Technology Tarena 达内科技

数据结构与算法

C/C++教学体系

“

数据结构与算法

”

数据结构的起源

- 数据结构是一门研究非数值计算的程序设计问题中的操作对象，以及它们之间的关系和操作等相关问题的学科。
- 1968年，美国的高纳德（Donald E. Knuth）教授《基本算法》，开创了数据结构课程体系的先河。
- 程序设计 = 数据结构 + 算法

数据结构的基本概念

数据（data)：所有能输入到计算机中去的描述客观事物的符号

数据元素（data element）：数据的基本单位，也称节点（node）或记录（record）

数据项（data item）：有独立含义的数据最小单位，也称域(field)

数据结构（data structure)—数据元素和数据元素关系的集合

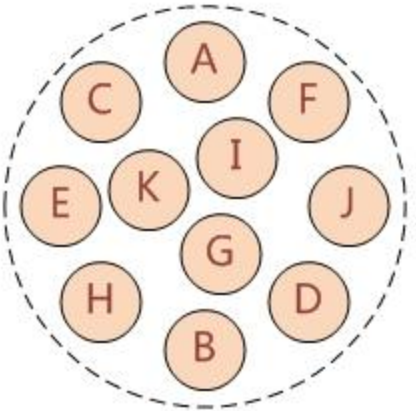
算法：是对特定问题求解步骤的一种描述，是指令的有限序列。

数据结构的三个方面：

知识讲解

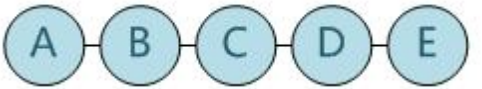
逻辑结构

- 集合结构(集)
  - 结构中的数据元素除了同属于一个集合外没有其它关系



逻辑结构

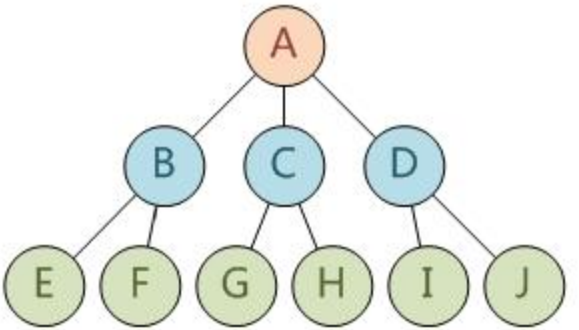
- 线性结构(表)
  - 结构中的数据元素具有一对一的前后关系



逻辑结构

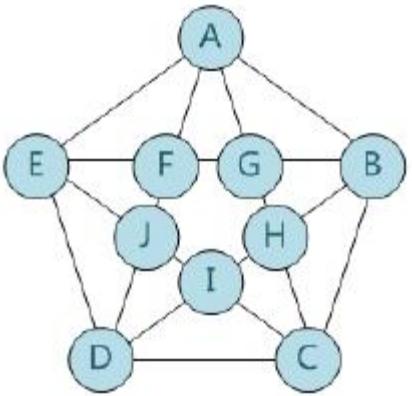
- 树型结构(树)
  - 结构中的数据元素具有一对多的父子关系

```
/
+-- bin
|   +-- alsaunmute
|   +-- arch
|   +-- zcat
+-- boot
|   +-- efi
|   |   +-- EFI
|   +-- grub
|   |   +-- splash.xpm.gz
|   +-- vmlinuz-3.6.7-4.fc16.i686
+-- dev
|   +-- autofs
|   +-- console
|   +-- zero
+-- etc
    +-- abrt
    |   +-- plugins
    +-- tmp
    +-- yp
```



逻辑结构

- 网状结构(图)
  - 结构中的数据元素具有多对多的交叉映射关系

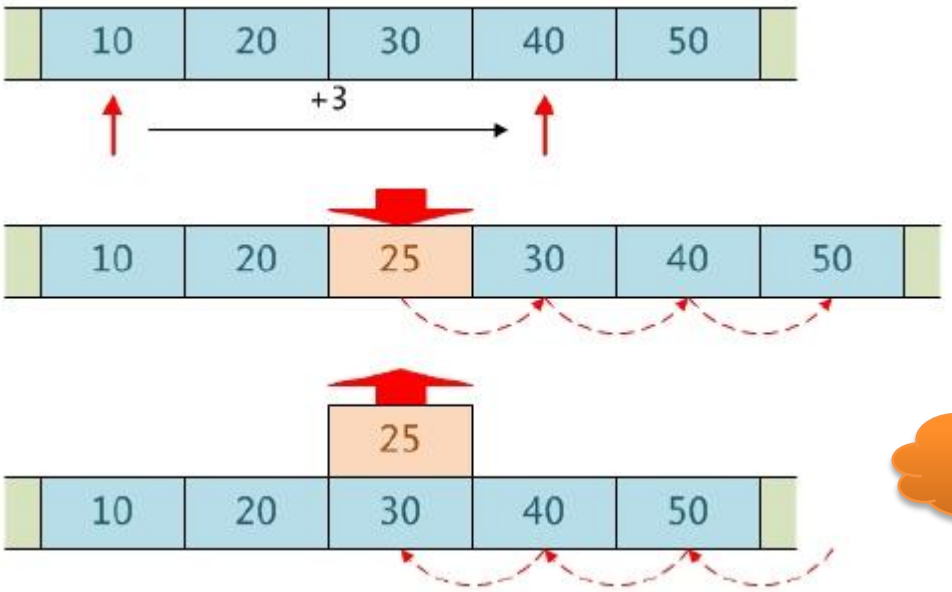


物理结构

- 顺序结构
  - 结构中的数据元素存放在一段连续的地址空间中

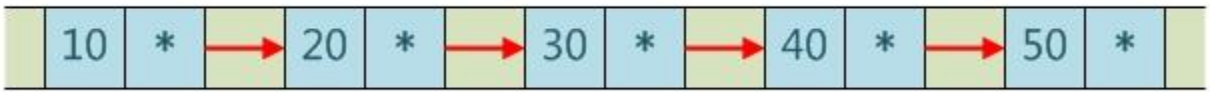
物理结构

- 顺序结构
  - 随机访问方便，空间利用率低，插入删除不方便



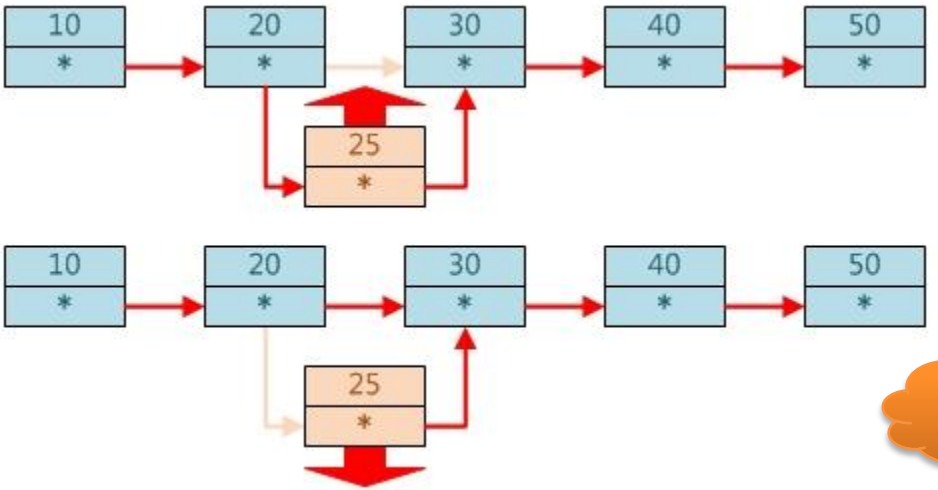
物理结构

- 链式结构
  - 结构中的数据元素存放在彼此独立的地址空间中
  - 每个独立的地址空间称为节点
  - 节点除保存数据外，还需要保存相关节点的地址



物理结构

- 链式结构
  - 插入删除方便，空间利用率高，随机访问不方便



逻辑结构与物理结构的关系

数据结构	表	树	图
顺序	顺序表(数组)	顺序树	链表数组
链式	链式表(链表)	链式树	

- 每种逻辑结构采用何种物理结构实现，并没有一定之规，通常根据实现的难易程度，以及在时间和空间复杂度方面的要求，选择最适合的物理结构，亦不排除复合多种物理结构实现一种逻辑结构的可能

