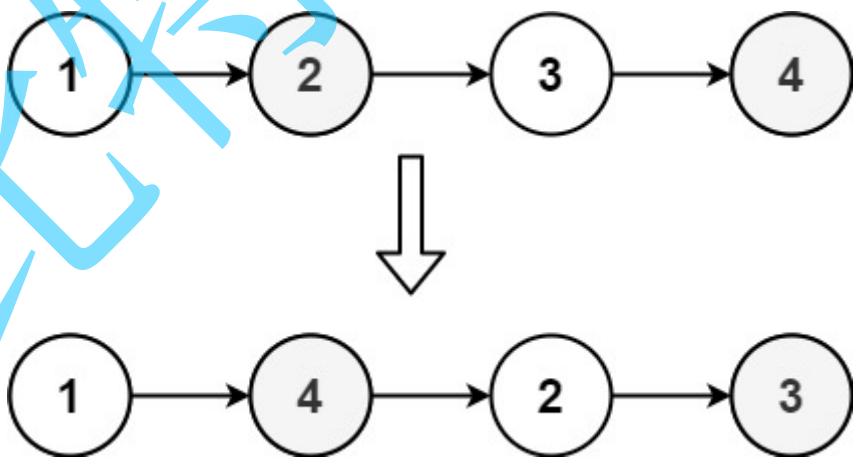
L(0) → L(1) → … → L(n - 1) → L(n)

请将其重新排列后变为：

L(0) → L(n) → L(1) → L(n - 1) → L(2) → L(n - 2) → …

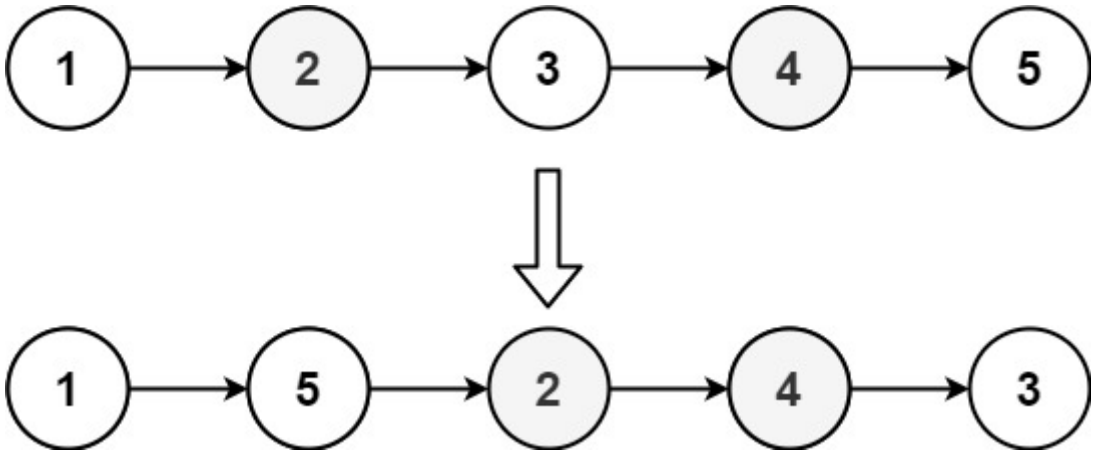
不能只是单纯的改变节点内部的值，而是需要实际的进行节点交换。

示例 1：



输入： head = [1,2,3,4]
输出： [1,4,2,3]

示例 2：



输入： head = [1,2,3,4,5]
输出： [1,5,2,4,3]

提示：

- 链表的长度范围为 `[1, 5 * 10(4)]`
- `1 <= node.val <= 1000`

3. **解法：**

算法思路：

画图画图画图，重要的事情说三遍~

1. 找中间节点；
2. 中间部分往后的逆序；
3. 合并两个链表

C++ 算法代码：

```
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    void reorderList(ListNode* head)
```

```
15      {
16          // 处理边界情况
17          if(head == nullptr || head->next == nullptr || head->next->next ==
    nullptr) return;
18
19          // 1. 找到链表的中间节点 - 快慢双指针（一定要画图考虑 slow 的落点在哪里）
20          ListNode* slow = head, *fast = head;
21          while(fast && fast->next)
22          {
23              slow = slow->next;
24              fast = fast->next->next;
25          }
26
27          // 2. 把 slow 后面的部分给逆序 - 头插法
28          ListNode* head2 = new ListNode(0);
29          ListNode* cur = slow->next;
30          slow->next = nullptr; // 注意把两个链表给断开
31          while(cur)
32          {
33              ListNode* next = cur->next;
34              cur->next = head2->next;
35              head2->next = cur;
36              cur = next;
37          }
38
39          // 3. 合并两个链表 - 双指针
40          ListNode* ret = new ListNode(0);
41          ListNode* prev = ret;
42          ListNode* cur1 = head, *cur2 = head2->next;
43          while(cur1)
44          {
45              // 先放第一个链表
46              prev->next = cur1;
47              cur1 = cur1->next;
48              prev = prev->next;
49
50              // 再放第二个链表
51              if(cur2)
52              {
53                  prev->next = cur2;
54                  prev = prev->next;
55                  cur2 = cur2->next;
56              }
57          }
58          delete head2;
59          delete ret;
60      }
```

```
61 };
```

C++ 代码结果：

Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * public class ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
 * }
 */
class Solution
{
    public void reorderList(ListNode head)
    {
        // 处理边界情况
        if(head == null || head.next == null || head.next.next == null) return;

        // 1. 找链表的中间节点 - 快慢双指针（一定要画图分析 slow 的落点）
        ListNode slow = head, fast = head;
        while(fast != null && fast.next != null)
        {
            slow = slow.next;
            fast = fast.next.next;
        }

        // 2. 把 slow 后面的部分给逆序 - 头插法
        ListNode head2 = new ListNode(0);
        ListNode cur = slow.next;
        slow.next = null; // 把两个链表分离
        while(cur != null)
        {
            ListNode next = cur.next;
```

```java
            cur.next = head2.next;
            head2.next = cur;
            cur = next;
        }

        // 3. 合并两个链表 - 双指针
        ListNode cur1 = head, cur2 = head2.next;
        ListNode ret = new ListNode(0);
        ListNode prev = ret;
        while(cur1 != null)
        {
            // 先放第一个链表
            prev.next = cur1;
            prev = cur1;
            cur1 = cur1.next;

            // 在合并第二个链表
            if(cur2 != null)
            {
                prev.next = cur2;
                prev = cur2;
                cur2 = cur2.next;
            }
        }
    }
}
```

Java 运行结果：

54. 合并 K 个升序链表（hard）

1. **题目链接：23. 合并 K 个升序链表**

2. **题目描述：**

> 给你一个链表数组，每个链表都已经按升序排列。
>
> 请你将所有链表合并到一个升序链表中，返回合并后的链表。

> 示例 1：
>
> 输入：lists = [[1,4,5],[1,3,4],[2,6]]
>
> 输出：[1,1,2,3,4,4,5,6]
>
> 解释：链表数组如下：
>
> [
>
> 1->4->5,
>
> 1->3->4,
>
> 2->6
>
>]
>
> 将它们合并到一个有序链表中得到。
>
> 1->1->2->3->4->4->5->6
>
> 示例 2：
>
> 输入：lists = []
>
> 输出：[]
>
> 示例 3：
>
> 输入：lists = [[]]
>
> 输出：[]
>
> 提示：
>
> k == lists.length
>
> 0 <= k <= 10^4
>
> 0 <= lists[i].length <= 500
>
> -10^4 <= lists[i][j] <= 10^4
>
> lists[i] 按 升序 排列
>
> lists[i].length 的总和不超过 10^4

3. **解法一（利用堆）：**

算法思路：

合并两个有序链表是比较简单且做过的，就是用双指针依次比较链表 `1` 、链表 `2` 未排序的最小元素，选择更小的那一个加入有序的答案链表中。

合并 `K` 个升序链表时，我们依旧可以选择 `K` 个链表中，头结点值最小的那一个。那么如何快速的得到头结点最小的是哪一个呢？用堆这个数据结构就好啦~

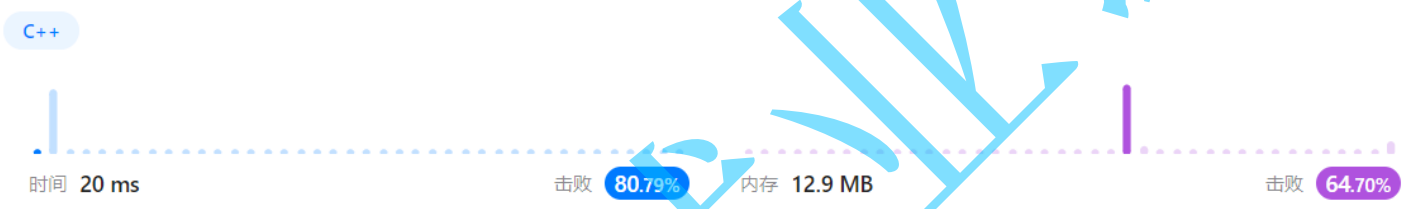
我们可以把所有的头结点放进一个小根堆中，这样就能快速的找到每次 `K` 个链表中，最小的元素是哪个。

C++ 算法代码：

```cpp
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
    struct cmp
    {
        bool operator()(const ListNode* l1, const ListNode* l2)
        {
            return l1->val > l2->val;
        }
    };

public:
    ListNode* mergeKLists(vector<ListNode*>& lists)
    {
        // 创建一个小根堆
        priority_queue<ListNode*, vector<ListNode*>, cmp> heap;

        // 让所有的头结点进入小根堆
        for(auto l : lists)
            if(l) heap.push(l);

        // 合并 k 个有序链表
        ListNode* ret = new ListNode(0);
        ListNode* prev = ret;
        while(!heap.empty())
```

```
        {
            ListNode* t = heap.top();
            heap.pop();
            prev->next = t;
            prev = t;
            if(t->next) heap.push(t->next);
        }

        prev = ret->next;
        delete ret;
        return prev;
    }
};
```

C++ 运行结果：

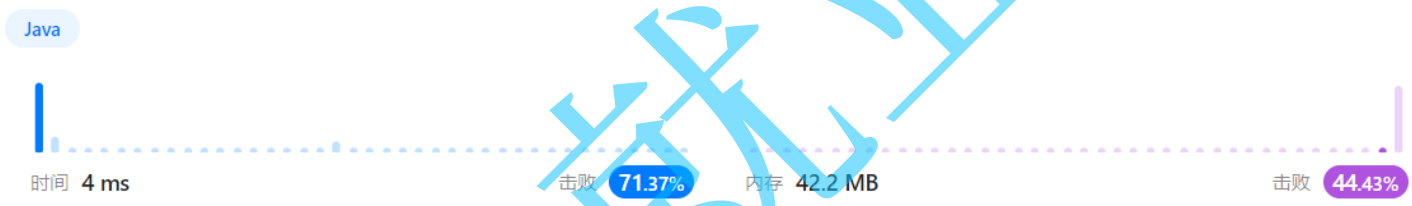


Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * public class ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
 * }
 */
class Solution
{
    public ListNode mergeKLists(ListNode[] lists)
    {
        PriorityQueue<ListNode> heap = new PriorityQueue<>((v1, v2) -> v1.val - v2.val);

        // 将所有头结点加入到小根堆中
        for(ListNode l : lists)
            if(l != null)
```

```
                heap.offer(l);

        // 合并
        ListNode ret = new ListNode(0);
        ListNode prev = ret;
        while(!heap.isEmpty())
        {
            ListNode t = heap.poll();
            prev.next = t;
            prev = t;
            if(t.next != null) heap.offer(t.next);
        }

        return ret.next;
    }
}
```

Java 运行结果：



4. **解法二（递归/分治）：**

算法思路：

逐一比较时，答案链表越来越长，每个跟它合并的小链表的元素都需要比较很多次才可以成功排序。

比如，我们有 8 个链表，每个链表长为 100。

逐一合并时，我们合并链表的长度分别为(0, 100), (100, 100), (200, 100), (300, 100), (400, 100), (500, 100), (600, 100), (700, 100)。所有链表的总长度共计 3600。

如果尽可能让长度相同的链表进行两两合并呢？这时合并链表的长度分别是(100, 100) x 4, (200, 200) x 2, (400, 400)，共计 2400。比上一种的计算量整整少了 1/3。

迭代的做法代码细节会稍多一些，这里给出递归的实现，代码相对简洁，不易写错。

算法流程：

1. 特判，如果题目给出空链表，无需合并，直接返回；
2. 返回递归结果。

递归函数设计：

1. 递归出口：如果当前要合并的链表编号范围左右值相等，无需合并，直接返回当前链表；
2. 应用二分思想，等额划分左右两段需要合并的链表，使这两段合并后的长度尽可能相等；
3. 对左右两段分别递归，合并[l, r]范围内的链表；
4. 再调用 mergeTwoLists 函数进行合并（就是合并两个有序链表）

