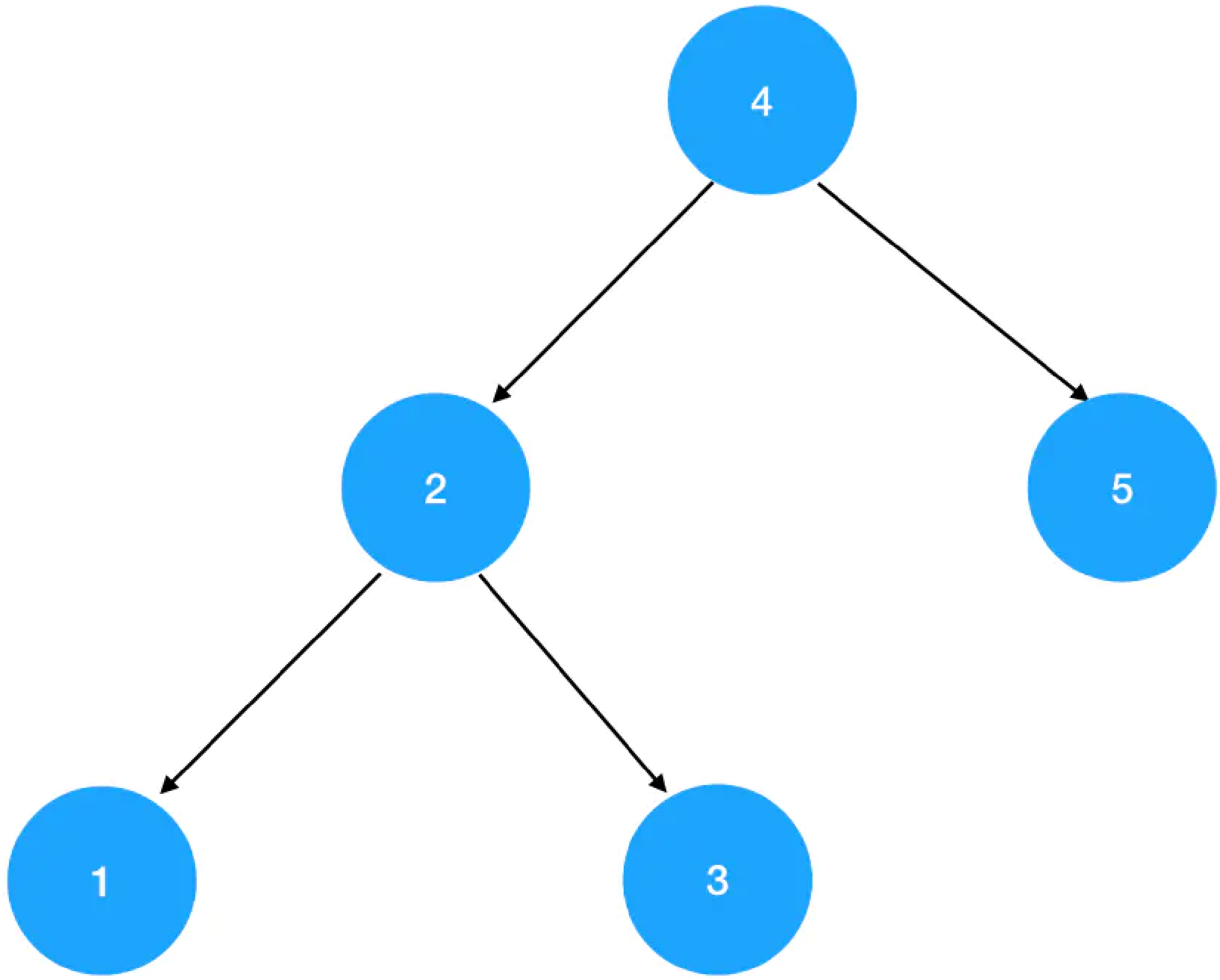
二叉搜索树是二叉树的特例，平衡二叉树则是二叉搜索树的特例。

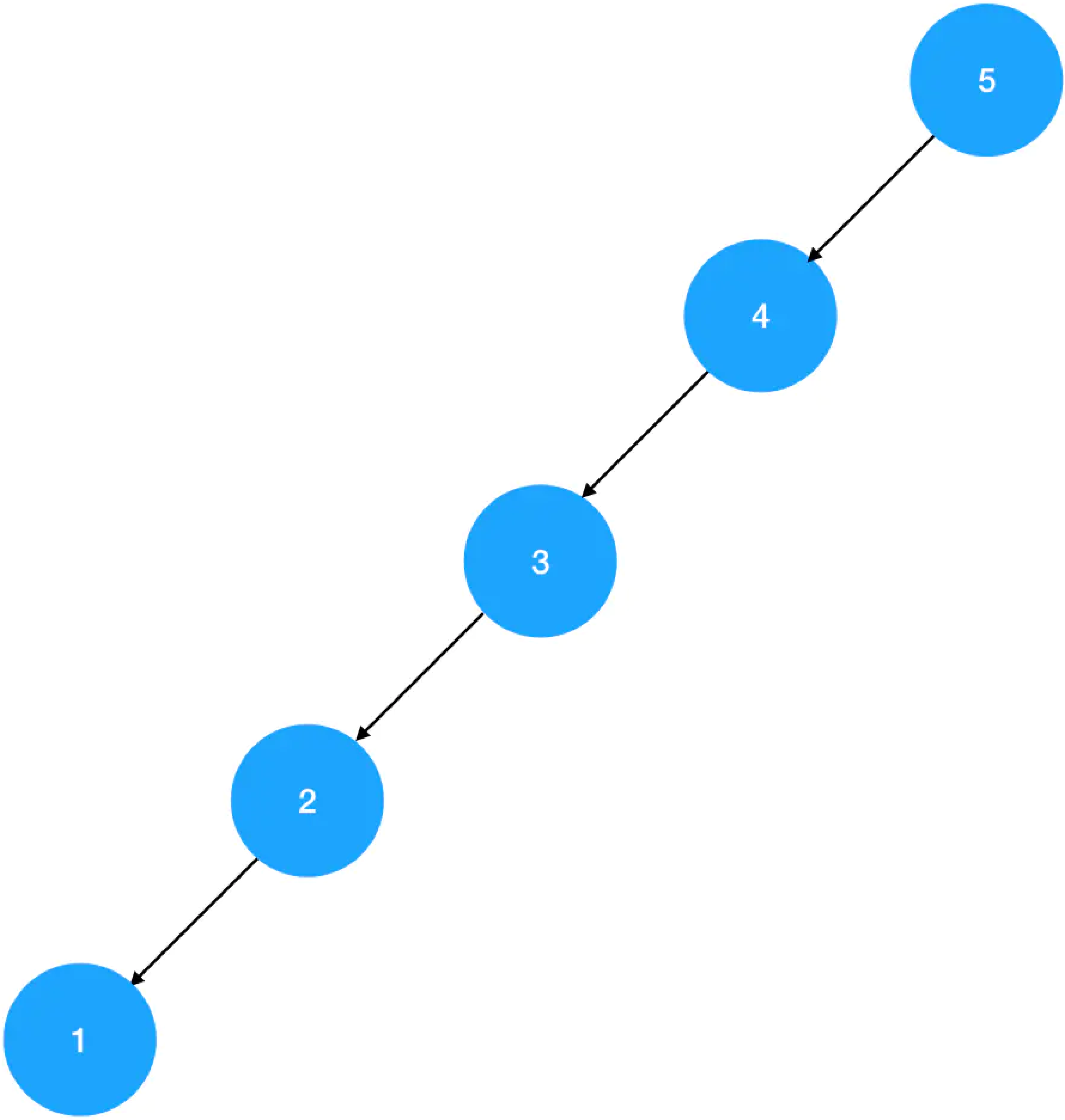
什么是平衡二叉树

在上一节的末尾，我们已经通过一道真题和平衡二叉树打过交道。正如题目中所说，平衡二叉树（又称 AVL Tree）指的**是任意结点**的**左右子树高度差绝对值都不大于1**的二叉**搜索树**。