算法质量优劣的评价

- **时间复杂度**：依据算法编写的程序在计算机中运行时间多少的度量。
- **空间复杂度**：依据算法编写的程序在计算机中占存储空间多少的度量。
- **其他方面**：如算法的可读性、可移植性以及易测试性的好坏。

时间复杂度

语句段	频度f(n)	时间复杂度T(n)
x=x+1	1	O(1)
for(j=1;j<=3n+5;j++) x=x+1;	3n+5	O(n)

for(i=1;i<=3n;i++)
for(j=1;j<=n;j++)
x=x+1;
	$3n^2$	$O(n^2)$

i=0;
while(x!=a[i] && i<=n)
i=i+1;
	n+1	O(n)

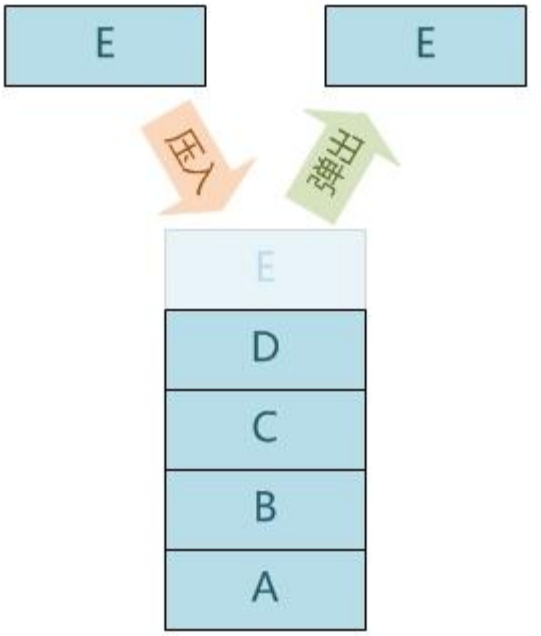
知识讲解

数据结构的基本实现

- 堆栈
  - 基于顺序表的实现
  - 基于链式表的实现
- 队列
  - 基于顺序表的实现
  - 基于链式表的实现
- 链表
  - 双向线性链表的实现
- 二叉树
  - 有序二叉树(二叉搜索树)的实现

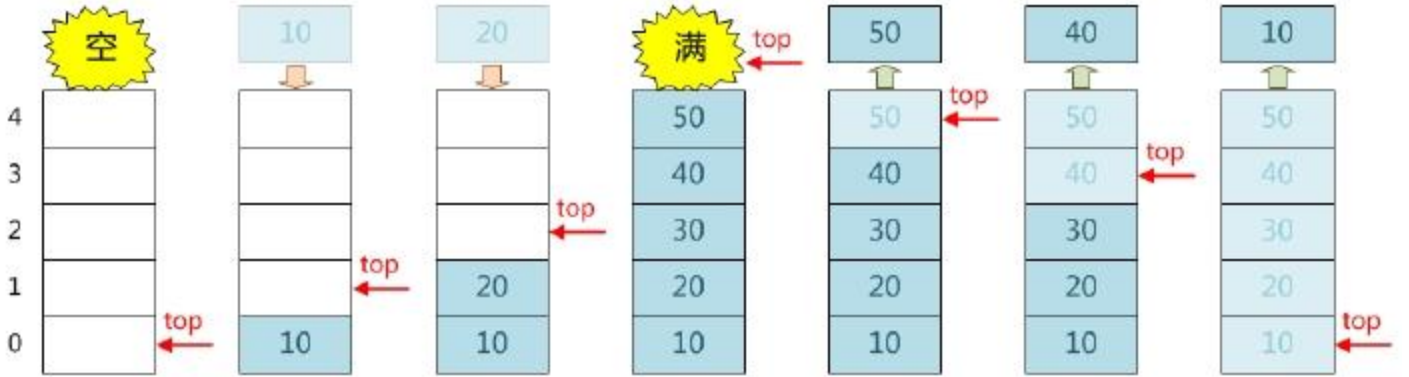
堆栈

- 后进(压入/push)先出(弹出/pop)