C++ 算法代码：

```cpp
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    ListNode* mergeKLists(vector<ListNode*>& lists)
    {
        return merge(lists, 0, lists.size() - 1);
    }

    ListNode* merge(vector<ListNode*>& lists, int left, int right)
    {
        if(left > right) return nullptr;
        if(left == right) return lists[left];

        // 1. 平分数组
        int mid = left + right >> 1;
        // [left, mid] [mid + 1, right]

        // 2. 递归处理左右区间
        ListNode* l1 = merge(lists, left, mid);
        ListNode* l2 = merge(lists, mid + 1, right);

        // 3. 合并两个有序链表
        return mergeTowList(l1, l2);
    }

    ListNode* mergeTowList(ListNode* l1, ListNode* l2)
```

```
37      {
38          if(l1 == nullptr) return l2;
39          if(l2 == nullptr) return l1;
40
41          // 合并两个有序链表
42          ListNode head;
43          ListNode* cur1 = l1, *cur2 = l2, *prev = &head;
44          head.next = nullptr;
45
46          while(cur1 && cur2)
47          {
48              if(cur1->val <= cur2->val)
49              {
50                  prev = prev->next = cur1;
51                  cur1 = cur1->next;
52              }
53              else
54              {
55                  prev = prev->next = cur2;
56                  cur2 = cur2->next;
57              }
58          }
59
60          if(cur1) prev->next = cur1;
61          if(cur2) prev->next = cur2;
62
63          return head.next;
64      }
65  };
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```
1  /**
2   * Definition for singly-linked list.
3   * public class ListNode {
4   *     int val;
```

```java
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
 * }
 */
class Solution
{
    public ListNode mergeKLists(ListNode[] lists)
    {
        return merge(lists, 0, lists.length - 1);
    }

    public ListNode merge(ListNode[] lists, int left, int right)
    {
        if(left > right) return null;
        if(left == right) return lists[left];

        // 1. 平分数组
        int mid = (left + right) / 2;
        // [left, mid] [mid + 1, right]

        // 2. 递归处理左右两部分
        ListNode l1 = merge(lists, left, mid);
        ListNode l2 = merge(lists, mid + 1, right);

        // 3. 合并两个有序链表
        return mergeTwoList(l1, l2);
    }

    public ListNode mergeTwoList(ListNode l1, ListNode l2)
    {
        if(l1 == null) return l2;
        if(l2 == null) return l1;

        // 合并两个有序链表
        ListNode head = new ListNode(0);
        ListNode cur1 = l1, cur2 = l2, prev = head;

        while(cur1 != null && cur2 != null)
        {
            if(cur1.val <= cur2.val)
            {
                prev.next = cur1;
                prev = cur1;
                cur1 = cur1.next;
            }
```

```
52              else
53              {
54                  prev.next = cur2;
55                  prev = cur2;
56                  cur2 = cur2.next;
57              }
58          }
59
60          if(cur1 != null) prev.next = cur1;
61          if(cur2 != null) prev.next = cur2;
62
63          return head.next;
64      }
65  }
```

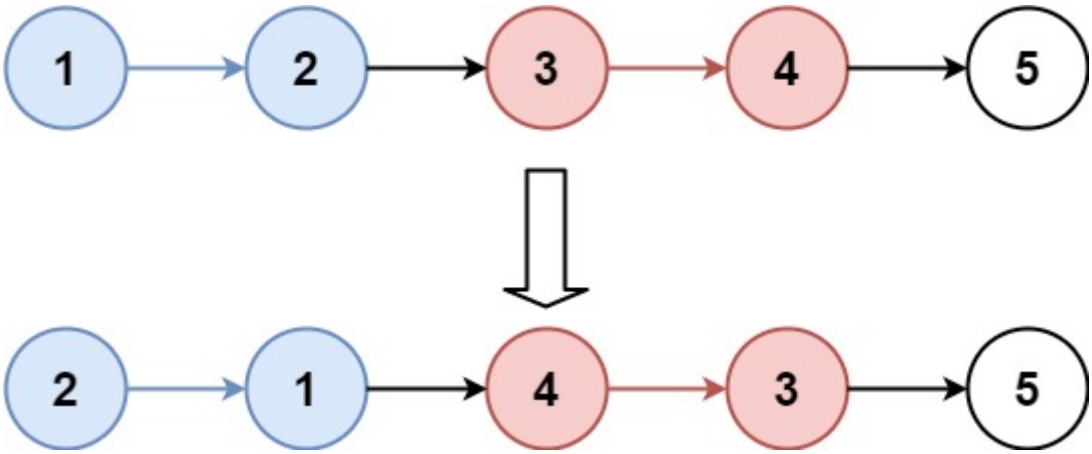
Java 运行结果：

55. K个一组翻转链表（hard）

1. **题目链接：25. K 个一组翻转链表**

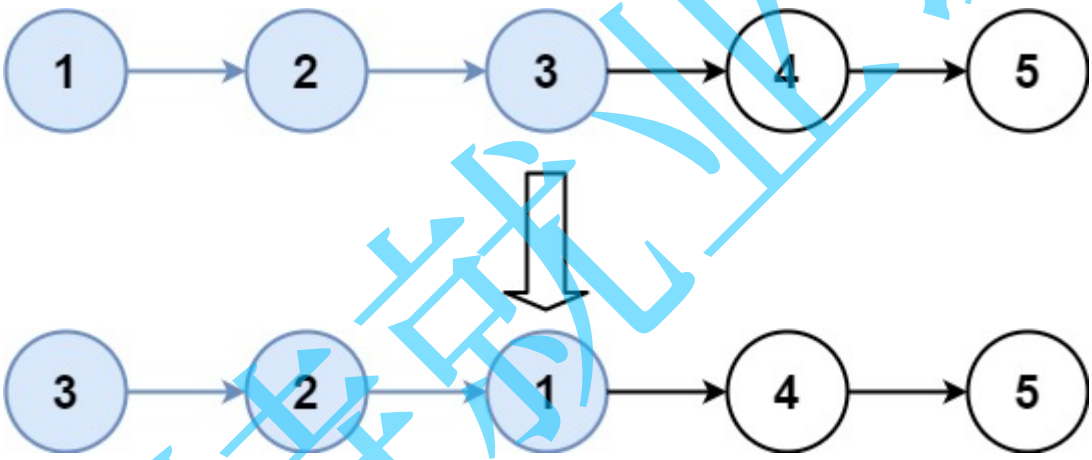
2. **题目描述：**

> 给你链表的头节点 head ，每 k 个节点一组进行翻转，请你返回修改后的链表。
>
> k 是一个正整数，它的值小于或等于链表的长度。如果节点总数不是 k 的整数倍，那么请将最后剩余的节点保持原有顺序。
>
> 你不能只是单纯的改变节点内部的值，而是需要实际进行节点交换。
>
> 示例 1：



输入： head = [1,2,3,4,5], k = 2
输出： [2,1,4,3,5]

示例 2：



输入：head = [1,2,3,4,5], k = 3

输出：[3,2,1,4,5]

提示：

链表中的节点数目为 n

1 <= k <= n <= 5000

0 <= Node.val <= 1000

进阶：你可以设计一个只用 O(1) 额外内存空间的算法解决此问题吗？

3. **解法（模拟）：**

算法思路：

本题的目标非常清晰易懂，不涉及复杂的算法，只是实现过程中需要考虑的细节比较多。

我们可以把链表按 `K` 个为一组进行分组，组内进行反转，并且记录反转后的头尾结点，使其可以和前、后连接起来。思路比较简单，但是实现起来是比较复杂的。

我们可以先求出一共需要逆序多少组（假设逆序 `n` 组），然后重复 `n` 次长度为 `k` 的链表的逆序即可。

C++ 算法代码：

```cpp
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * struct ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode *next;
 *     ListNode() : val(0), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x) : val(x), next(nullptr) {}
 *     ListNode(int x, ListNode *next) : val(x), next(next) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    ListNode* reverseKGroup(ListNode* head, int k)
    {
        // 1. 先求出需要逆序多少组
        int n = 0;
        ListNode* cur = head;
        while(cur)
        {
            cur = cur->next;
            n++;
        }
        n /= k;

        // 2. 重复 n 次：长度为 k 的链表的逆序即可
        ListNode* newHead = new ListNode(0);
        ListNode* prev = newHead;
        cur = head;

        for(int i = 0; i < n; i++)
        {
            ListNode* tmp = cur;
            for(int j = 0; j < k; j++)
            {
                ListNode* next = cur->next;
```

```
                cur->next = prev->next;
                prev->next = cur;
                cur = next;
            }
            prev = tmp;
        }
        // 把不需要翻转的接上
        prev->next = cur;
        cur = newHead->next;
        delete newHead;
        return cur;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```
/**
 * Definition for singly-linked list.
 * public class ListNode {
 *     int val;
 *     ListNode next;
 *     ListNode() {}
 *     ListNode(int val) { this.val = val; }
 *     ListNode(int val, ListNode next) { this.val = val; this.next = next; }
 * }
 */
class Solution
{
    public ListNode reverseKGroup(ListNode head, int k)
    {
        // 1. 先求出需要逆序多少组
        int n = 0;
        ListNode cur = head;
        while(cur != null)
        {
            cur = cur.next;
```

```
21              n++;
22          }
23          n /= k;
24
25          // 2. 重复 n 次：长度为 k 的链表的逆序
26          ListNode newHead = new ListNode(0);
27          ListNode prev = newHead;
28          cur = head;
29
30          for(int i = 0; i < n; i++)
31          {
32              ListNode tmp = cur;
33              for(int j = 0; j < k; j++)
34              {
35                  // 头插的逻辑
36                  ListNode next = cur.next;
37                  cur.next = prev.next;
38                  prev.next = cur;
39                  cur = next;
40              }
41              prev = tmp;
42          }
43
44          // 把后面不需要逆序的部分连接上
45          prev.next = cur;
46          return newHead.next;
47      }
48  }
```

Java 运行结果：

哈希表

56. 两数之和（easy）

1. **题目链接：1. 两数之和**

> 有人相爱，有人夜里开车看海，有人 **leetcode** 第一题都做不出来。

2. 题目描述：

> 给定一个整数数组 nums 和一个整数目标值 target，请你在该数组中找出和为目标值 target 的那两个整数，并返回它们的数组下标。
>
> 你可以假设每种输入只会对应一个答案。但是，数组中同一个元素在答案里不能重复出现。
>
> 你可以按任意顺序返回答案。
>
> **示例 1：**
>
> **输入：** nums = [2,7,11,15], target = 9
>
> **输出：** [0,1]
>
> **解释：** 因为 nums[0] + nums[1] == 9 ，返回 [0, 1] 。
>
> **示例 3：**
>
> **输入：** nums = [3,3], target = 6
> **输出：** [0,1]

3. 解法（哈希表）：

算法思路：

- 如果我们可以事先将「数组内的元素」和「下标」绑定在一起存入「哈希表」中，然后直接在哈希表中查找每一个元素的 `target - nums[i]` ，就能快速的找到「目标和的下标」。
- 这里有一个小技巧，我们可以不用将元素全部放入到哈希表之后，再来二次遍历（因为要处理元素相同的情况）。而是在将元素放入到哈希表中的「同时」，直接来检查表中是否已经存在当前元素所对应的目标元素（即 `target - nums[i]` ）。如果它存在，那我们已经找到了对应解，并立即将其返回。无需将元素全部放入哈希表中，提高效率。
- 因为哈希表中查找元素的时间复杂度是 `O(1)` ，遍历一遍数组的时间复杂度为 `O(N)` ，因此可以将时间复杂度降到 `O(N)` 。

这是一个典型的「用空间交换时间」的方式。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    vector<int> twoSum(vector<int>& nums, int target)
    {
        unordered_map<int, int> hash; // <nums[i], i>
```

```
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++)
        {
            int x = target - nums[i];
            if(hash.count(x)) return {hash[x], i};
            hash[nums[i]] = i;
        }
        // 照顾编译器
        return {-1, -1};
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```
class Solution
{
    public int[] twoSum(int[] nums, int target)
    {
        Map<Integer, Integer> hash = new HashMap<>(); // <nums[i], i>
        for(int i = 0; i < nums.length; i++)
        {
            int x = target - nums[i];
            if(hash.containsKey(x))
            {
                return new int[]{i, hash.get(x)};
            }
            hash.put(nums[i], i);
        }
        // 照顾编译器
        return new int[]{-1, -1};
    }
}
```

Java 运行结果：

57. 判断是否互为字符重排（easy）

1. **题目链接：面试题 01.02. 判定是否互为字符重排**

2. **题目描述：**

> 给定两个字符串 `s1` 和 `s2`，请编写一个程序，确定其中一个字符串的字符重新排列后，能否变成另一个字符串。
>
> 示例 1:
>
> 输入: `s1 = "abc", s2 = "bca"`
>
> 输出: `true`
>
> 示例 2:
>
> 输入: `s1 = "abc", s2 = "bad"`
>
> 输出: `false`

3. **解法（哈希表）：**

算法思路：

1. 当两个字符串的长度不相等的时候，是不可能构成互相重排的，直接返回 `false`；
2. 如果两个字符串能够构成互相重排，那么每个字符串中「各个字符」出现的「次数」一定是相同的。因此，我们可以分别统计出这两个字符串中各个字符出现的次数，然后逐个比较是否相等即可。这样的话，我们就可以选择「哈希表」来统计字符串中字符出现的次数。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    bool CheckPermutation(string s1, string s2)
    {
        if(s1.size() != s2.size()) return false;

        int hash[26] = { 0 };
```

```
        // 先统计第一个字符串的信息
        for(auto ch : s1)
            hash[ch - 'a']++;

        // 扫描第二个字符串，看看是否能重排
        for(auto ch : s2)
        {
            hash[ch - 'a']--;
            if(hash[ch - 'a'] < 0) return false;
        }
        return true;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```
class Solution
{
    public boolean CheckPermutation(String s1, String s2)
    {
        if(s1.length() != s2.length()) return false;

        int[] hash = new int[26];
        // 先把第一个字符串的信息统计到哈希表中
        for(int i = 0; i < s1.length(); i++)
        {
            hash[s1.charAt(i) - 'a']++;
        }

        // 遍历第二个字符串，判断是否可以重排
        for(int i = 0; i < s2.length(); i++)
        {
            hash[s2.charAt(i) - 'a']--;
            if(hash[s2.charAt(i) - 'a'] < 0) return false;
        }
        return true;
```

```
21      }
22  }
```