为什么要有平衡二叉树

平衡二叉树的出现，是为了降低二叉搜索树的查找时间复杂度。
大家知道，对于同样一个遍历序列，二叉搜索树的造型可以有很多种。拿 `[1,2,3,4,5]` 这个中序遍历序列来说，基于它可以构造出的二叉搜索树就包括以下两种造型：





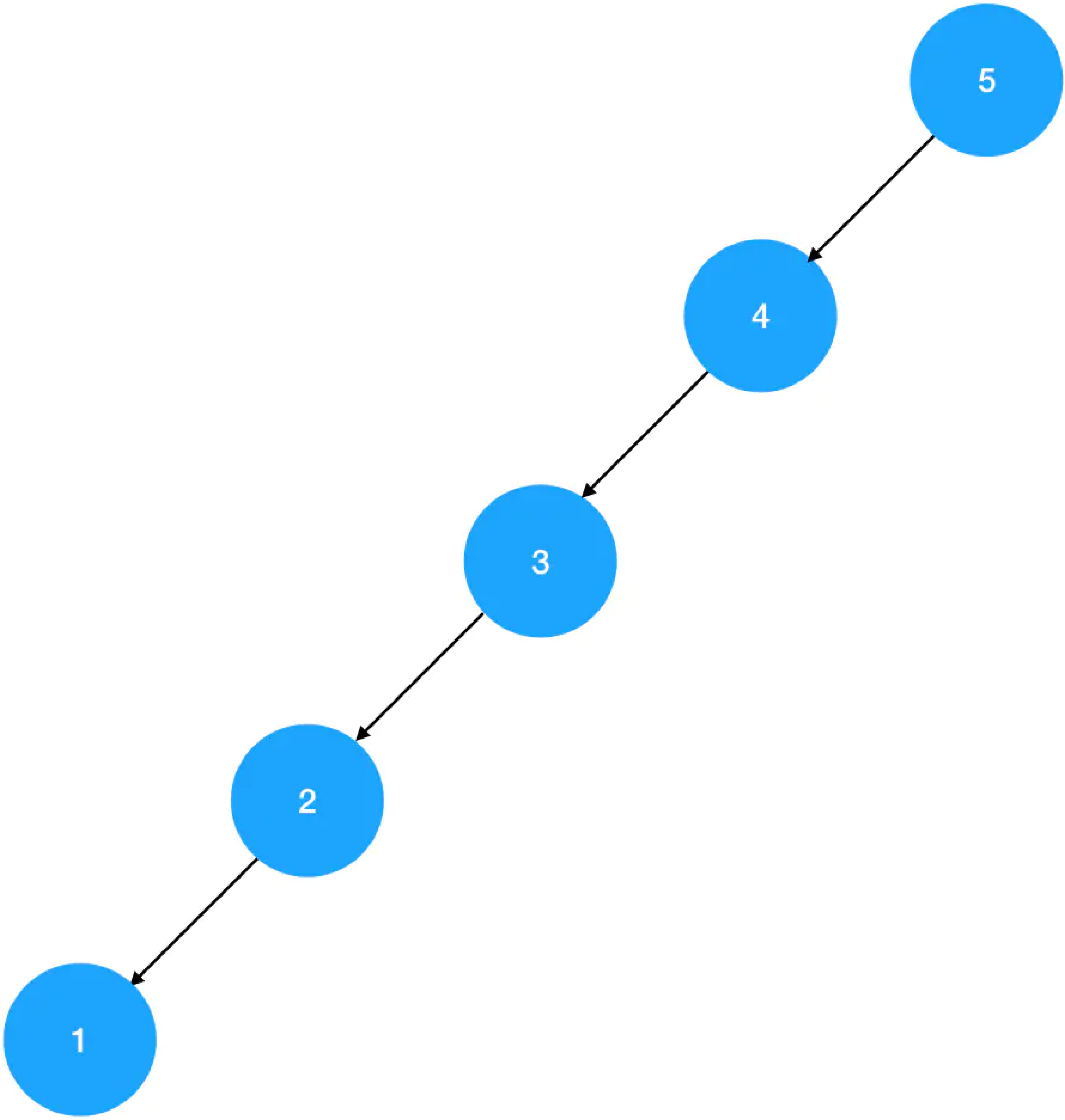
结合平衡二叉树的定义，我们可以看出，第一棵二叉树是平衡二叉树，第二棵二叉树是普通的二叉搜索树。