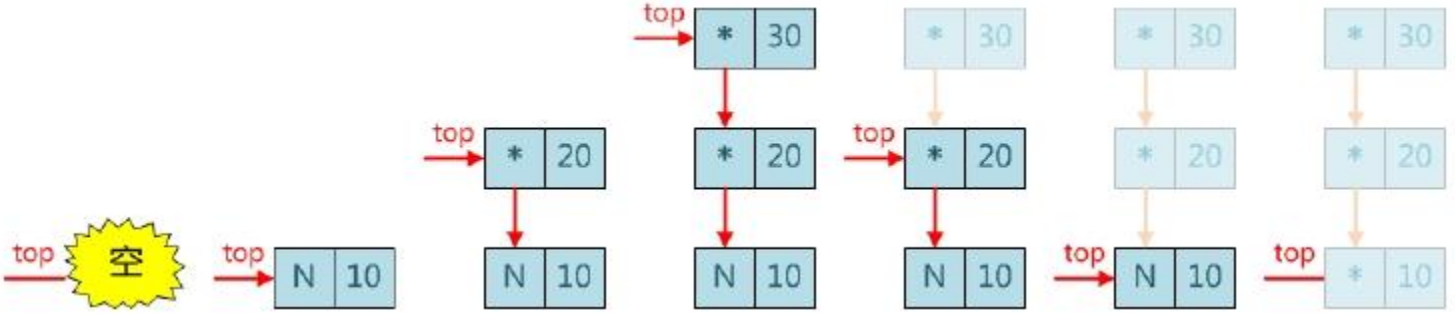
实现基于顺序表的堆栈

- 初始化空间、栈顶指针、判空判满



实现基于链式表的堆栈

- 动态分配、栈顶指针、注意判空

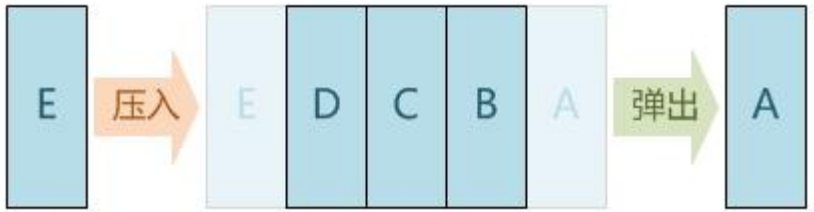


练习时间

输入十进制整数和进制数，利用堆栈以指定进制格式打印该十进制数

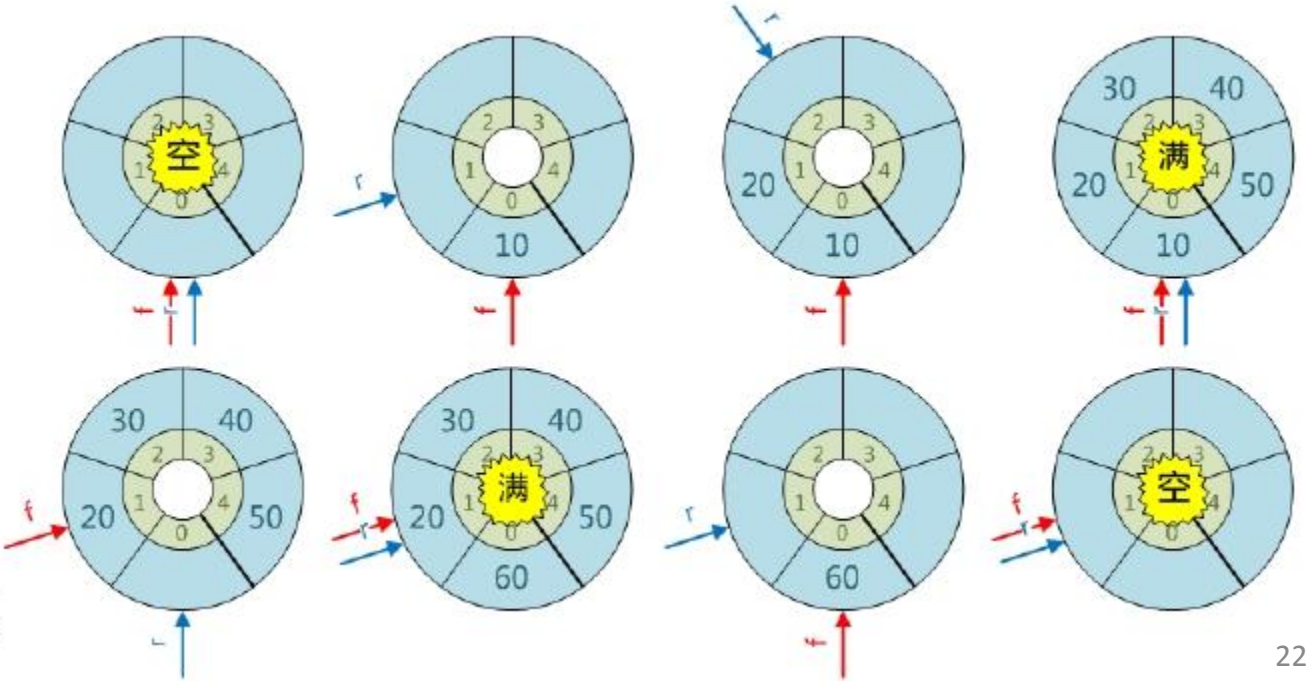
队列

- 先进(压入/push)先出(弹出/pop)



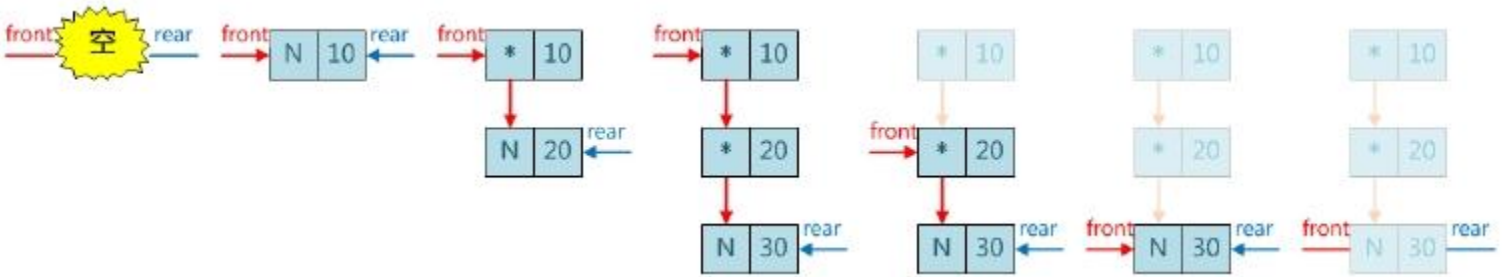
实现基于顺序表的队列

- 初始化空间、前弹后压、循环使用、判空判满



实现基于链式表的队列

- 动态分配、前后指针、注意判空



Technology Tarena 达内科技

练习时间

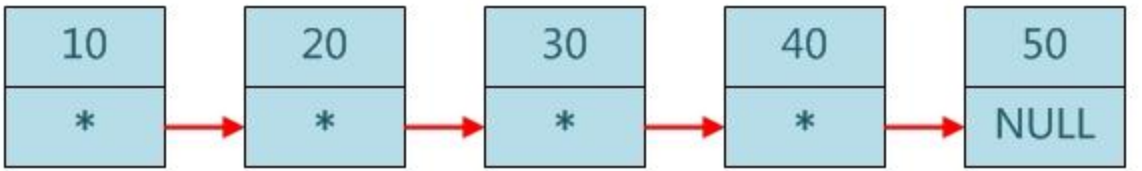
利用堆栈实现队列

链表

- 地址不连续的节点序列，彼此通过指针相互连接
- 根据不同的结构特征，将链表分为：
  - 单向线性链表
  - 单向循环链表
  - 双向线性链表
  - 双线循环链表
  - 数组链表
  - 链表数组
  - 二维链表