Java 运行结果：

58. 存在重复元素 I（easy）

1. **题目链接：217. 存在重复元素**

2. **题目描述：**

> 给你一个整数数组 nums 。如果任一值在数组中出现 至少两次 ，返回 true；如果数组中每个元素互不相同，返回 false 。
>
> 示例 1：
>
> 输入：nums = [1,2,3,1]
>
> 输出：true
>
> 示例 2：
>
> 输入：nums = [1,2,3,4]
>
> 输出：false

3. **解法（哈希表）：**

算法思路：

分析一下题目，出现「至少两次」的意思就是数组中存在着重复的元素，因此我们可以无需统计元素出现的数目。仅需在遍历数组的过程中，检查当前元素「是否在之前已经出现过」即可。

因此我们可以利用哈希表，仅需存储数「组内的元素」。在遍历数组的时候，一边检查哈希表中是否已经出现过当前元素，一边将元素加入到 哈希表中。

C++ 算法代码：

```
1  class Solution
2  {
3  public:
```

```cpp
    bool containsDuplicate(vector<int>& nums)
    {
        unordered_set<int> hash;
        for(auto x : nums)
            if(hash.count(x)) return true;
            else hash.insert(x);
        return false;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public boolean containsDuplicate(int[] nums)
    {
        Set<Integer> hash = new HashSet<>();
        for(int x : nums)
        {
            if(hash.contains(x)) return true;
            hash.add(x);
        }
        return false;
    }
}
```

Java 运行结果：

59. 存在重复元素 II（easy）

1. **题目链接：219. 存在重复元素 II**

2. **题目描述：**

> 给你一个整数数组 nums 和一个整数 k ，判断数组中是否存在两个不同的索引 i 和 j ，满足 nums[i] == nums[j] 且 abs(i - j) <= k 。如果存在，返回 true ；否则，返回 false 。
>
> 示例 1：
>
> 输入：nums = [1,2,3,1], k = 3
>
> 输出：true
>
> 示例 2：
>
> 输入：nums = [1,0,1,1], k = 1
>
> 输出：true

3. **解法（哈希表）：**

算法思路：

解决该问题需要我们快速定位到两个信息：

- 两个相同的元素；
- 这两个相同元素的下标。

因此，我们可以使用「哈希表」，令数组内的元素做 `key` 值，该元素所对应的下标做 `val` 值，将「数组元素」和「下标」绑定在一起，存入到「哈希表」中。

思考题：

如果数组内存在大量的「重复元素」，而我们判断下标所对应的元素是否符合条件的时候，需要将不同下标的元素作比较，怎么处理这个情况呢？

答：这里运用了一个「小贪心」。

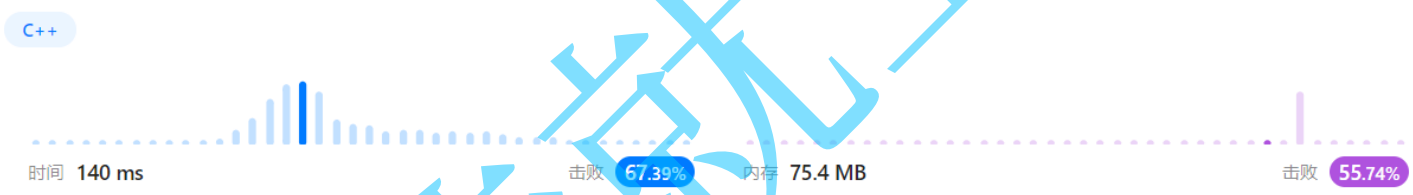
我们按照下标「从小到大」的顺序遍历数组，当遇到两个元素相同，并且比较它们的下标时，这两个下标一定是距离最近的，因为：

- 如果当前判断符合条件直接返回 `true`，无需继续往后查找。
- 如果不符合条件，那么前一个下标一定不可能与后续相同元素的下标匹配（因为下标在逐渐变大），那么我们可以大胆舍去前一个存储的下标，转而将其换成新的下标，继续匹配。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    bool containsNearbyDuplicate(vector<int>& nums, int k)
    {
        unordered_map<int, int> hash;
        for(int i = 0; i < nums.size(); i++)
        {
            if(hash.count(nums[i]))
            {
                if(i - hash[nums[i]] <= k) return true;
            }
            hash[nums[i]] = i;
        }
        return false;
    }
};
```

C++ 运行结果：



Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public boolean containsNearbyDuplicate(int[] nums, int k)
    {
        Map<Integer, Integer> hash = new HashMap<>();
        for(int i = 0; i < nums.length; i++)
        {
            if(hash.containsKey(nums[i]))
            {
                if(i - hash.get(nums[i]) <= k) return true;
            }
            hash.put(nums[i], i);
        }
        return false;
    }
}
```

Java 运行结果：

60. 字母异位词分组（medium）

> 从这道题我们可以拓展一下视野，不要将容器局限于基本类型，它也可以是一个容器嵌套另一个容器的复杂类型。

1. **题目链接：49. 字母异位词分组**
2. **题目描述：**

> 给你一个字符串数组，请你将字母异位词组合在一起。可以按任意顺序返回结果列表。
>
> 字母异位词是由重新排列源单词的字母得到的一个新单词，所有源单词中的字母通常恰好只用一次。
>
> 示例 1:
>
> 输入: strs = ["eat", "tea", "tan", "ate", "nat", "bat"]
>
> 输出: [["bat"],["nat","tan"],["ate","eat","tea"]]

3. **解法（哈希表 + 排序）：**

算法思路：

互为字母异位词的单词有一个特点：将它们「排序」之后，两个单词应该是「完全相同」的。

所以，我们可以利用这个特性，将单词按照字典序排序，如果排序后的单词相同的话，就划分到同一组中。

这时我们就要处理两个问题：

- 排序后的单词与原单词需要能互相映射；
- 将排序后相同的单词，「划分到同一组」；

利用语言提供的「容器」的强大的功能就能实现这两点：

- 将排序后的字符串（`string`）当做哈希表的 `key` 值；
- 将字母异位词数组（`string[]`）当成 `val` 值。

定义一个「哈希表」即可解决问题。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    vector<vector<string>> groupAnagrams(vector<string>& strs)
    {
        unordered_map<string, vector<string>> hash;

        // 1. 把所有的字母异位词分组
        for(auto& s : strs)
        {
            string tmp = s;
            sort(tmp.begin(), tmp.end());
            hash[tmp].push_back(s);
        }

        // 2. 结果提取出来
        vector<vector<string>> ret;
        for(auto& [x, y] : hash)
        {
            ret.push_back(y);
        }
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public List<List<String>> groupAnagrams(String[] strs)
    {
        Map<String, List<String>> hash = new HashMap<>();
```

```java

        // 1. 先把所有的字母异位词分组
        for(String s : strs)
        {
            char[] tmp = s.toCharArray();
            Arrays.sort(tmp);
            String key = new String(tmp);

            if(!hash.containsKey(key))
            {
                hash.put(key, new ArrayList());
            }
            hash.get(key).add(s);
        }

        // 2. 提取结果
        return new ArrayList(hash.values());
    }
}
```

Java 运行结果：

字符串

61. 最长公共前缀（easy）

1. **题目链接：14. 最长公共前缀**

2. **题目描述：**

> 编写一个函数来查找字符串数组中的最长公共前缀。
>
> 如果不存在公共前缀，返回空字符串 ""。
>
> 示例 1：
>
> 输入：strs = ["flower","flow","flight"]

输出："fl"

示例 2：

输入：strs = ["dog","racecar","car"]

输出：""

解释：输入不存在公共前缀。

提示：

1 <= strs.length <= 200

0 <= strs[i].length <= 200

strs[i] 仅由小写英文字母组成

3. **解法：**

算法思路：

解法一（两两比较）：

我们可以先找出前两个的最长公共前缀，然后拿这个最长公共前缀依次与后面的字符串比较，这样就可以找出所有字符串的最长公共前缀。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    string longestCommonPrefix(vector<string>& strs)
    {
        // 解法一：两两比较
        string ret = strs[0];
        for(int i = 1; i < strs.size(); i++)
            ret = findCommon(ret, strs[i]);
        return ret;
    }

    string findCommon(string& s1, string& s2)
    {
        int i = 0;
        while(i < min(s1.size(), s2.size()) && s1[i] == s2[i]) i++;
        return s1.substr(0, i);
```

```
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String longestCommonPrefix(String[] strs)
    {
        // 解法一：两两比较
        String ret = strs[0];
        for(int i = 1; i < strs.length; i++)
        {
            ret = findCommon(strs[i], ret);
        }
        return ret;
    }

    public String findCommon(String s1, String s2)
    {
        int i = 0;
        while(i < Math.min(s1.length(), s2.length()) && s1.charAt(i) ==
s2.charAt(i))
            i++;
        return s1.substring(0, i);
    }
}
```

Java 运行结果：

解法二（统一比较）：

题目要求多个字符串的公共前缀，我们可以逐位比较这些字符串，哪一位出现了不同，就在哪一位截止。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    string longestCommonPrefix(vector<string>& strs)
    {
        // 解法二：统一比较
        for(int i = 0; i < strs[0].size(); i++)
        {
            char tmp = strs[0][i];
            for(int j = 1; j < strs.size(); j++)
                if(i == strs[j].size() || tmp != strs[j][i])
                    return strs[0].substr(0, i);
        }
        return strs[0];
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String longestCommonPrefix(String[] strs)
    {
        // 解法二：统一比较
        for(int i = 0; i < strs[0].length(); i++)
        {
```

```
            char tmp = strs[0].charAt(i);
            for(int j = 1; j < strs.length; j++)
            {
                if(i == strs[j].length() || strs[j].charAt(i) != tmp)
                    return strs[0].substring(0, i);
            }
        }
        return strs[0];
    }
}
```

Java 运行结果：

62. 最长回文子串 (medium)

1. **题目链接：5. 最长回文子串**
2. **题目描述：**

> 给你一个字符串 s，找到 s 中最长的回文子串。
>
> 如果字符串的反序与原始字符串相同，则该字符串称为回文字符串。
>
> 示例 1：
>
> 输入：s = "babad"
>
> 输出："bab"
>
> 解释："aba" 同样是符合题意的答案。
>
> 示例 2：
>
> 输入：s = "cbbd"
>
> 输出："bb"
>
> 提示：

> 1 <= s.length <= 1000
>
> s 仅由数字和英文字母组成

3. 解法（中心扩散）：

算法思路：

枚举每一个可能的子串非常费时，有没有比较简单一点的方法呢？

对于一个子串而言，如果它是回文串，并且长度大于 2，那么将它首尾的两个字母去除之后，它仍然是个回文串。如此这样去除，一直除到长度小于等于 2 时呢？长度为 1 的，自身与自身就构成回文；而长度为 2 的，就要判断这两个字符是否相等了。

从这个性质可以反推出来，从回文串的中心开始，往左读和往右读也是一样的。那么，是否可以枚举回文串的中心呢？

从中心向两边扩展，如果两边的字母相同，我们就可以继续扩展；如果不同，我们就停止扩展。这样只需要一层 for 循环，我们就可以完成先前两层 for 循环的工作量。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    string longestPalindrome(string s)
    {
        // 中心扩展算法
        int begin = 0, len = 0, n = s.size();
        for(int i = 0; i < n; i++) // 依次枚举所有的中点
        {
            // 先做一次奇数长度的扩展
            int left = i, right = i;
            while(left >= 0 && right < n && s[left] == s[right])
            {
                left--;
                right++;
            }
            if(right - left - 1 > len)
            {
                begin = left + 1;
                len = right - left - 1;
            }
            // 偶数长度的扩展
            left = i, right = i + 1;
            while(left >= 0 && right < n && s[left] == s[right])
```

```
            {
                left--;
                right++;
            }
            if(right - left - 1 > len)
            {
                begin = left + 1;
                len = right - left - 1;
            }
        }
        return s.substr(begin, len);
    }
};
```

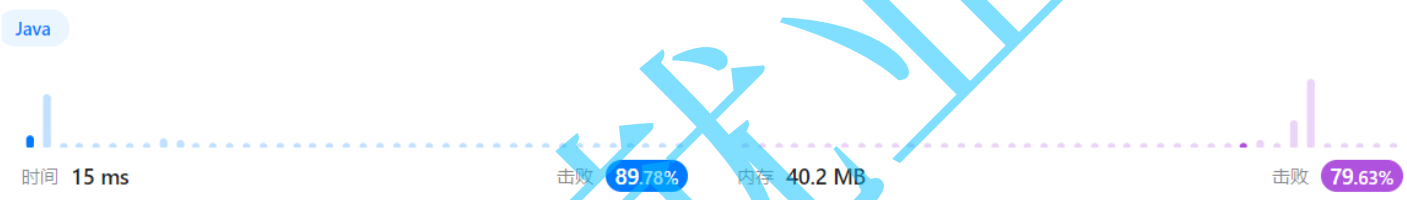
C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String longestPalindrome(String s)
    {
        int begin = 0, len = 0, n = s.length();
        for(int i = 0; i < n; i++) // 固定所有的中间点
        {
            // 先扩展奇数长度的子串
            int left = i, right = i;
            while(left >= 0 && right < n && s.charAt(left) == s.charAt(right))
            {
                left--;
                right++;
            }
            if(right - left - 1 > len)
            {
                begin = left + 1;
                len = right - left - 1;
            }
            // 扩展偶数长度
```