现在，如果要你基于上一节学过的二叉搜索树查找算法，在图上两棵树上分别找出值为1的结点，问你各需要查找几次？在1号二叉树中，包括根结点在内，只需要查找3次；而在2号二叉树中，包括根结点在内，一共需要查找5次。

我们发现，在这个例子里，对于同一个遍历序列来说，平衡二叉树比非平衡二叉树（图上的结构可以称为链式二叉树）的查找效率更高。这是为什么呢？

大家可以仔细想想，为什么科学家们会无中生有，给二叉树的左右子树和根结点之间强加上排序关系作为约束，进而创造出二叉搜索树这种东西呢？难道只是为了装x吗？当然不是啦。**二叉搜索树的妙处就在于它把"二分"这种思想以数据结构的形式表达了出来**。在一个构造合理的二叉搜索树里，我们可以通过对比当前结点和目标值之间的大小关系，缩小下一步的搜索范围（比如只搜索左子树或者只搜索右子树），进而

规避掉不必要的查找步骤，降低搜索过程的时间复杂度。但是如果一个二叉搜索树严重不平衡，比如说上面这棵链式搜索树：



每一个结点都只有右子树，而没有左子树。这样的结构是不合理的，它会带来高达O(N)的时间复杂度。而平衡二叉树由于利用了二分思想，查找操作的时间复杂度仅为 O(logN)。因此，为了保证二叉搜索树能够确实为查找操作带来效率上的提升，我们有必要在构造二叉搜索树的过程中维持其平衡度，这就是平衡二叉树的来由。

命题思路解读

平衡二叉树和二叉搜索树一样，都被归类为“特殊”的二叉树。对于这样的数据结构来说，其“特殊”之处也正是其考点所在，因此真题往往稳定地分布在以下两个方向：

- 对特性的考察（本节以平衡二叉树的判定为例）
- 对操作的考察（本节以平衡二叉树的构造为例）

平衡二叉树的判定

> 题目描述：给定一个二叉树，判断它是否是高度平衡的二叉树。
> 本题中，一棵高度平衡二叉树定义为： 一个二叉树每个节点 的左右两个子树的高度差的绝对值不超过1。

> 示例 1: 给定二叉树 [3,9,20,null,null,15,7]

```
    3
   / \
  9  20
    /  \
   15   7
```

> 返回 true 。

> 示例 2: 给定二叉树 [1,2,2,3,3,null,null,4,4]

```
       1
      / \
     2   2
    / \
   3   3
  / \
 4   4
```

> 返回 false 。

思路分析

来，我们复习一遍平衡二叉树的定义：

> 平衡二叉树**是任意结点**的**左右子树高度差绝对值都不大于1**的二叉**搜索树**。 抓住其中的三个关键字：

1. 任意结点
2. 左右子树高度差绝对值都不大于1
3. 二叉搜索树

注意，结合题意，上面3个关键字中的3对这道题来说是不适用的，因此我们不必对二叉搜索树的性质进行校验。现在只看 1 和 2，先给自己一分钟思考一下——你可以提取出什么线索？

“任意结点”什么意思？每一个结点都需要符合某个条件，也就是说每一个结点在被遍历到的时候都需要重复某个校验流程，对不对？
哎，我刚刚是不是说了什么不得了的动词了？啊，是**重复**！是tmd的**重复啊**！！！来，学到了第18节，为了向我证明你没有跳读，请大声喊出下面这两个字：

递归！

没错，“任意结点”这四个字，就是在暗示你用递归。而“左右子树高度差绝对值都不大于1”这个校验规则，就是递归式。

啊，真让人激动呢，解决这道题的思路竟然已经慢慢浮现出来了，那就是：从下往上递归遍历树中的每一个结点，计算其左右子树的高度并进行对比，只要有一个高度差的绝对值大于1，那么整棵树都会被判为不平衡。