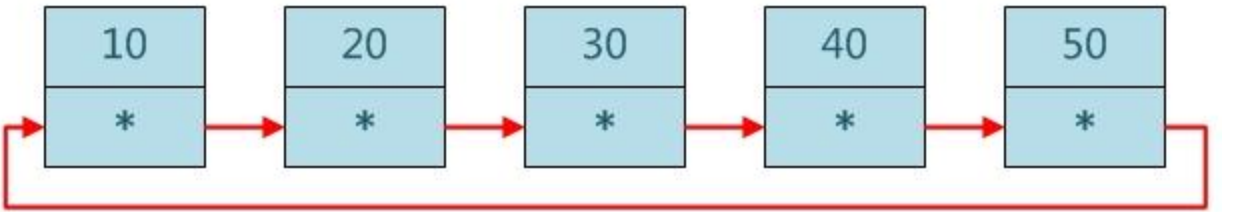
链表

- 单向线性链表



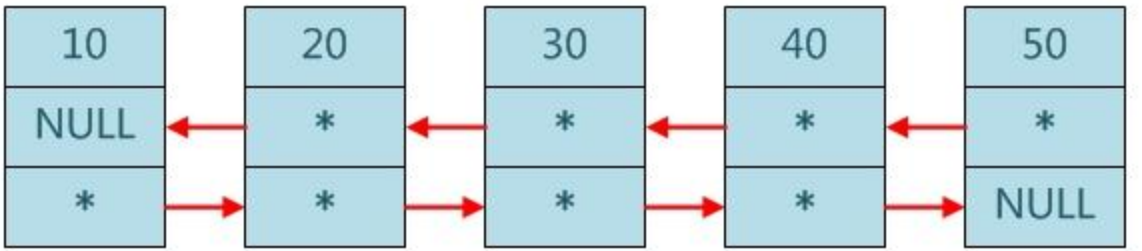
链表

- 单向循环链表



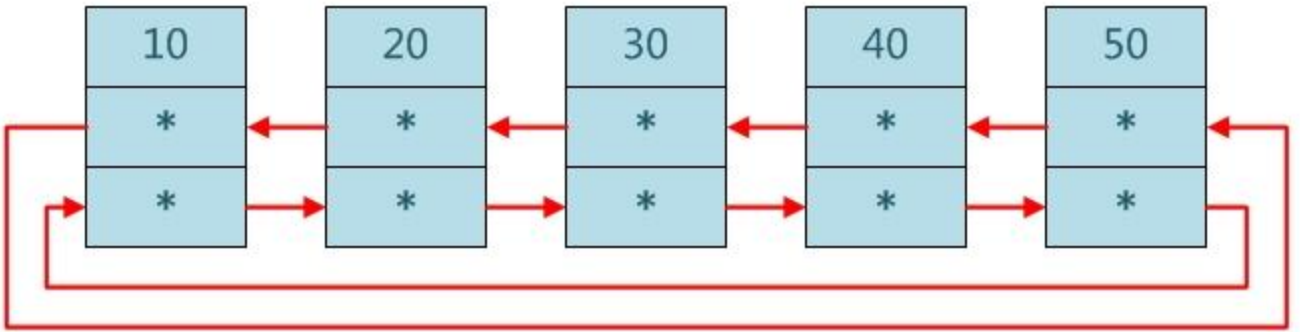
链表

- 双向线性链表



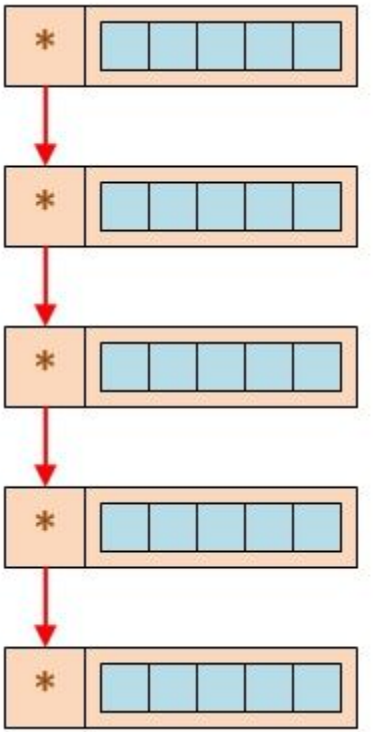
链表

- 双向循环链表



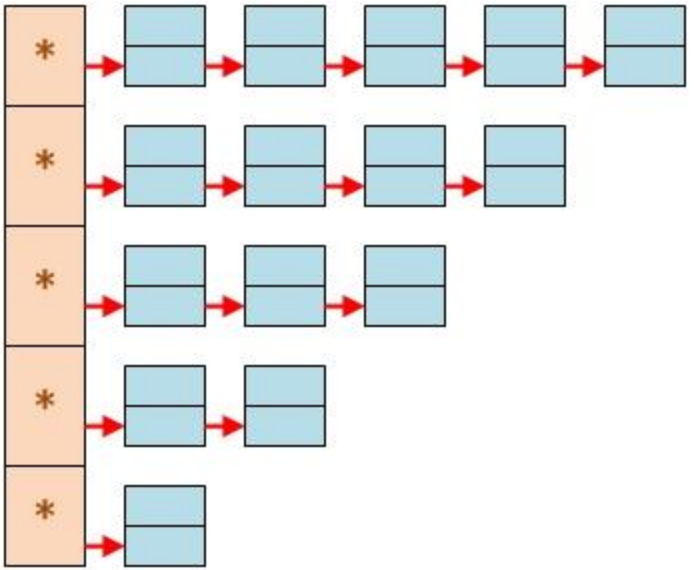
链表

- 数组链表



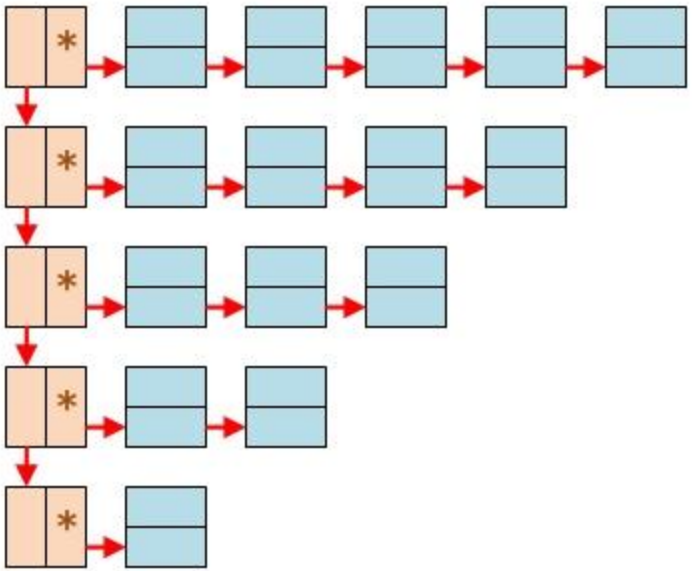
链表

- 链表数组



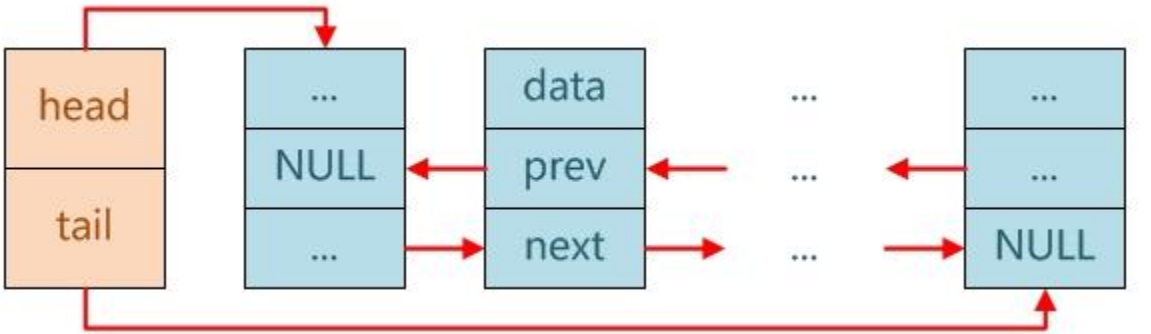
链表

- 二维链表



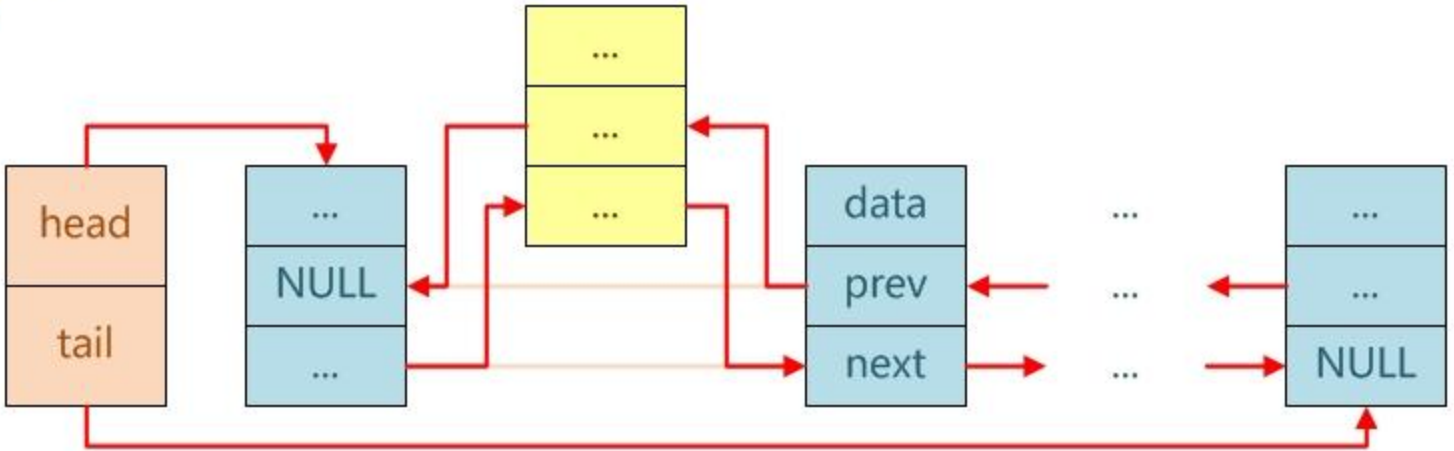
实现双向线性链表

- 结构模型



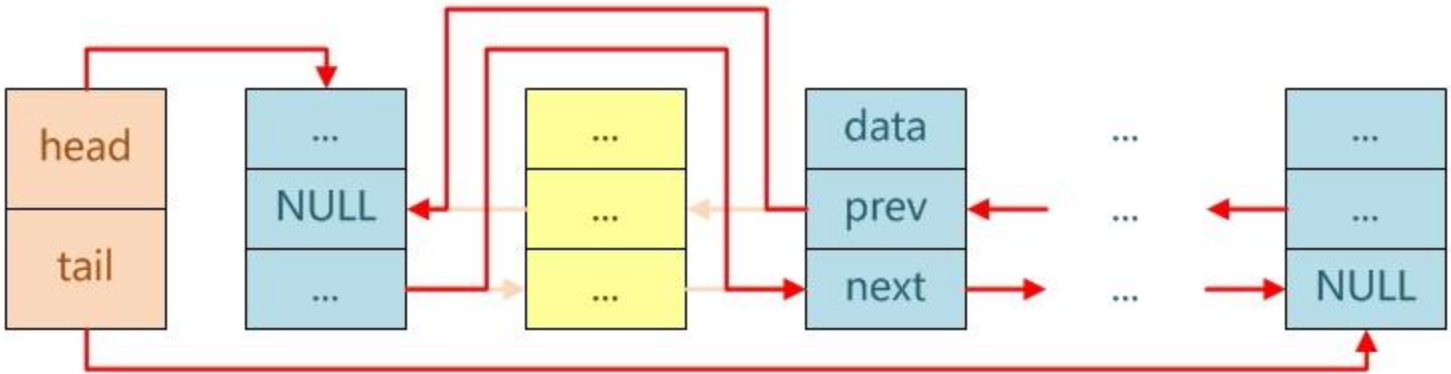
实现双向线性链表

- 插入节点



实现双向线性链表

- 删除节点



单向链表

1. 实现list_reverse()函数，用于将单向链表逆转
2. 实现list_middle()函数，用于获取单向链表的中间值，其平均时间复杂度不得超过O(N)级