```
21              left = i; right = i + 1;
22              while(left >= 0 && right < n && s.charAt(left) == s.charAt(right))
23              {
24                  left--;
25                  right++;
26              }
27              if(right - left - 1 > len)
28              {
29                  begin = left + 1;
30                  len = right - left - 1;
31              }
32          }
33          return s.substring(begin, begin + len);
34      }
35  }
```

Java 运行结果：



63. 二进制求和（easy）

1. **题目链接：67. 二进制求和**

2. **题目描述：**

> 给你两个二进制字符串 a 和 b ，以二进制字符串的形式返回它们的和。
>
> 示例 1:
>
> 输入:a = "11", b = "1"
>
> 输出: "100"
>
> 示例 2:
>
> 输入: a = "1010", b = "1011"
>
> 输出: "10101"

3. **解法（模拟十进制的大数相加的过程）：**

算法思路：

模拟十进制中我们**列竖式计算**两个数之和的过程。但是这里是二进制的求和，我们不是逢十进一，而是**逢二进一**。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    string addBinary(string a, string b)
    {
        string ret;

        int cur1 = a.size() - 1, cur2 = b.size() - 1, t = 0;
        while(cur1 >= 0 || cur2 >= 0 || t)
        {
            if(cur1 >= 0) t += a[cur1--] - '0';
            if(cur2 >= 0) t += b[cur2--] - '0';
            ret += t % 2 + '0';
            t /= 2;
        }
        reverse(ret.begin(), ret.end());

        return ret;
    }
};
```

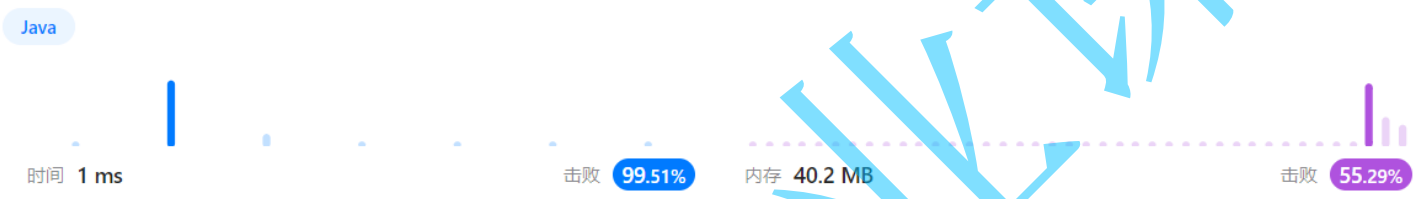
C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String addBinary(String a, String b)
    {
        StringBuffer ret = new StringBuffer();
        int cur1 = a.length() - 1, cur2 = b.length() - 1, t = 0;
```

```
        while(cur1 >= 0 || cur2 >= 0 || t != 0)
        {
            if(cur1 >= 0) t += a.charAt(cur1--) - '0';
            if(cur2 >= 0) t += b.charAt(cur2--) - '0';
            ret.append((char)('0' + (char)(t % 2)));
            t /= 2;
        }
        ret.reverse();
        return ret.toString();
    }
}
```

Java 运行结果：



64. 字符串相乘（medium）

1. **题目链接：43. 字符串相乘**

2. **题目描述：**

> 给定两个以字符串形式表示的非负整数 num1 和 num2，返回 num1 和 num2 的乘积，它们的乘积也表示为字符串形式。
>
> 注意：不能使用任何内置的 BigInteger 库或直接将输入转换为整数。
>
> 示例 1:
>
> 输入: num1 = "2", num2 = "3"
>
> 输出: "6"
>
> 示例 2:
>
> 输入: num1 = "123", num2 = "456"
>
> 输出: "56088"

3. **解法（无进位相乘然后相加，最后处理进位）：**

算法思路：

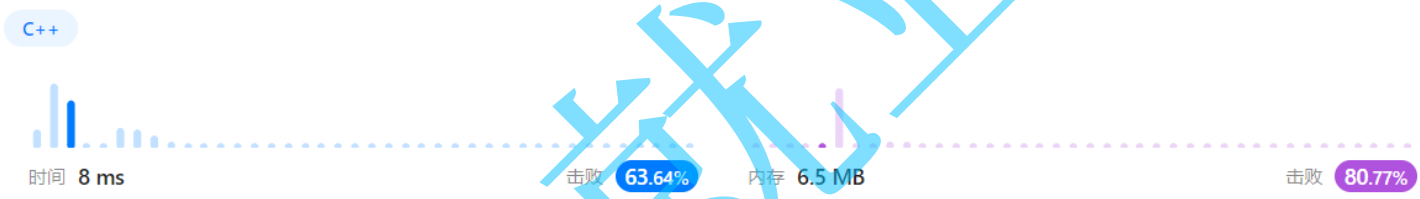
整体思路就是模拟我们小学**列竖式计算**两个数相乘的过程。但是为了我们书写代码的方便性，我们选择一种优化版本的，就是在**计算两数相乘的时候，先不考虑进位，等到所有结果计算完毕之后，再去考虑进位**。如下图：

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    string multiply(string n1, string n2)
    {
        // 解法：无进位相乘后相加，然后处理进位
        int m = n1.size(), n = n2.size();
        reverse(n1.begin(), n1.end());
        reverse(n2.begin(), n2.end());
        vector<int> tmp(m + n - 1);

        // 1. 无进位相乘后相加
        for(int i = 0; i < m; i++)
            for(int j = 0; j < n; j++)
                tmp[i + j] += (n1[i] - '0') * (n2[j] - '0');

        // 2. 处理进位
```

```
        int cur = 0, t = 0;
        string ret;
        while(cur < m + n - 1 || t)
        {
            if(cur < m + n - 1) t += tmp[cur++];
            ret += t % 10 + '0';
            t /= 10;
        }

        // 3. 处理前导零
        while(ret.size() > 1 && ret.back() == '0') ret.pop_back();

        reverse(ret.begin(), ret.end());
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

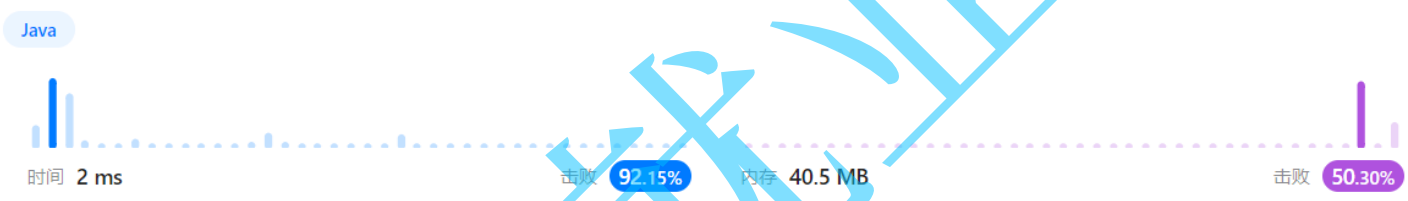


Java 算法代码：

```
class Solution
{
    public String multiply(String num1, String num2)
    {
        int m = num1.length(), n = num2.length();
        char[] n1 = new StringBuffer(num1).reverse().toString().toCharArray();
        char[] n2 = new StringBuffer(num2).reverse().toString().toCharArray();

        int[] tmp = new int[m + n - 1];

        // 1. 无进位相乘后相加
        for(int i = 0; i < m; i++)
            for(int j = 0; j < n; j++)
                tmp[i + j] += (n1[i] - '0') * (n2[j] - '0');

        // 2. 处理进位
        int cur = 0, t = 0;
```

```
        StringBuffer ret = new StringBuffer();
        while(cur < m + n - 1 || t != 0)
        {
            if(cur < m + n - 1) t += tmp[cur++];
            ret.append((char)(t % 10 + '0'));
            t /= 10;
        }

        // 3. 处理进位
        while(ret.length() > 1 && ret.charAt(ret.length() - 1) == '0')
            ret.deleteCharAt((ret.length() - 1));

        return ret.reverse().toString();
    }
}
```

Java 运行结果：



栈

65. 删除字符中的所有相邻重复项（easy）

1. **题目链接：1047. 删除字符串中的所有相邻重复项**
2. **题目描述：**

> 给出由小写字母组成的字符串 S，重复项删除操作会选择两个相邻且相同的字母，并删除它们。
>
> 在 S 上反复执行重复项删除操作，直到无法继续删除。
>
> 在完成所有重复项删除操作后返回最终的字符串。答案保证唯一。
>
> 示例：
>
> 输入："abbaca"
>
> 输出："ca"
>
> 解释：

> 例如，在 "abbaca" 中，我们可以删除 "bb" 由于两字母相邻且相同，这是此时唯一可以执行删除操作的重复项。之后我们得到字符串 "aaca"，其中又只有 "aa" 可以执行重复项删除操作，所以最后的字符串为 "ca"。

3. 解法（栈）：

算法思路：

本题极像我们玩过的「开心消消乐」游戏，仔细观察消除过程，可以发现本题与我们之前做过的「括号匹配」问题是类似的。当前元素是否被消除，需要知道上一个元素的信息，因此可以用「栈」来保存信息。

但是，如果使用 `stack` 来保存的话，最后还需要把结果从栈中取出来。不如直接用「数组模拟一个栈」结构：在数组的尾部「尾插尾删」，实现栈的「进栈」和「出栈」。那么最后数组存留的内容，就是最后的结果。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    string removeDuplicates(string s)
    {
        string ret; // 搞一个数组，模拟栈结构即可
        for(auto ch : s)
        {
            if(ret.size() && ch == ret.back()) ret.pop_back(); // 出栈
            else ret += ch; // 入栈
        }
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String removeDuplicates(String _s)
    {
        StringBuffer ret = new StringBuffer(); // 用数组来模拟栈结构
        char[] s = _s.toCharArray();
        for(char ch : s)
        {
            if(ret.length() > 0 && ch == ret.charAt(ret.length() - 1))
            {
                // 出栈
                ret.deleteCharAt(ret.length() - 1);
            }
            else
            {
                // 进栈
                ret.append(ch);
            }
        }

        return ret.toString();
    }
}
```

Java 运行结果：

66. 比较含退格的字符串（easy）

1. **题目链接：844. 比较含退格的字符串**

2. **题目描述：**

> 给定 s 和 t 两个字符串，当它们分别被输入到空白的文本编辑器后，如果两者相等，返回 true 。# 代表退格字符。
>
> 注意：如果对空文本输入退格字符，文本继续为空。
>
> 示例 1：
>
> 输入：s = "ab#c", t = "ad#c"

> 输出：true
>
> 解释：
>
> s 和 t 都会变成 "ac"。
>
> 示例 2：
>
> 输入：s = "ab##", t = "c#d#"
>
> 输出：true
>
> 解释：
>
> s 和 t 都会变成 ""。

3. 解法（用数组模拟栈）：

算法思路：

由于退格的时候需要知道「前面元素」的信息，而且退格也符合「后进先出」的特性。因此我们可以使用「栈」结构来模拟退格的过程。

- 当遇到非 `#` 字符的时候，直接进栈；
- 当遇到 `#` 的时候，栈顶元素出栈。

为了方便统计结果，我们使用「数组」来模拟实现栈结构。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    bool backspaceCompare(string s, string t)
    {
        return changeStr(s) == changeStr(t);
    }

    string changeStr(string& s)
    {
        string ret; // 用数组模拟栈结构
        for(char ch : s)
        {
            if(ch != '#') ret += ch;
            else
            {
                if(ret.size()) ret.pop_back();
            }
```

```
        }
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public boolean backspaceCompare(String s, String t)
    {
        return changeStr(s).equals(changeStr(t));
    }

    public String changeStr(String s)
    {
        StringBuffer ret = new StringBuffer(); // 用数组模拟栈结构
        for(int i = 0; i < s.length(); i++)
        {
            char ch = s.charAt(i);
            if(ch != '#')
            {
                ret.append(ch); // 入栈
            }
            else
            {
                if(ret.length() > 0) ret.deleteCharAt(ret.length() - 1); // 出栈
            }
        }
        return ret.toString();
    }
}
```

Java 运行结果：

67. 基本计算器 II（medium）

1. **题目链接：227. 基本计算器 II**

2. **题目描述：**

> 给你一个字符串表达式 s ，请你实现一个基本计算器来计算并返回它的值。
>
> 整数除法仅保留整数部分。
>
> 你可以假设给定的表达式总是有效的。所有中间结果将在 [-2^31, 2^31 - 1] 的范围内。
>
> 注意：不允许使用任何将字符串作为数学表达式计算的内置函数，比如 eval() 。
>
> 示例 1:
>
> 输入：s = "3+2*2"
>
> 输出：7
>
> 示例 2:
>
> 输入：s = " 3/2 "
>
> 输出：1
>
> 示例 3:
>
> 输入：s = " 3+5 / 2 "
>
> 输出：5
>
> 提示：
>
> - 1 <= s.length <= 3 * 10^5
> - s 由整数和算符 ('+', '-', '*', '/') 组成，中间由一些空格隔开
> - s 表示一个有效表达式
> - 表达式中的所有整数都是**非负整数**，且在范围 [0, 2^31 - 1] 内
> - 题目数据保证答案是一个 32-bit 整数

题目解析：

一定要认真看题目的提示，从提示中我们可以看到这道题：

- 只有「加减乘除」四个运算；

- 没有括号；
- 并且每一个数都是大于等于 `0` 的；

这样可以大大的「减少」我们需要处理的情况。

3. 解法（栈）：

算法思路：

由于表达式里面没有括号，因此我们只用处理「加减乘除」混合运算即可。根据四则运算的顺序，我们可以先计算乘除法，然后再计算加减法。由此，我们可以得出下面的结论：

- 当一个数前面是 `'+'` 号的时候，这一个数是否会被立即计算是「不确定」的，因此我们可以先压入栈中；
- 当一个数前面是 `'-'` 号的时候，这一个数是否被立即计算也是「不确定」的，但是这个数已经和前面 的 - 号绑定了，因此我们可以将这个数的相反数压入栈中；
- 当一个数前面是 `'*'` 号的时候，这一个数可以立即与前面的一个数相乘，此时我们让将栈顶的元素乘上这个数；
- 当一个数前面是 `'/'` 号的时候，这一个数也是可以立即被计算的，因此我们让栈顶元素除以这个数。

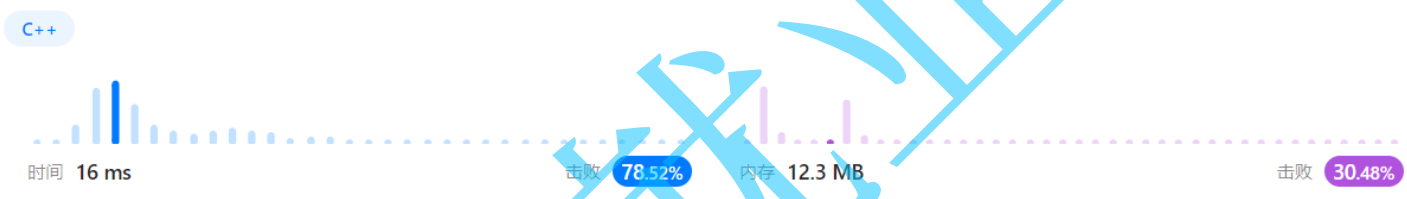
当遍历完全部的表达式的时候，栈中剩余的「元素之和」就是最终结果。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    int calculate(string s)
    {
        vector<int> st; // 用数组来模拟栈结构
        int i = 0, n = s.size();
        char op = '+';
        while(i < n)
        {
            if(s[i] == ' ') i++;
            else if(s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
            {
                // 先把这个数字给提取出来
                int tmp = 0;
                while(i < n && s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
                    tmp = tmp * 10 + (s[i++] - '0');
                if(op == '+') st.push_back(tmp);
```

```
                else if(op == '-') st.push_back(-tmp);
                else if(op == '*') st.back() *= tmp;
                else st.back() /= tmp;
            }
            else
            {
                op = s[i];
                i++;
            }
        }
        int ret = 0;
        for(auto x : st) ret += x;
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：



Java 算法代码：