编码实现

```
const isBalanced = function(root) {
  // 立一个flag，只要有一个高度差绝对值大于1，这个flag就会被置为false
  let flag = true
  // 定义递归逻辑
  function dfs(root) {
      // 如果是空树，高度记为0；如果flag已经false了，那么就没必要往下走了，直接ret
      if(!root || !flag) {
          return 0
      }
      // 计算左子树的高度
      const left = dfs(root.left)
      // 计算右子树的高度
      const right = dfs(root.right)
      // 如果左右子树的高度差绝对值大于1，flag就破功了
```

```
        if(Math.abs(left-right) > 1) {
            flag = false
            // 后面再发生什么已经不重要了，返回一个不影响回溯计算的值
            return 0
        }
        // 返回当前子树的高度
        return Math.max(left, right) + 1
    }

    // 递归入口
    dfs(root)
    // 返回flag的值
    return flag
};
```

平衡二叉树的构造

> 题目描述：给你一棵二叉搜索树，请你返回一棵平衡后的二叉搜索树，新生成的树应该与原来的树有着相同的节点值。
> 如果一棵二叉搜索树中，每个节点的两棵子树高度差不超过 1 ，我们就称这棵二叉搜索树是平衡的。
> 如果有多种构造方法，请你返回任意一种。

> 示例：

> 输入：root = [1,null,2,null,3,null,4,null,null]
> 输出：[2,1,3,null,null,null,4]
> 解释：这不是唯一的正确答案，[3,1,4,null,2,null,null] 也是一个可行的构造方案。

> 提示：
> 树节点的数目在 1 到 10^4 之间。 树节点的值互不相同，且在 1 到 10^5 之间。

思路分析

这道题乍一看有点唬人，可能会直接干懵一部分同学。不过不用慌——题目再新，套路依旧。只要你对核心考点把握得足够扎实，它就难不倒你。

我们来分析一下这道题的核心诉求：要求我们构造一棵平衡的二叉搜索树。先抛开题干中各种前置条件不谈，单看这个输出结果，你会不会有一种似曾相识的感觉呢？没错，在上一节的最后一道真题中，我们也构造过这样的一棵二叉树。

那么这两道题之间会不会有什么微妙的联系呢？答案是会，不然，笔者也不会把它们放得这么近（疯狂暗示）。两道题之间唯一的差别在于输入：在我们已经做过的那道题中，输入参数是一个有序数组；而这道题中，输入参数是一个二叉搜索树。

唔，再想想！上一节那道题里的“有序数组”，和眼前这道题里的“二叉搜索树”之间，会不会有什么妙不可言的关系呢？

别忘了，**二叉搜索树的中序遍历序列是有序的**！所谓有序数组，完全可以理解为二叉搜索树的中序遍历序列啊，对不对？现在树都给到咱们手里了，求它的中序遍历序列是不是非常 easy？如果能把中序遍历序列求出来，这道题是不是就跟之前做过那道是一模一样的解法了？

没错，这道题的解题思路正是：

1. 中序遍历求出有序数组
2. 逐个将二分出来的数组子序列“提”起来变成二叉搜索树

编码实现

```
/**
 * @param {TreeNode} root
 * @return {TreeNode}
 */
const balanceBST = function(root) {
    // 初始化中序遍历序列数组
    const nums = []
    // 定义中序遍历二叉树，得到有序数组
    function inorder(root) {
        if(!root) {
            return
        }
        inorder(root.left)
        nums.push(root.val)
        inorder(root.right)
    }

    // 这坨代码的逻辑和上一节最后一题的代码一模一样
    function buildAVL(low, high) {
```

```
        // 若 low > high，则越界，说明当前索引范围对应的子树已经构建完毕
        if(low>high) {
            return null
        }
        // 取数组的中间值作为根结点值
        const mid = Math.floor(low + (high -low)/2)
        // 创造当前树的根结点
        const cur = new TreeNode(nums[mid])
        // 构建左子树
        cur.left = buildAVL(low, mid-1)
        // 构建右子树
        cur.right = buildAVL(mid+1, high)
        // 返回当前树的根结点
        return cur
    }
    // 调用中序遍历方法，求出 nums
    inorder(root)
    // 基于 nums，构造平衡二叉树
    return buildAVL(0, nums.length-1)
};
```