Technology Tarena 达内科技

双向链表

双向链表的创建、插入、删除、遍历、修改等操作

树的基本概念：

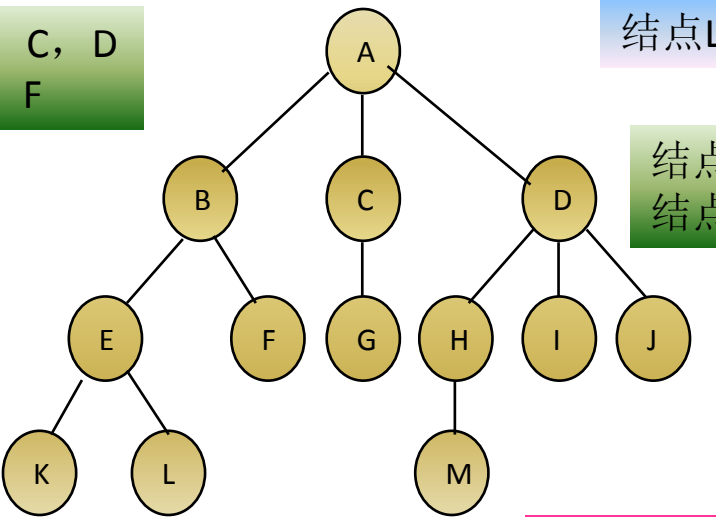
- 结点(node)——表示树中的元素，包括数据项及若干指向其子树的分支
- 结点的度(degree)——结点拥有的子树个数
- 叶子(leaf)——度为0的结点，也称为终端结点
- 非终端结点（分支结点）——度不为0的结点
- 孩子(child)——结点子树的根称为该结点的孩子
- 双亲(parents)——孩子结点的上层结点叫该结点的~
- 兄弟(sibling)——同一双亲的孩子
- 树的度——一棵树中所有结点度数的最大值
- 结点的层次(level)——从根结点算起，根为第一层，其它结点的层次为其双亲结点的层数加1
- 深度(depth)——树中结点层数的最大值
- 森林(forest)——m(m≥0)棵互不相交的树的集合