```
class Solution
{
    public int calculate(String _s)
    {
        Deque<Integer> st = new ArrayDeque<>();
        char op = '+';
        int i = 0, n = _s.length();
        char[] s = _s.toCharArray();

        while(i < n)
        {
            if(s[i] == ' ') i++;
            else if(s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
            {
                int tmp = 0;
                while(i < n && s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
                {
                    tmp = tmp * 10 + (s[i] - '0');
```

```
                    i++;
                }
                if(op == '+') st.push(tmp);
                else if(op == '-') st.push(-tmp);
                else if(op == '*') st.push(st.pop() * tmp);
                else st.push(st.pop() / tmp);
            }
            else
            {
                op = s[i];
                i++;
            }
        }
        // 统计结果
        int ret = 0;
        while(!st.isEmpty())
        {
            ret += st.pop();
        }
        return ret;
    }
}
```

Java 运行结果：

68. 字符串解码（medium）

1. **题目链接：394. 字符串解码**

2. **题目描述：**

> 给定一个经过编码的字符串，返回它解码后的字符串。
>
> 编码规则为: k[encoded_string]，表示其中方括号内部的 encoded_string 正好重复 k 次。注意 k 保证为正整数。
>
> 你可以认为输入字符串总是有效的；输入字符串中没有额外的空格，且输入的方括号总是符合格式要求的。
>
> 此外，你可以认为原始数据不包含数字，所有的数字只表示重复的次数 k ，例如不会出现像 3a 或 2[4] 的输入。

> 示例 1：
>
> 输入：s = "3[a]2[bc]"
>
> 输出："aaabcbc"
>
> 示例 2：
>
> 输入：s = "3[a2[c]]"
>
> 输出："accaccacc"
>
> 示例 3：
>
> 输入：s = "2[abc]3[cd]ef"
>
> 输出："abcabccdcdcdef"

3. 解法（两个栈）：

算法思路：

对于 `3[ab2[cd]]`，我们需要先解码内部的，再解码外部（为了方便区分，使用了空格）：

- `3[ab2[cd]] -> 3[abcd cd] -> abcdcd abcdcd abcdcd`

在解码 `cd` 的时候，我们需要保存 `3 ab 2` 这些元素的信息，并且这些信息使用的顺序是从后往前，正好符合栈的结构，因此我们可以定义两个栈结构，一个用来保存解码前的重复次数 `k`（左括号前的数字），一个用来保存解码之前字符串的信息（左括号前的字符串信息）。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    string decodeString(string s)
    {
        stack<int> nums;
        stack<string> st;
        st.push("");
        int i = 0, n = s.size();

        while(i < n)
        {
            if(s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
            {
                int tmp = 0;
                while(s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
                {
```

```
                    tmp = tmp * 10 + (s[i] - '0');
                    i++;
                }
                nums.push(tmp);
            }
            else if(s[i] == '[')
            {
                i++; // 把括号后面的字符串提取出来
                string tmp = "";
                while(s[i] >= 'a' && s[i] <= 'z')
                {
                    tmp += s[i];
                    i++;
                }
                st.push(tmp);
            }
            else if(s[i] == ']')
            {
                string tmp = st.top();
                st.pop();
                int k = nums.top();
                nums.pop();

                while(k--)
                {
                    st.top() += tmp;
                }
                i++; // 跳过这个右括号
            }
            else
            {
                string tmp;
                while(i < n && s[i] >= 'a' && s[i] <= 'z')
                {
                    tmp += s[i];
                    i++;
                }
                st.top() += tmp;
            }
        }
        return st.top();
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public String decodeString(String _s)
    {
        Stack<StringBuffer> st = new Stack<>();
        st.push(new StringBuffer()); // 先放一个空串进去
        Stack<Integer> nums = new Stack<>();

        int i = 0, n = _s.length();
        char[] s = _s.toCharArray();

        while(i < n)
        {
            if(s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
            {
                int tmp = 0;
                while(i < n && s[i] >= '0' && s[i] <= '9')
                {
                    tmp = tmp * 10 + (s[i] - '0');
                    i++;
                }
                nums.push(tmp);
            }
            else if(s[i] == '[')
            {
                i++; // 把后面的字符串提取出来
                StringBuffer tmp = new StringBuffer();
                while(i < n && s[i] >= 'a' && s[i] <= 'z')
                {
                    tmp.append(s[i]);
                    i++;
                }
                st.push(tmp);
            }
            else if(s[i] == ']')
            {
                // 解析
```

```
38                  StringBuffer tmp = st.pop();
39                  int k = nums.pop();
40
41                  while(k-- != 0)
42                  {
43                      st.peek().append(tmp);
44                  }
45                  i++;
46              }
47              else
48              {
49                  StringBuffer tmp = new StringBuffer();
50                  while(i < n && s[i] >= 'a' && s[i] <= 'z')
51                  {
52                      tmp.append(s[i]);
53                      i++;
54                  }
55                  st.peek().append(tmp);
56              }
57          }
58          return st.peek().toString();
59      }
60  }
```

Java 运行结果：

69. 验证栈序列（medium）

1. **题目链接：946. 验证栈序列**

2. **题目描述：**

> 给定 `pushed` 和 `popped` 两个序列，每个序列中的 **值都不重复**，只有当它们可能是在最初空栈上进行的推入 push 和弹出 pop 操作序列的结果时，返回 `true`；否则，返回 `false` 。
>
> **示例 1：**
>
> **输入：** pushed = [1,2,3,4,5], popped = [4,5,3,2,1]
> **输出：** true

> **解释：**我们可以按以下顺序执行：
> push(1), push(2), push(3), push(4), pop() -> 4,
> push(5), pop() -> 5, pop() -> 3, pop() -> 2, pop() -> 1

示例 2：

> **输入：**pushed = [1,2,3,4,5], popped = [4,3,5,1,2]
> **输出：**false
> **解释：**1 不能在 2 之前弹出。

提示：

- `1 <= pushed.length <= 1000`
- `0 <= pushed[i] <= 1000`
- `pushed` 的所有元素 **互不相同**
- `popped.length == pushed.length`
- `popped` 是 `pushed` 的一个排列

3. **解法（栈）：**

算法思路：

用栈来模拟进出栈的流程。

一直让元素进栈，进栈的同时判断是否需要出栈。当所有元素模拟完毕之后，如果栈中还有元素，那么就是一个非法的序列。否则，就是一个合法的序列。

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
public:
    bool validateStackSequences(vector<int>& pushed, vector<int>& popped)
    {
        stack<int> st;
        int i = 0, n = popped.size();
        for(auto x : pushed)
        {
            st.push(x);
            while(st.size() && st.top() == popped[i])
            {
                st.pop();
                i++;
            }
```

```
        }
        return i == n;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public boolean validateStackSequences(int[] pushed, int[] popped)
    {
        Stack<Integer> st = new Stack<>();
        int i = 0, n = popped.length;
        for(int x : pushed)
        {
            st.push(x);
            while(!st.isEmpty() && st.peek() == popped[i])
            {
                st.pop();
                i++;
            }
        }
        return i == n;
    }
}
```

Java 运行结果：

队列 + 宽搜（BFS）

70. N 叉树的层序遍历（medium）

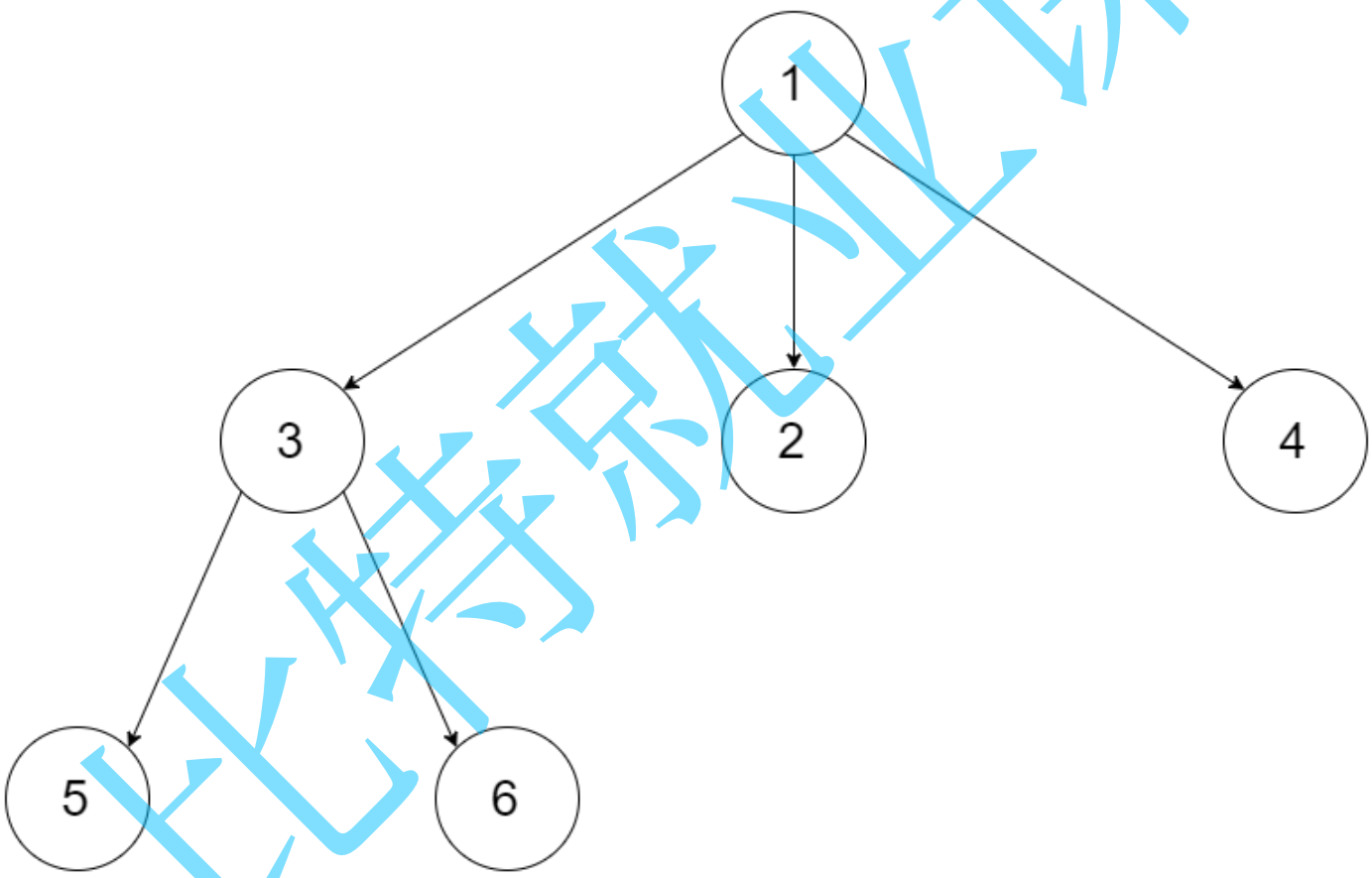
1. **题目链接：429. N 叉树的层序遍历**

2. **题目描述：**

给定一个 N 叉树，返回其节点值的*层序遍历*。（即从左到右，逐层遍历）。

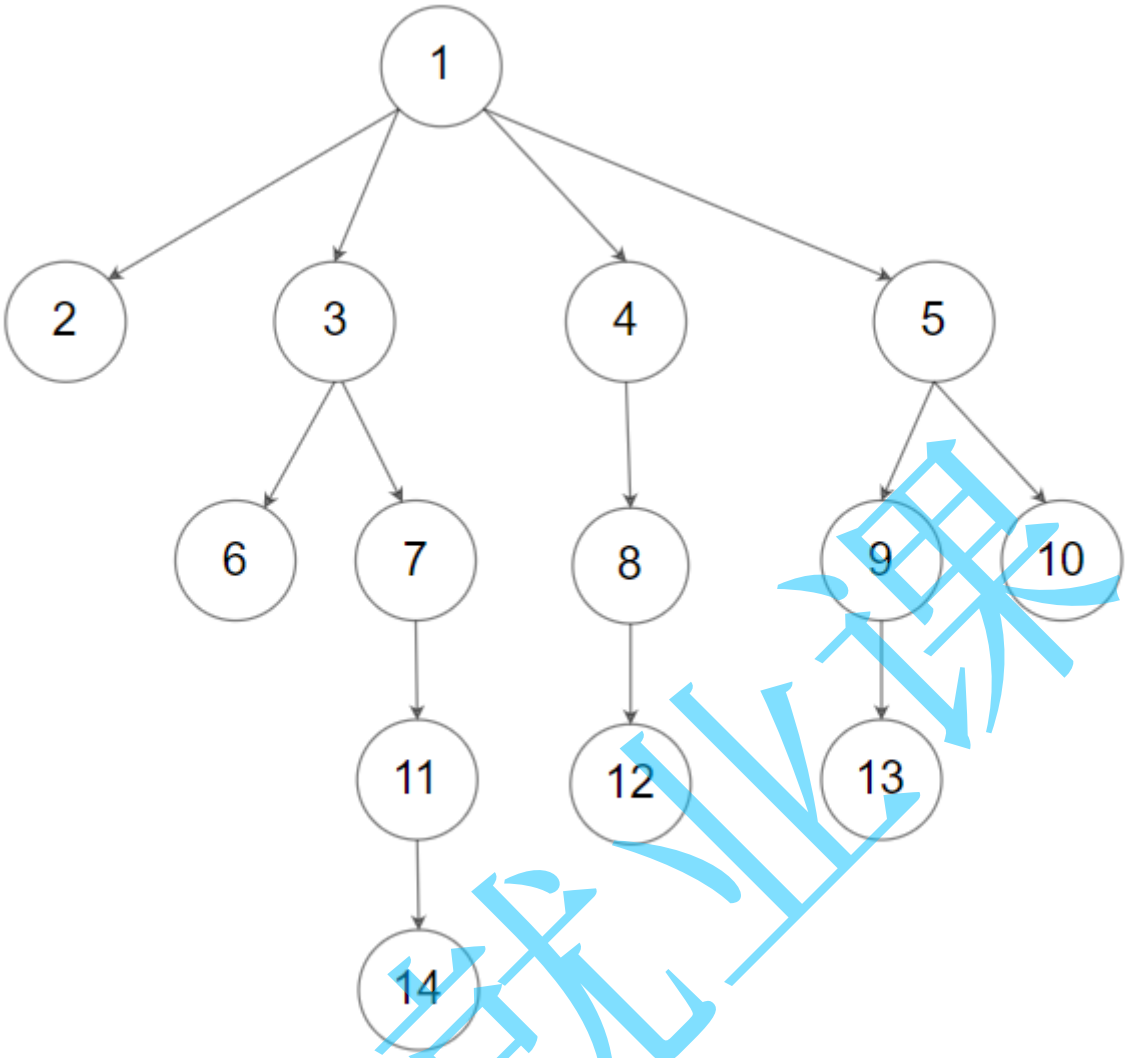
树的序列化输入是用层序遍历，每组子节点都由 null 值分隔（参见示例）。

示例 1：



输入： root = [1,null,3,2,4,null,5,6]
输出： [[1],[3,2,4],[5,6]]

示例 2：



输入： root = [1,null,2,3,4,5,null,null,6,7,null,8,null,9,10,null,null,11,null,12,null,13,null,null,14]
输出： [[1],[2,3,4,5],[6,7,8,9,10],[11,12,13],[14]]

提示：

- 树的高度不会超过 `1000`
- 树的节点总数在 `[0, 10^4]` 之间

3. **解法：**

算法思路：

层序遍历即可~

仅需多加一个变量，用来记录每一层结点的个数就好了。

C++ 算法代码：

```
/*
// Definition for a Node.
```

```cpp
class Node {
public:
    int val;
    vector<Node*> children;

    Node() {}

    Node(int _val) {
        val = _val;
    }

    Node(int _val, vector<Node*> _children) {
        val = _val;
        children = _children;
    }
};
*/

class Solution
{
public:
    vector<vector<int>> levelOrder(Node* root)
    {
        vector<vector<int>> ret; // 记录最终结果
        queue<Node*> q; // 层序遍历需要的队列
        if(root == nullptr) return ret;

        q.push(root);
        while(q.size())
        {
            int sz = q.size(); // 先求出本层元素的个数
            vector<int> tmp; // 统计本层的节点
            for(int i = 0; i < sz; i++)
            {
                Node* t = q.front();
                q.pop();
                tmp.push_back(t->val);
                for(Node* child : t->children) // 让下一层结点入队
                {
                    if(child != nullptr)
                        q.push(child);
                }
            }
            ret.push_back(tmp);
        }

        return ret;
```

```
    }
};
```

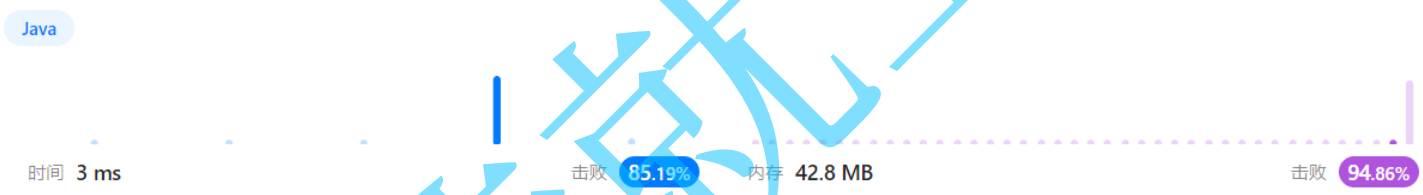
C++ 代码结果：

Java 算法代码：

```java
/*
// Definition for a Node.
class Node {
    public int val;
    public List<Node> children;

    public Node() {}

    public Node(int _val) {
        val = _val;
    }

    public Node(int _val, List<Node> _children) {
        val = _val;
        children = _children;
    }
};
*/

class Solution
{
    public List<List<Integer>> levelOrder(Node root)
    {
        List<List<Integer>> ret = new ArrayList<>();
        if(root == null) return ret;
        Queue<Node> q = new LinkedList<>();
        q.add(root);

        while(!q.isEmpty())
        {
            int sz = q.size();
```

```
32              List<Integer> tmp = new ArrayList<>(); // 统计本层的结点信息
33              for(int i = 0; i < sz; i++)
34              {
35                  Node t = q.poll();
36                  tmp.add(t.val);
37                  for(Node child : t.children) // 让孩子入队
38                  {
39                      if(child != null)
40                          q.add(child);
41                  }
42              }
43              ret.add(tmp);
44          }
45
46          return ret;
47      }
48  }
```

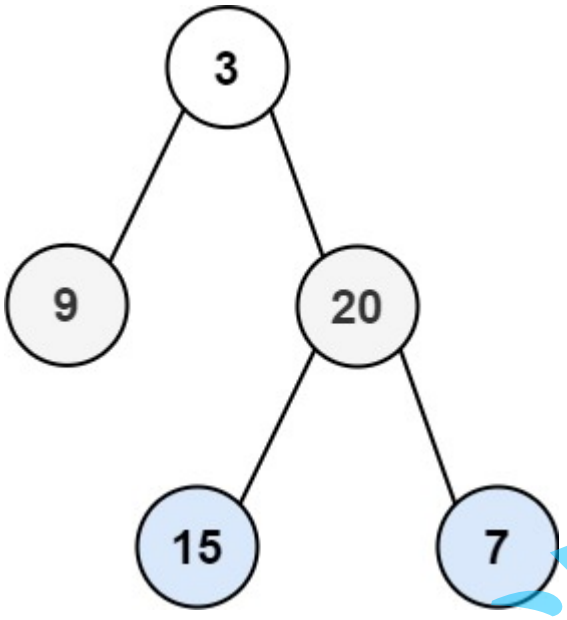
Java 运行结果：



71. 二叉树的锯齿形层序遍历（medium）

1. **题目链接：103. 二叉树的锯齿形层序遍历**
2. **题目描述：**

> 给你二叉树的根节点 root ，返回其节点值的 锯齿形层序遍历 。（即先从左往右，再从右往左进行下一层遍历，以此类推，层与层之间交替进行）。
>
> 示例 1：



输入：root = [3,9,20,null,null,15,7]

输出：[[3],[20,9],[15,7]]

示例 2：

输入：root = [1]

输出：[[1]]

示例 3：

输入：root = []

输出：[]

3. **解法（层序遍历）：**

算法思路：

在正常的层序遍历过程中，我们是可以把一层的结点放在一个数组中去的。

既然我们有这个数组，在合适的层数逆序就可以得到锯齿形层序遍历的结果。

C++ 算法代码：

```
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * struct TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode *left;
 *     TreeNode *right;
 *     TreeNode() : val(0), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x) : val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
```

```cpp
 *     TreeNode(int x, TreeNode *left, TreeNode *right) : val(x), left(left), right(right) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    vector<vector<int>> zigzagLevelOrder(TreeNode* root)
    {
        vector<vector<int>> ret;
        if(root == nullptr) return ret;
        queue<TreeNode*> q;
        q.push(root);
        int level = 1;

        while(q.size())
        {
            int sz = q.size();
            vector<int> tmp;
            for(int i = 0; i < sz; i++)
            {
                auto t = q.front();
                q.pop();
                tmp.push_back(t->val);
                if(t->left) q.push(t->left);
                if(t->right) q.push(t->right);
            }
            // 判断是否逆序
            if(level % 2 == 0) reverse(tmp.begin(), tmp.end());
            ret.push_back(tmp);
            level++;
        }

        return ret;
    }
};
```


C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * public class TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode left;
 *     TreeNode right;
 *     TreeNode() {}
 *     TreeNode(int val) { this.val = val; }
 *     TreeNode(int val, TreeNode left, TreeNode right) {
 *         this.val = val;
 *         this.left = left;
 *         this.right = right;
 *     }
 * }
 */
class Solution
{
    public List<List<Integer>> zigzagLevelOrder(TreeNode root)
    {
        List<List<Integer>> ret = new ArrayList<>();
        if(root == null) return ret;
        Queue<TreeNode> q = new LinkedList<>();
        q.add(root);
        int level = 1;

        while(!q.isEmpty())
        {
            int sz = q.size();
            List<Integer> tmp = new ArrayList<>();
            for(int i = 0; i < sz; i++)
            {
                TreeNode t = q.poll();
                tmp.add(t.val);
                if(t.left != null) q.add(t.left);
                if(t.right != null) q.add(t.right);
            }
            // 判断是否逆序
            if(level % 2 == 0) Collections.reverse(tmp);
            ret.add(tmp);
            level++;
        }

        return ret;
    }
}
```

Java 运行结果：

72. 二叉树的最大宽度（medium）

1. **题目链接：662. 二叉树最大宽度**

2. **题目描述：**

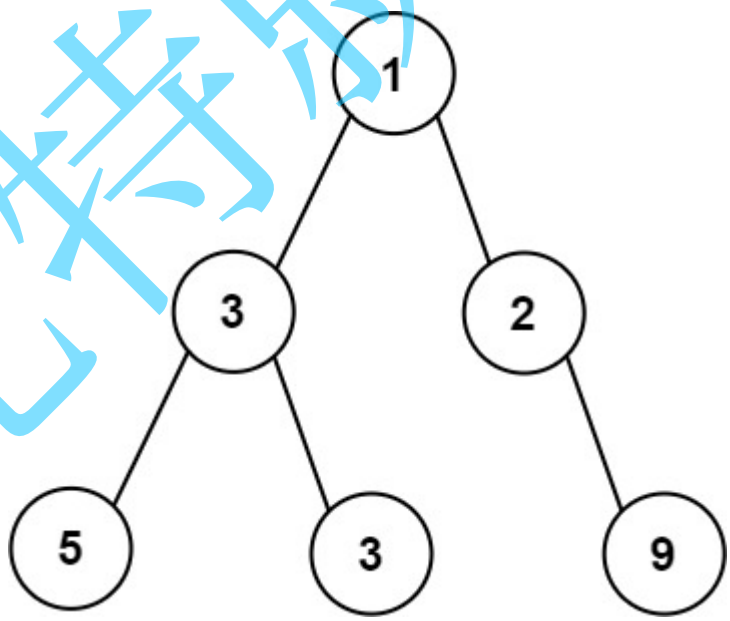
给你一棵二叉树的根节点 root ，返回树的 最大宽度 。

树的 最大宽度 是所有层中最大的 宽度 。

每一层的 宽度 被定义为该层最左和最右的非空节点（即，两个端点）之间的长度。将这个二叉树视作与满二叉树结构相同，两端点间会出现一些延伸到这一层的 null 节点，这些 null 节点也计入长度。