结点A的度：3
结点B的度：2
结点M的度：0

叶子：K，L，F，G，M，I，J

结点I的双亲：D
结点L的双亲：E

结点A的孩子：B，C，D
结点B的孩子：E，F



结点B，C，D为兄弟
结点K，L为兄弟

树的度：3

树的深度：4

结点A的层次：1
结点M的层次：4

结点F，G为堂兄弟
结点A是结点F，G的祖先

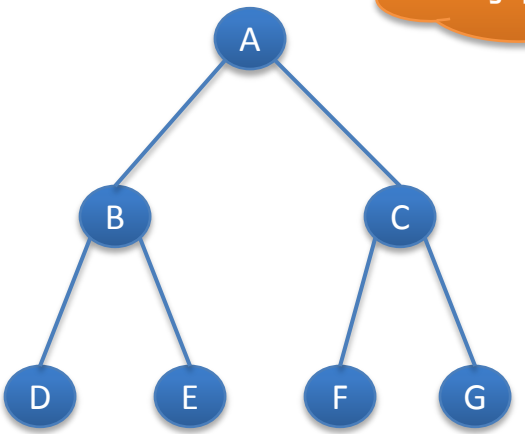
二叉树

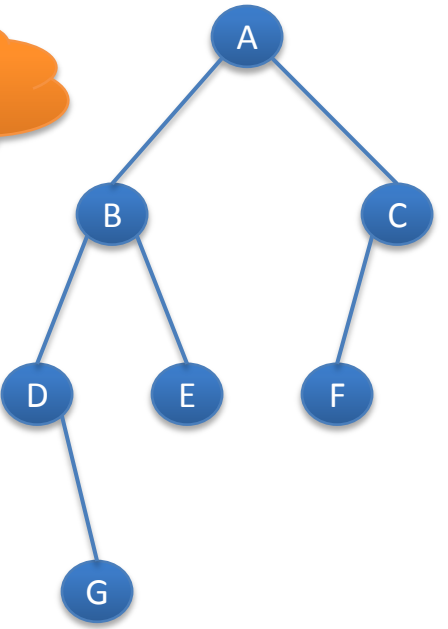
知识讲解

二叉树的定义

二叉树是由n(n>=0)个结点的有限集合构成，此集合或者为空集，或者由一个根结点及两棵互不相交的左子树和右子树组成，并且左、右子树都是二叉树。

每个节点的度≤2
子树有左右之分

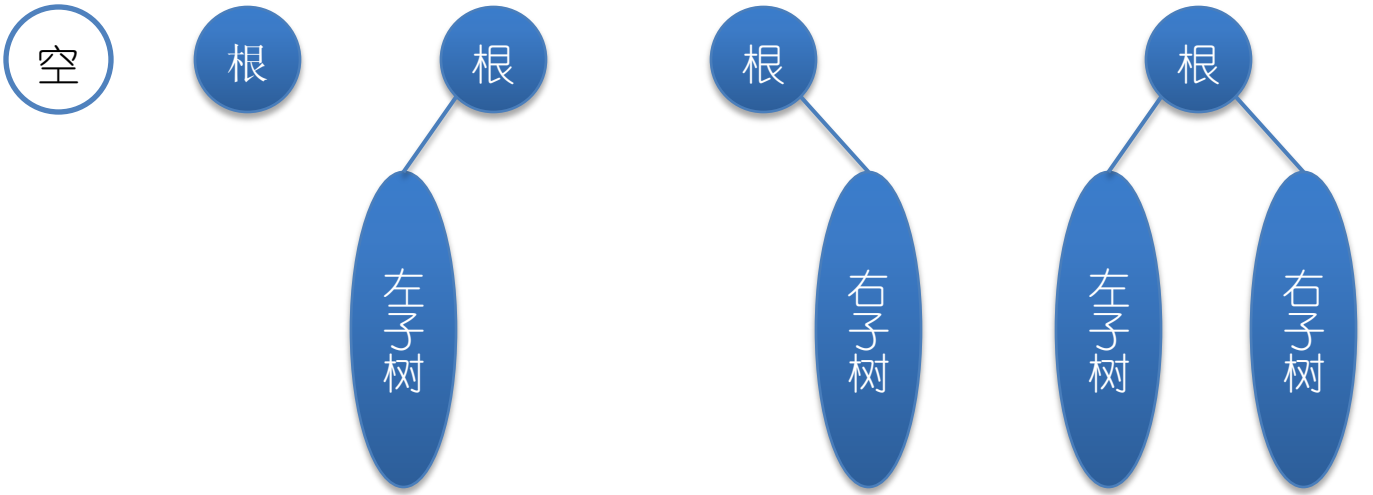




二叉树

知识讲解

二叉树的基本形态



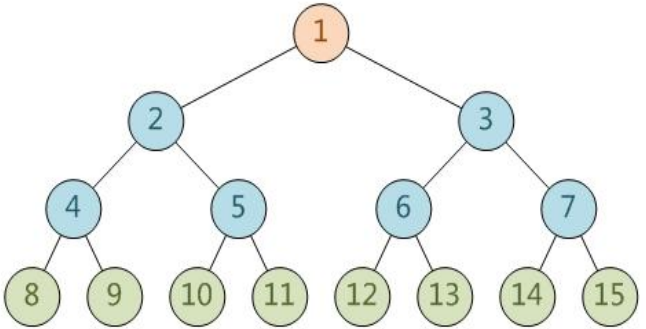
二叉树

知识讲解

两种特殊形态的二叉树

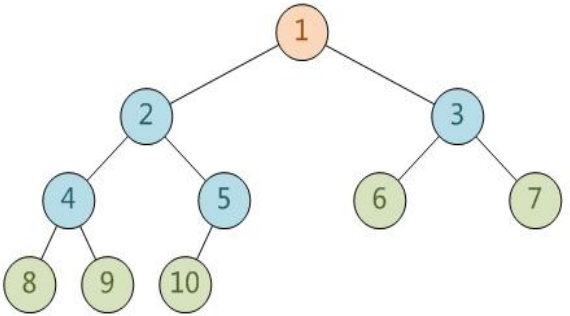
满二叉树

- 每层节点数均达到最大值
- 所有枝节点均有左右子树



完全二叉树

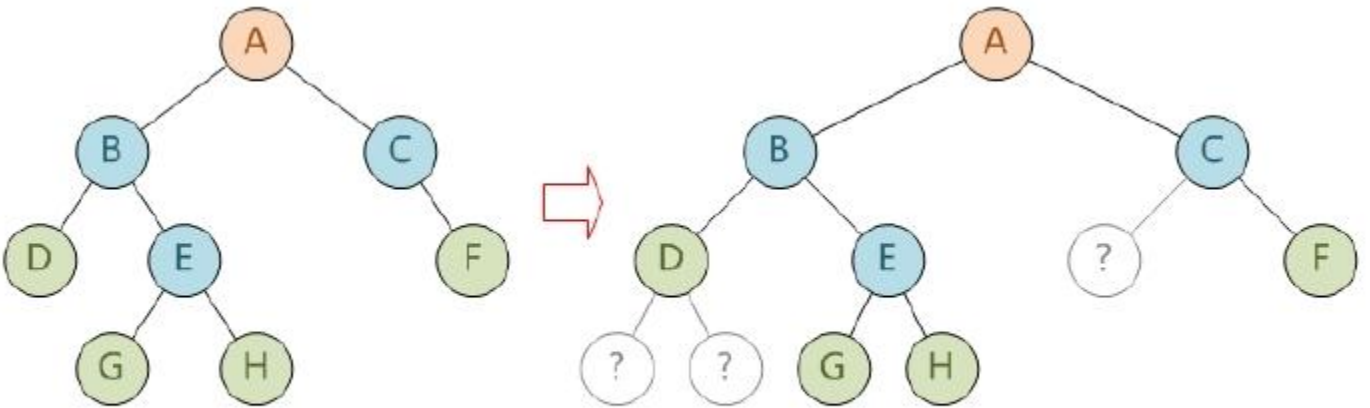
- 除最下层外，各层节点数均达到最大值
- 最下层的节点都连续集中在左边



比较两者节点中的顺序编号

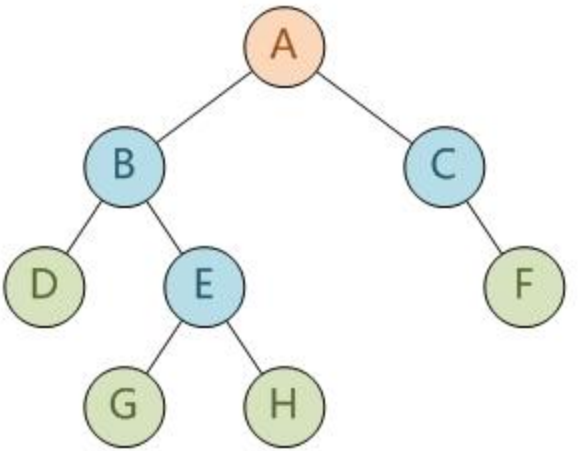
二叉树的存储结构

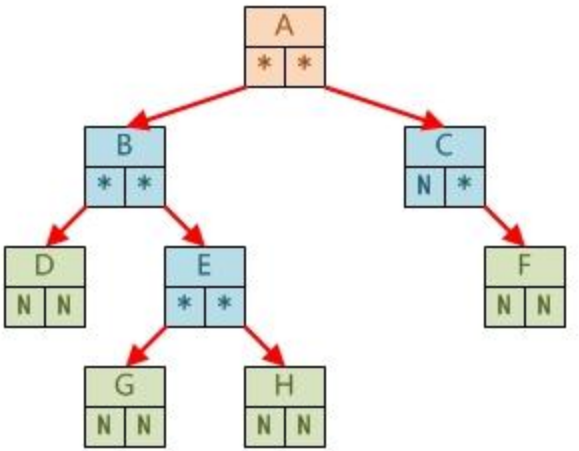
- 顺序存储
  - 从上到下、从左到右，依次存放
  - 非完全二叉树需用虚节点补成完全二叉树



二叉树的存储结构

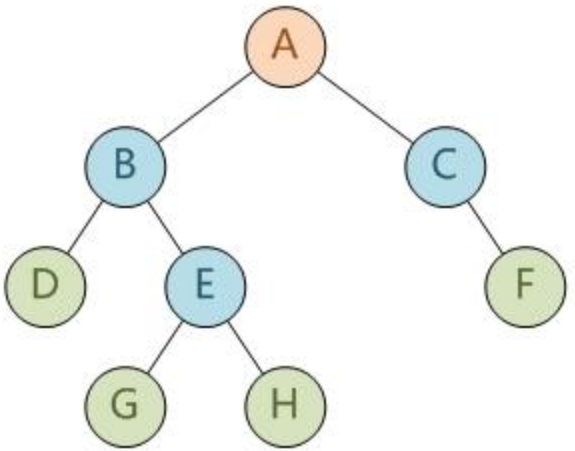
- 链式存储
  - 二叉链表，每个节点包括三个域，一个数据域和两个分别指向其左右子节点的指针域