题目数据保证答案将会在 32 位 带符号整数范围内。

示例 1：



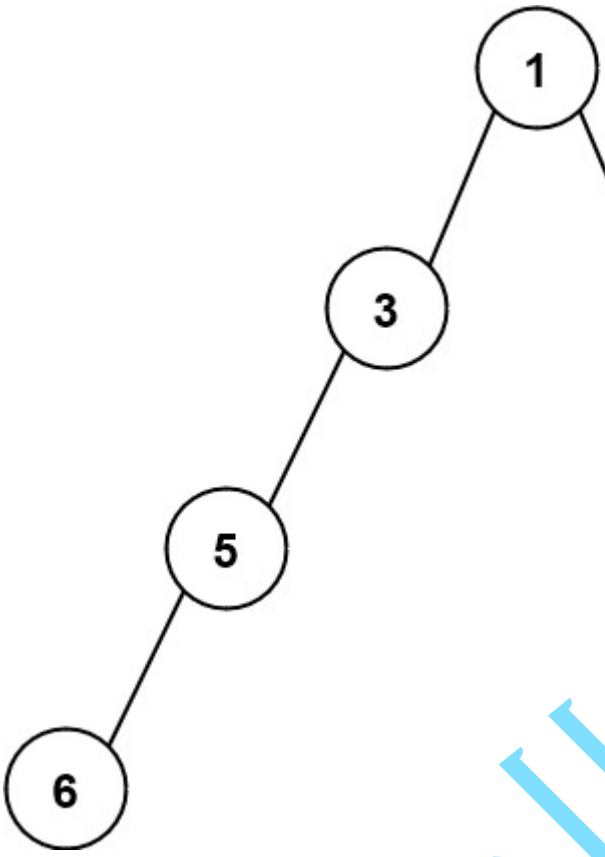
输入：root = [1,3,2,5,3,null,9]

输出：4

解释：

最大宽度出现在树的第 3 层，宽度为 4 (5,3,null,9) 。

示例 2：



输入：root = [1,3,2,5,null,null,9,6,null,7]

输出：7

解释：

最大宽度出现在树的第 4 层，宽度为 7 (6,null,null,null,null,null,7) 。

3. **解法（层序遍历）：**

算法思路：

1. **第一种思路（会超过内存限制）：**

既然统计每一层的最大宽度，我们优先想到的就是利用层序遍历，把当前层的结点全部存在队列里面，利用队列的长度来计算每一层的宽度，统计出最大的宽度。

但是，由于空节点也是需要计算在内的。因此，我们可以选择将**空节点也存在队列**里面。

这个思路是我们正常会想到的思路，但是极端境况下，最左边一条长链，最右边一条长链，我们需要存几亿个空节点，会超过最大内存限制。

2. **第二种思路（利用二叉树的顺序存储 - 通过根节点的下标，计算左右孩子的下标）：**

依旧是利用层序遍历，但是这一次队列里面不单单存结点信息，并且还存储当前结点如果在数组中存储所对应的下标（在我们学习数据结构 - 堆的时候，计算左右孩子的方式）。

这样我们计算每一层宽度的时候，无需考虑空节点，只需将当层结点的左右结点的下标相减再加 `1` 即可。

但是，这里有个细节问题：如果二叉树的层数非常恐怖的话，我们任何一种数据类型都不能存下下标的值。但是没有问题，因为

- 我们数据的存储是一个环形的结构；
- 并且题目说明，数据的范围在 `int` 这个类型的最大值的范围之内，因此不会超出一圈；
- 因此，如果是求差值的话，我们无需考虑溢出的情况。

C++ 算法代码：

```cpp
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * struct TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode *left;
 *     TreeNode *right;
 *     TreeNode() : val(0), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x) : val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x, TreeNode *left, TreeNode *right) : val(x), left(left), right(right) {}
 * };
 */
class Solution
{
public:
    int widthOfBinaryTree(TreeNode* root)
    {
        vector<pair<TreeNode*, unsigned int>> q; // 用数组模拟队列
        q.push_back({root, 1});
        unsigned int ret = 0;

        while(q.size())
        {
            // 先更新这一层的宽度
            auto& [x1, y1] = q[0];
            auto& [x2, y2] = q.back();
            ret = max(ret, y2 - y1 + 1);

            // 让下一层进队
            vector<pair<TreeNode*, unsigned int>> tmp; // 让下一层进入这个队列
            for(auto& [x, y] : q)
```

```
            {
                if(x->left) tmp.push_back({x->left, y * 2});
                if(x->right) tmp.push_back({x->right, y * 2 + 1});
            }
            q = tmp;
        }

        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * public class TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode left;
 *     TreeNode right;
 *     TreeNode() {}
 *     TreeNode(int val) { this.val = val; }
 *     TreeNode(int val, TreeNode left, TreeNode right) {
 *         this.val = val;
 *         this.left = left;
 *         this.right = right;
 *     }
 * }
 */
class Solution
{
    public int widthOfBinaryTree(TreeNode root)
    {
        List<Pair<TreeNode, Integer>> q = new ArrayList<>(); // 用数组模拟队列
        q.add(new Pair<TreeNode, Integer>(root, 1));
        int ret = 0; // 记录最终结果

```

```java
        while(!q.isEmpty())
        {
            // 先更新一下这一层的宽度
            Pair<TreeNode, Integer> t1 = q.get(0);
            Pair<TreeNode, Integer> t2 = q.get(q.size() - 1);
            ret = Math.max(ret, t2.getValue() - t1.getValue() + 1);

            // 让下一层进队
            List<Pair<TreeNode, Integer>> tmp = new ArrayList<>();
            for(Pair<TreeNode, Integer> t : q)
            {
                TreeNode node = t.getKey();
                int index = t.getValue();
                if(node.left != null)
                {
                    tmp.add(new Pair<TreeNode, Integer>(node.left, index * 2));
                }
                if(node.right != null)
                {
                    tmp.add(new Pair<TreeNode, Integer>(node.right, index * 2 + 1));
                }
            }
            q = tmp;
        }
        return ret;
    }
}
```

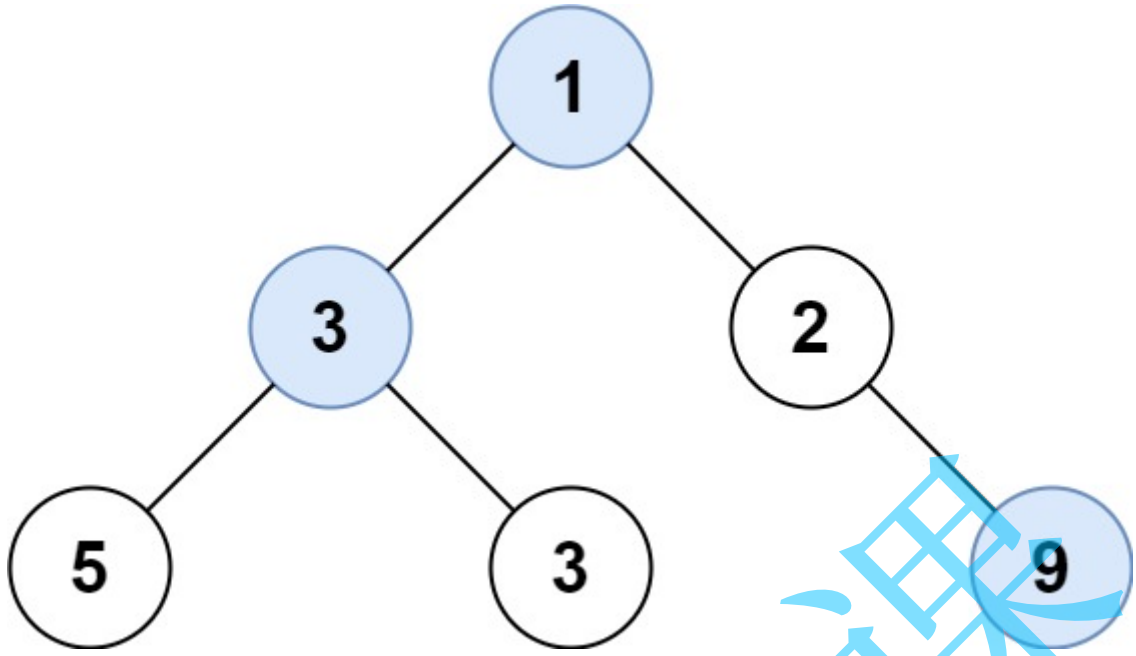
Java 运行结果：

73. 在每个树行中找最大值（medium）

1. **题目链接：515. 在每个树行中找最大值**

2. **题目描述：**

> 给定一棵二叉树的根节点 root ，请找出该二叉树中每一层的最大值。
>
> 示例 1：



输入: root = [1,3,2,5,3,null,9]

输出: [1,3,9]

示例 2:

输入: root = [1,2,3]

输出: [1,3]

3. **解法（bfs）：**

算法思路：

层序遍历过程中，在执行让下一层节点入队的时候，我们是可以在循环中统计出当前层结点的最大值的。

因此，可以在 **bfs** 的过程中，统计出每一层结点的最大值。

C++ 算法代码：

```
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * struct TreeNode {
 *     int val;
 *     TreeNode *left;
 *     TreeNode *right;
 *     TreeNode() : val(0), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x) : val(x), left(nullptr), right(nullptr) {}
 *     TreeNode(int x, TreeNode *left, TreeNode *right) : val(x), left(left), right(right) {}
 * };
```

```cpp
 */
class Solution
{
public:
    vector<int> largestValues(TreeNode* root)
    {
        vector<int> ret;
        if(root == nullptr) return ret;

        queue<TreeNode*> q;
        q.push(root);

        while(q.size())
        {
            int sz = q.size();
            int tmp = INT_MIN;
            for(int i = 0; i < sz; i++)
            {
                auto t = q.front();
                q.pop();
                tmp = max(tmp, t->val);
                if(t->left) q.push(t->left);
                if(t->right) q.push(t->right);
            }

            ret.push_back(tmp);
        }
        return ret;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
/**
 * Definition for a binary tree node.
 * public class TreeNode {
 *     int val;
```

```java
 *     TreeNode left;
 *     TreeNode right;
 *     TreeNode() {}
 *     TreeNode(int val) { this.val = val; }
 *     TreeNode(int val, TreeNode left, TreeNode right) {
 *         this.val = val;
 *         this.left = left;
 *         this.right = right;
 *     }
 * }
 */
class Solution
{
    public List<Integer> largestValues(TreeNode root)
    {
        List<Integer> ret = new ArrayList<>();
        if(root == null) return ret;

        Queue<TreeNode> q = new LinkedList<>();
        q.add(root);

        while(!q.isEmpty())
        {
            int sz = q.size();
            int tmp = Integer.MIN_VALUE;
            for(int i = 0; i < sz; i++)
            {
                TreeNode t = q.poll();
                tmp = Math.max(tmp, t.val);
                if(t.left != null) q.add(t.left);
                if(t.right != null) q.add(t.right);
            }
            ret.add(tmp);
        }

        return ret;
    }
}
```


Java 运行结果：

优先级队列（堆）

74. 最后一块石头的重量（easy）

1. **题目链接：1046. 最后一块石头的重量**

2. **题目描述：**

> 有一堆石头，每块石头的重量都是正整数。
>
> 每一回合，从中选出两块 最重的 石头，然后将它们一起粉碎。假设石头的重量分别为 x 和 y，且 x <= y。那么粉碎的可能结果如下：
>
> - 如果 x == y，那么两块石头都会被完全粉碎；
> - 如果 x != y，那么重量为 x 的石头将会完全粉碎，而重量为 y 的石头新重量为 y-x。
>
> 最后，最多只会剩下一块石头。返回此石头的重量。如果没有石头剩下，就返回 0。
>
> 示例：
>
> 输入：[2,7,4,1,8,1]
>
> 输出：1
>
> 解释：
>
> 先选出 7 和 8，得到 1，所以数组转换为 [2,4,1,1,1]，
>
> 再选出 2 和 4，得到 2，所以数组转换为 [2,1,1,1]，
>
> 接着是 2 和 1，得到 1，所以数组转换为 [1,1,1]，
>
> 最后选出 1 和 1，得到 0，最终数组转换为 [1]，这就是最后剩下那块石头的重量。
>
> 提示：
>
> 1 <= stones.length <= 30
>
> 1 <= stones[i] <= 1000

3. **解法（利用堆）：**

算法思路：

其实就是一个模拟的过程：

- 每次从石堆中拿出最大的元素以及次大的元素，然后将它们粉碎；
- 如果还有剩余，就将剩余的石头继续放在原始的石堆里面

重复上面的操作，直到石堆里面只剩下一个元素，或者没有元素（因为所有的石头可能全部抵消了）

那么主要的问题就是解决：

- 如何顺利的拿出最大的石头以及次大的石头；
- 并且将粉碎后的石头放入石堆中之后，也能快速找到下一轮粉碎的最大石头和次大石头；

这不正好可以利用堆的特性来实现嘛？

- 我们可以创建一个大根堆；
- 然后将所有的石头放入大根堆中；
- 每次拿出前两个堆顶元素粉碎一下，如果还有剩余，就将剩余的石头继续放入堆中；

这样就能快速的模拟出这个过程。

C++ 算法代码：

```cpp
class Solution
{
public:
    int lastStoneWeight(vector<int>& stones)
    {
        // 1. 创建一个大根堆
        priority_queue<int> heap;
        // 2. 将所有元素丢进这个堆里面
        for(auto x : stones) heap.push(x);
        // 3. 模拟这个过程
        while(heap.size() > 1)
        {
            int a = heap.top(); heap.pop();
            int b = heap.top(); heap.pop();
            if(a > b) heap.push(a - b);
        }

        return heap.size() ? heap.top() : 0;
    }
};
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public int lastStoneWeight(int[] stones)
    {
        // 1. 创建一个大根堆
        PriorityQueue<Integer> heap = new PriorityQueue<>((a, b) -> b - a);
        // 2. 把所有的石头放进堆里面
        for(int x : stones)
        {
            heap.offer(x);
        }
        // 3. 模拟
        while(heap.size() > 1)
        {
            int a = heap.poll();
            int b = heap.poll();
            if(a > b)
            {
                heap.offer(a - b);
            }
        }

        return heap.isEmpty() ? 0 : heap.peek();
    }
}
```