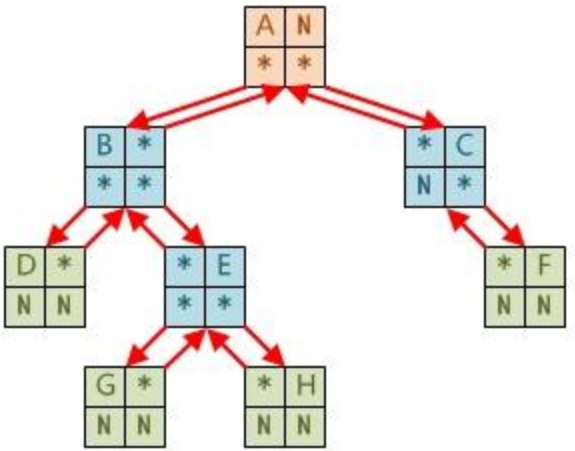




二叉树的存储结构

- 链式存储
  - 三叉链表，每个节点包括四个域，一个数据域、两个分别指向其左右子节点的指针域和一个指向其父节点的指针域



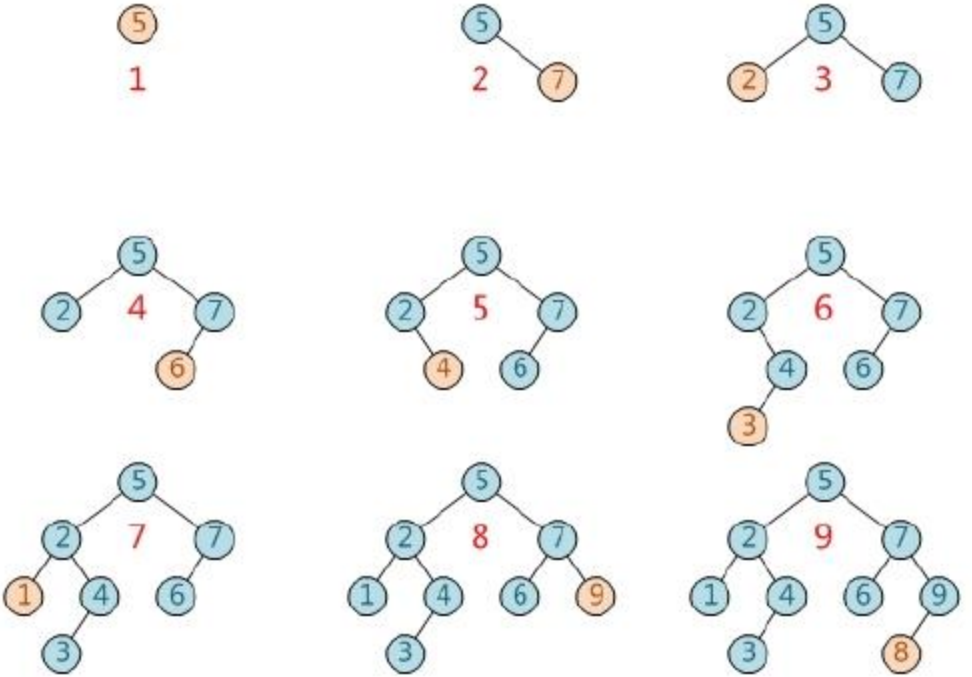


实现有序二叉树

- 有序二叉树亦称二叉搜索树，若非空树则满足：
  - 若左子树非空，则左子树上所有节点的值均小于等于根节点的值
  - 若右子树非空，则右子树上所有节点的值均大于等于根节点的值
  - 左右子树亦分别为有序二叉树
- 基于有序二叉树的排序和查找，可获得O(logN)级的平均时间复杂度

实现有序二叉树

- 构建过程

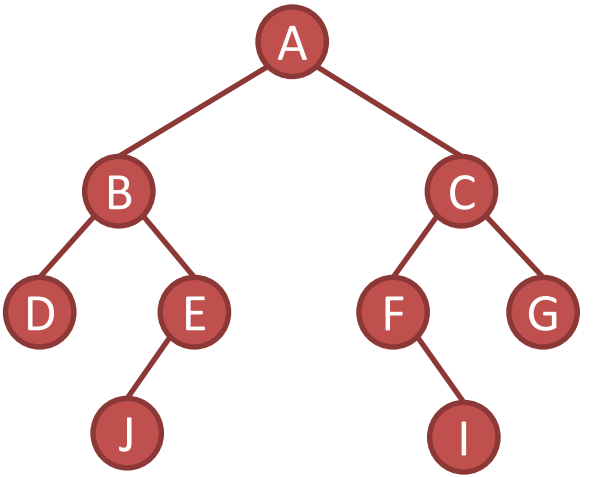


二叉树的遍历

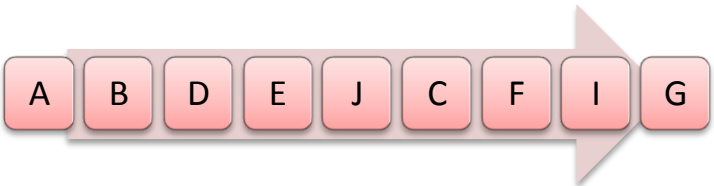
知识讲解

1. 先序遍历(preorder traversal)

1. 访问根结点
2. 先序遍历左子树
3. 先序遍历右子树



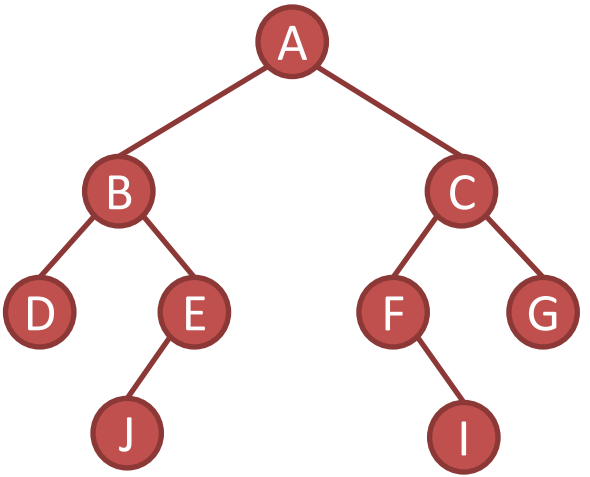
先序序列特点
[根] [左子树] [右子树]



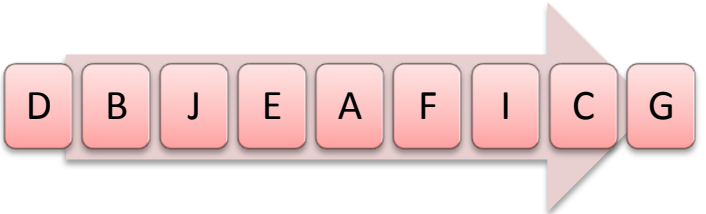
二叉树的遍历

1. 中序遍历(midorder traversal)

1. 中序遍历左子树
2. 访问根结点
3. 中序遍历右子树



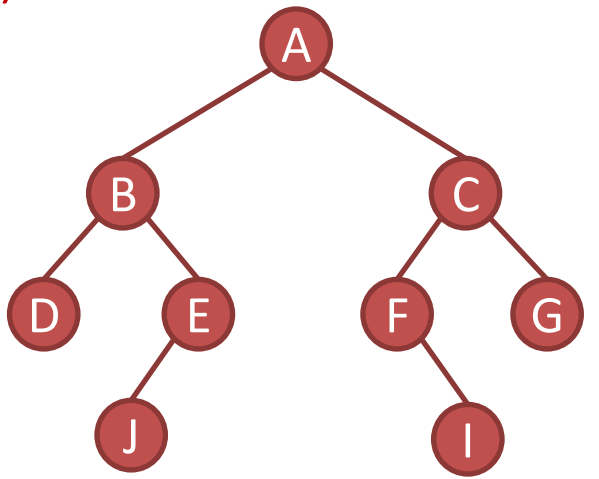
中序序列特点
[左子树] [根] [右子树]



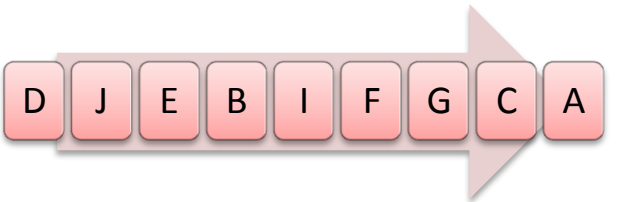
二叉树的遍历

1. 后序遍历(postorder traversal)

1. 后序遍历左子树
2. 后序遍历右子树
3. 访问根结点

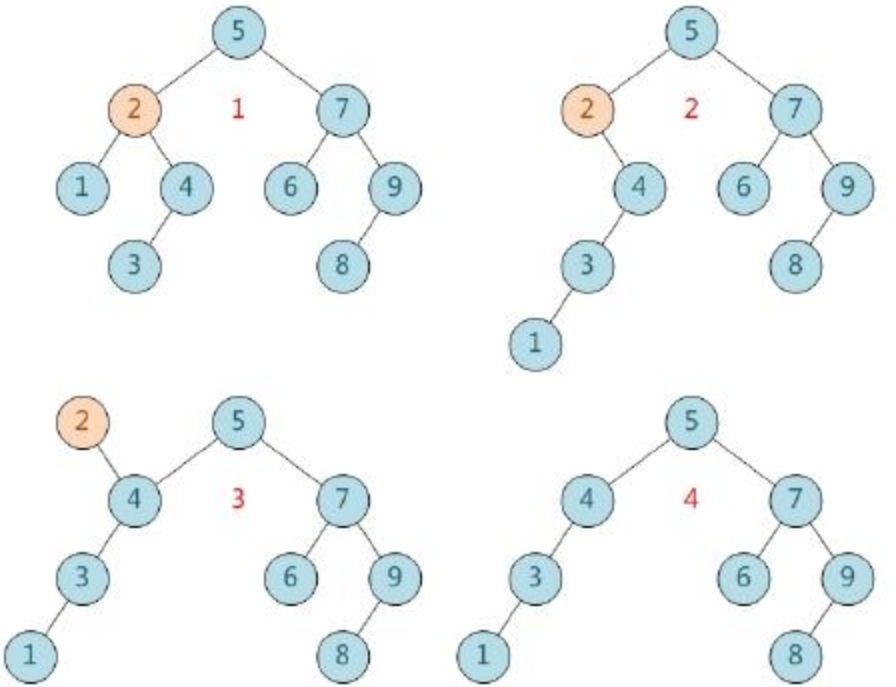


后序序列特点
[左子树] [右子树] [根]