Java 运行结果：

75. 数据流中的第 K 大元素（easy）

1. **题目链接：703. 数据流中的第 K 大元素**
2. **题目描述：**

> 设计一个找到数据流中第 k 大元素的类（class）。注意是排序后的第 k 大元素，不是第 k 个不同的元素。
>
> 请实现 KthLargest 类：
>
> KthLargest(int k, int[] nums) 使用整数 k 和整数流 nums 初始化对象。
>
> int add(int val) 将 val 插入数据流 nums 后，返回当前数据流中第 k 大的元素。
>
> 示例：
>
> 输入：
>
> ["KthLargest", "add", "add", "add", "add", "add"]
>
> [[3, [4, 5, 8, 2]], [3], [5], [10], [9], [4]]
>
> 输出：
>
> [null, 4, 5, 5, 8, 8]
>
> 解释：
>
> KthLargest kthLargest = new KthLargest(3, [4, 5, 8, 2]);
>
> kthLargest.add(3); // return 4
>
> kthLargest.add(5); // return 5
>
> kthLargest.add(10); // return 5
>
> kthLargest.add(9); // return 8
>
> kthLargest.add(4); // return 8
>
> 提示：
>
> 1 <= k <= 10^4
>
> 0 <= nums.length <= 10^4
>
> -104 <= nums[i] <= 10^4
>
> -104 <= val <= 10^4
>
> 最多调用 add 方法 10^4 次
>
> 题目数据保证，在查找第 k 大元素时，数组中至少有 k 个元素

3. 解法（优先级队列）：

算法思路：

我相信，看到 `TopK` 问题的时候，兄弟们应该能立马想到「堆」，这应该是刻在骨子里的记忆。

C++ 算法代码：

```
class KthLargest
{
    // 创建一个大小为 k 的小跟堆
    priority_queue<int, vector<int>, greater<int>> heap;
    int _k;

public:
    KthLargest(int k, vector<int>& nums)
    {
        _k = k;
        for(auto x : nums)
        {
            heap.push(x);
            if(heap.size() > _k) heap.pop();
        }
    }

    int add(int val)
    {
        heap.push(val);
        if(heap.size() > _k) heap.pop();
        return heap.top();
    }
};

/**
 * Your KthLargest object will be instantiated and called as such:
 * KthLargest* obj = new KthLargest(k, nums);
 * int param_1 = obj->add(val);
 */
```


C++ 运行结果：

C++

时间 32 ms 击败 72.91%

内存 19.4 MB 击败 28.56%

Java 算法代码：

```java
class KthLargest
{
    // 创建一个大小为 k 的小根堆
    PriorityQueue<Integer> heap;
    int _k;

    public KthLargest(int k, int[] nums)
    {
        _k = k;
        heap = new PriorityQueue<>();
        for(int x : nums)
        {
            heap.offer(x);
            if(heap.size() > _k)
            {
                heap.poll();
            }
        }
    }

    public int add(int val)
    {
        heap.offer(val);
        if(heap.size() > _k)
        {
            heap.poll();
        }
        return heap.peek();
    }
}

/**
 * Your KthLargest object will be instantiated and called as such:
 * KthLargest obj = new KthLargest(k, nums);
 * int param_1 = obj.add(val);
 */
```

Java 运行结果：

76. 前 K 个高频单词 （medium）

1. **题目链接：692. 前 K 个高频单词**

2. **题目描述：**

> 给定一个单词列表 words 和一个整数 k ，返回前 k 个出现次数最多的单词。
>
> 返回的答案应该按单词出现频率由高到低排序。如果不同的单词有相同出现频率， 按字典顺序 排序。
>
> 示例 1：
>
> 输入:
>
> words = ["i", "love", "leetcode", "i", "love", "coding"], k = 2
>
> 输出:
>
> ["i", "love"]
>
> 解析:
>
> "i" 和 "love" 为出现次数最多的两个单词，均为 2 次。
>
> 注意，按字母顺序 "i" 在 "love" 之前。
>
> 示例 2：
>
> 输入:
>
> ["the", "day", "is", "sunny", "the", "the", "the", "sunny", "is", "is"], k = 4
>
> 输出:
>
> ["the", "is", "sunny", "day"]
>
> 解析:
>
> "the", "is", "sunny" 和 "day" 是出现次数最多的四个单词，
>
> 出现次数依次为 4, 3, 2 和 1 次。

> 注意：
>
> 1 <= words.length <= 500
>
> 1 <= words[i] <= 10
>
> words[i] 由小写英文字母组成。
>
> k 的取值范围是 [1, 不同 words[i] 的数量]
>
> 进阶：尝试以 O(n log k) 时间复杂度和 O(n) 空间复杂度解决。

3. **解法（堆）：**

算法思路：

- **稍微处理一下原数组：**
  a. 我们需要知道每一个单词出现的频次，因此可以先使用哈希表，统计出每一个单词出现的频次；
  b. 然后在哈希表中，选出前 k 大的单词（为什么不在原数组中选呢？因为原数组中存在重复的单词，哈希表里面没有重复单词，并且还有每一个单词出现的频次）
- **如何使用堆，拿出前 k 大元素：**
  a. 先定义一个自定义排序，我们需要的是前 `k` 大，因此需要一个小根堆。但是当两个字符串的频次相同的时候，我们需要的是字典序较小的，此时是一个大根堆的属性，在定义比较器的时候需要注意！
    - 当两个字符串出现的频次不同的时候：需要的是基于频次比较的小根堆
    - 当两个字符串出现的频次相同的时候：需要的是基于字典序比较的大根堆
  b. 定义好比较器之后，依次将哈希表中的字符串插入到堆中，维持堆中的元素不超过 `k` 个；
  c. 遍历完整个哈希表后，堆中的剩余元素就是前 `k` 大的元素

C++ 算法代码：

```
class Solution
{
    typedef pair<string, int> PSI;

    struct cmp
    {
        bool operator()(const PSI& a, const PSI& b)
        {
```

```cpp
            if(a.second == b.second) // 频次相同，字典序按照大根堆的方式排列
            {
                return a.first < b.first;
            }
            return a.second > b.second;
        }
    };

public:
    vector<string> topKFrequent(vector<string>& words, int k)
    {
        // 1. 统计一下每一个单词的频次
        unordered_map<string, int> hash;
        for(auto& s : words) hash[s]++;

        // 2. 创建一个大小为 k 的堆
        priority_queue<PSI, vector<PSI>, cmp> heap;

        // 3. TopK 的主逻辑
        for(auto& psi : hash)
        {
            heap.push(psi);
            if(heap.size() > k) heap.pop();
        }

        // 4. 提取结果
        vector<string> ret(k);
        for(int i = k - 1; i >= 0; i--)
        {
            ret[i] = heap.top().first;
            heap.pop();
        }
        return ret;
    }
};
```


C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class Solution
{
    public List<String> topKFrequent(String[] words, int k)
    {
        // 1. 统计一下每一个单词出现的频次
        Map<String, Integer> hash = new HashMap<>();
        for(String s : words)
        {
            hash.put(s, hash.getOrDefault(s, 0) + 1);
        }

        // 2. 创建一个大小为 k 的堆
        PriorityQueue<Pair<String, Integer>> heap = new PriorityQueue<>
        (
            (a, b) ->
            {
                if(a.getValue().equals(b.getValue())) // 频次相同的时候，字典序按照大根堆的方式排列
                {
                    return b.getKey().compareTo(a.getKey());
                }
                return a.getValue() - b.getValue();
            }
        );

        // 3. TopK 的主逻辑
        for(Map.Entry<String, Integer> e : hash.entrySet())
        {
            heap.offer(new Pair<>(e.getKey(), e.getValue()));
            if(heap.size() > k)
            {
                heap.poll();
            }
        }

        // 4. 提取结果
        List<String> ret = new ArrayList<>();
        while(!heap.isEmpty())
        {
            ret.add(heap.poll().getKey());
        }
        // 逆序数组
        Collections.reverse(ret);
        return ret;
    }
}
```

Java 运行结果：

77. 数据流的中位数（hard）

1. **题目链接：295. 数据流的中位数**

2. **题目描述：**

中位数是有序整数列表中的中间值。如果列表的大小是偶数，则没有中间值，中位数是两个中间值的平均值。

- 例如 arr = [2,3,4] 的中位数是 3 。
- 例如 arr = [2,3] 的中位数是 (2 + 3) / 2 = 2.5 。

实现 MedianFinder 类:

- MedianFinder() 初始化 MedianFinder 对象。
- void addNum(int num) 将数据流中的整数 num 添加到数据结构中。
- double findMedian() 返回到目前为止所有元素的中位数。与实际答案相差 10-5 以内的答案将被接受。

示例 1：

输入

["MedianFinder", "addNum", "addNum", "findMedian", "addNum", "findMedian"]

[[], [1], [2], [], [3], []]

输出

[null, null, null, 1.5, null, 2.0]

解释

MedianFinder medianFinder = new MedianFinder();

medianFinder.addNum(1); // arr = [1]

medianFinder.addNum(2); // arr = [1, 2]

medianFinder.findMedian(); // 返回 1.5 ((1 + 2) / 2)

```
medianFinder.addNum(3);    // arr[1, 2, 3]
medianFinder.findMedian(); // return 2.0
```

提示:

```
-10^5 <= num <= 10^5
在调用 findMedian 之前，数据结构中至少有一个元素
最多 5 * 10^4 次调用 addNum 和 findMedian
```

3. **解法（利用两个堆）：**

算法思路：

这是一道关于「堆」这种数据结构的一个「经典应用」。

我们可以将整个数组「按照大小」平分成两部分（如果不能平分，那就让较小部分的元素多一个），较小的部分称为左侧部分，较大的部分称为右侧部分：

- 将左侧部分放入「大根堆」中，然后将右侧元素放入「小根堆」中；
- 这样就能在 O(1) 的时间内拿到中间的一个数或者两个数，进而求的平均数。

如下图所示：

于是问题就变成了「如何将一个一个从数据流中过来的数据，动态调整到大根堆或者小根堆中，并且保证两个堆的元素一致，或者左侧堆的元素比右侧堆的元素多一个」

为了方便叙述，将左侧的「大根堆」记为 `left`，右侧的「小根堆」记为 `right`，数据流中来的「数据」记为 `x`。

其实，就是一个「分类讨论」的过程：

1. 如果左右堆的「数量相同」，`left.size() == right.size()`：
   a. 如果两个堆都是空的，直接将数据 `x` 放入到 `left` 中；

b. 如果两个堆非空：
   i. 如果元素要放入左侧，也就是 `x <= left.top()` ：那就直接放，因为不会影响我们制定的规则；
   ii. 如果要放入右侧
      - 可以先将 `x` 放入 `right` 中，
      - 然后把 `right` 的堆顶元素放入 `left` 中；

2. 如果左右堆的数量「不相同」，那就是 `left.size() > right.size()` ：
   a. 这个时候我们关心的是 `x` 是否会放入 `left` 中，导致 `left` 变得过多：
      i. 如果 `x` 放入 `right` 中，也就是 `x >= right.top()` ，直接放；
      ii. 反之，就是需要放入 `left` 中：
         - 可以先将 `x` 放入 `left` 中，
         - 然后把 `left` 的堆顶元素放入 `right` 中；

只要每一个新来的元素按照「上述规则」执行，就能保证 `left` 中放着整个数组排序后的「左半部分」， `right` 中放着整个数组排序后的「右半部分」，就能在 `O(1)` 的时间内求出平均数。

C++ 算法代码：

```
class MedianFinder
{
    priority_queue<int> left; // 大根堆
    priority_queue<int, vector<int>, greater<int>> right; // 小根堆

public:
    MedianFinder()
    {}

    void addNum(int num)
    {
        // 分类讨论即可
        if(left.size() == right.size()) // 左右两个堆的元素个数相同
        {
            if(left.empty() || num <= left.top()) // 放 left 里面
            {
                left.push(num);
            }
            else
            {
```

```
21                  right.push(num);
22                  left.push(right.top());
23                  right.pop();
24              }
25          }
26          else
27          {
28              if(num <= left.top())
29              {
30                  left.push(num);
31                  right.push(left.top());
32                  left.pop();
33              }
34              else
35              {
36                  right.push(num);
37              }
38          }
39      }
40
41      double findMedian()
42      {
43          if(left.size() == right.size()) return (left.top() + right.top()) /
    2.0;
44          else return left.top();
45      }
46  };
47
48  /**
49   * Your MedianFinder object will be instantiated and called as such:
50   * MedianFinder* obj = new MedianFinder();
51   * obj->addNum(num);
52   * double param_2 = obj->findMedian();
53   */
```

C++ 运行结果：

Java 算法代码：

```java
class MedianFinder
{
    PriorityQueue<Integer> left;
    PriorityQueue<Integer> right;

    public MedianFinder()
    {
        left = new PriorityQueue<Integer>((a, b) -> b - a); // 大根堆
        right = new PriorityQueue<Integer>((a, b) -> a - b); // 小根堆
    }

    public void addNum(int num)
    {
        // 分情况讨论
        if(left.size() == right.size())
        {
            if(left.isEmpty() || num <= left.peek())
            {
                left.offer(num);
            }
            else
            {
                right.offer(num);
                left.offer(right.poll());
            }
        }
        else
        {
            if(num <= left.peek())
            {
                left.offer(num);
                right.offer(left.poll());
            }
            else
            {
                right.offer(num);
            }
        }
    }

    public double findMedian()
    {
        if(left.size() == right.size()) return (left.peek() + right.peek()) / 2.0;
        else return left.peek();
    }
}
```

```
47
48 /**
49  * Your MedianFinder object will be instantiated and called as such:
50  * MedianFinder obj = new MedianFinder();
51  * obj.addNum(num);
52  * double param_2 = obj.findMedian();
53  */
```

Java 运行结果：