实现有序二叉树

- 删除节点



“

算法

”

全程目标

- 排序算法
  - 冒泡排序
  - 插入排序
  - 选择排序
  - 快速排序
  - 归并排序
- 查找算法
  - 线性查找
  - 二分查找

冒泡排序

第一趟

30 20 50 40 10

20 30 50 40 10

20 30 50 40 10

20 30 40 50 10

20 30 40 10 50

第二趟

20 30 40 10 50

20 30 40 10 50

20 30 40 10 50

20 30 10 40 50

第三趟

20 30 10 40 50

20 30 10 40 50

20 10 30 40 50

第四趟

20 10 30 40 50

10 20 30 40 50

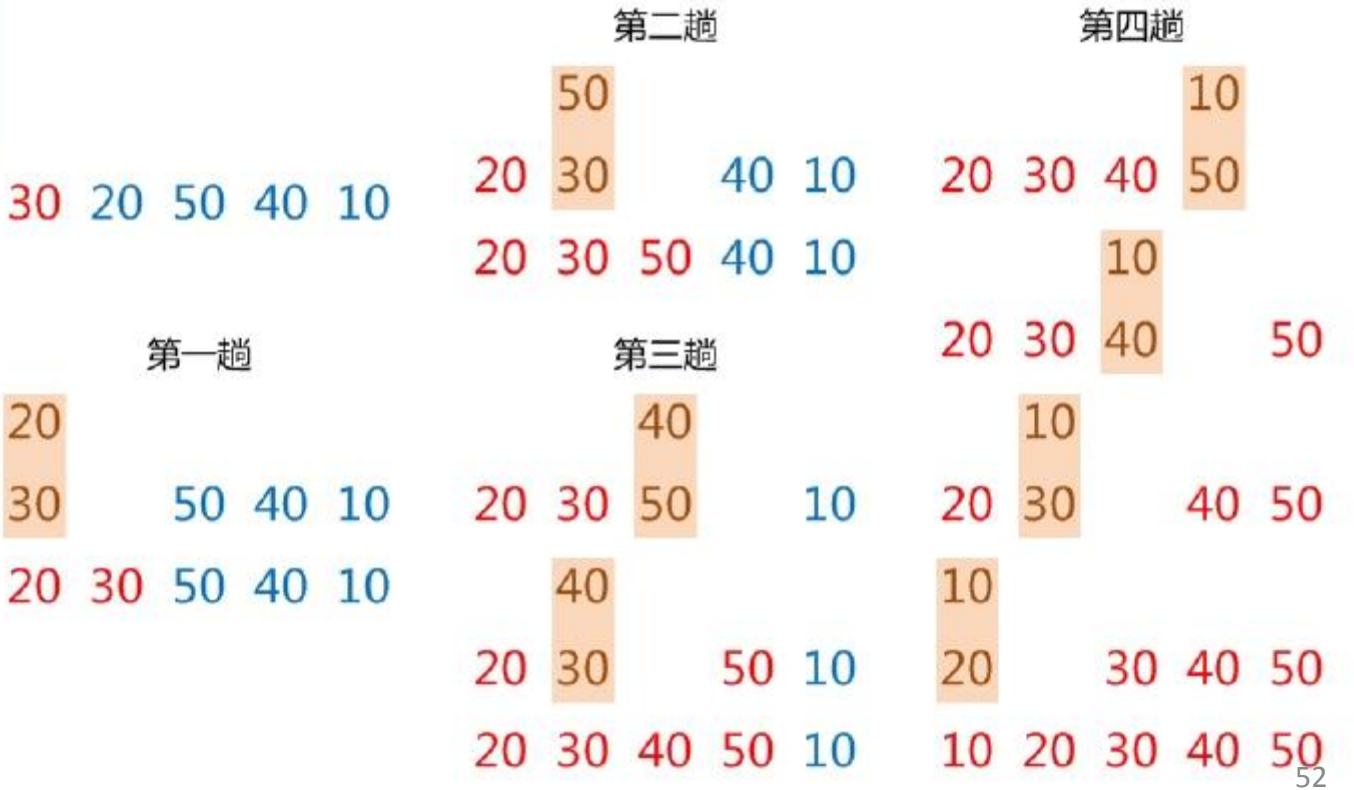
结果

10 20 30 40 50

冒泡排序

- 算法
  1. 相邻元素两两比较，前者大于后者，彼此交换
  2. 从第一对到最后一对，最大的元素沉降到最后
  3. 针对未排序部分，重复以上步骤，沉降次大值
  4. 每次扫描越来越少的元素，直至不再发生交换
- 评价
  - 平均时间复杂度：$O(N_2)$
  - 稳定排序
  - 对数据的有序性非常敏感

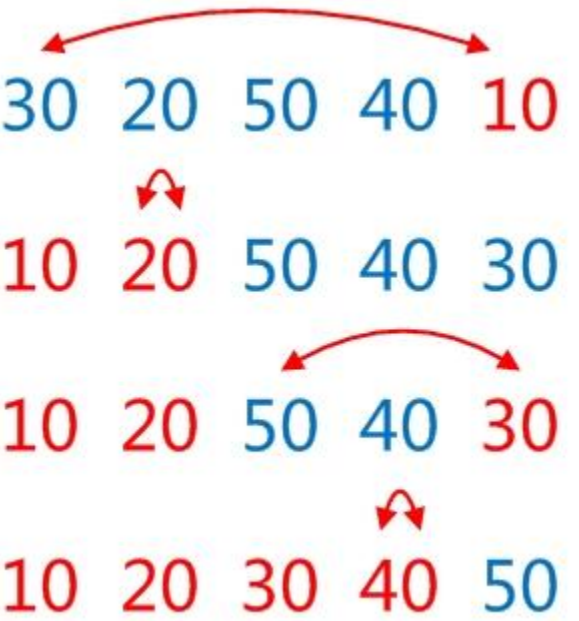
插入排序


第二趟
第四趟
第一趟
第三趟
30 20 50 40 10
20 30 40 10
20 30 50 40 10
10
20 30 40 50
20 30 40 50
20
30 50 40 10
20 30 50 40 10
40
20 30 50 10
20 30 40 50 10
10
20 30 40 50
10 20 30 40 50

插入排序

- 算法
  1. 首元素自然有序
  2. 取出下一个元素，对已排序序列，从后向前扫描
  3. 大于被取出元素者后移
  4. 小于等于被取出元素者，将被取出元素插入其后
  5. 重复步骤2，直至处理完所有元素
- 评价
  - 平均时间复杂度：$O(N_2)$
  - 稳定排序
  - 对数据的有序性非常敏感
  - 不交换只移动，优于冒泡排序

选择排序



选择排序

- 算法
  1. 在整个序列中寻找最小元素，与首元素交换
  2. 在剩余序列中寻找最小元素，与次元素交换
  3. 以此类推，直到剩余序列中仅包含一个元素
- 评价
  - 平均时间复杂度：$O(N_2)$
  - 非稳定排序
  - 对数据的有序性不敏感
  - 交换次数少，优于冒泡排序

快速排序

10 80 30 60 50 40 70 20 90

10 20 30 40 50 80 70 60 90

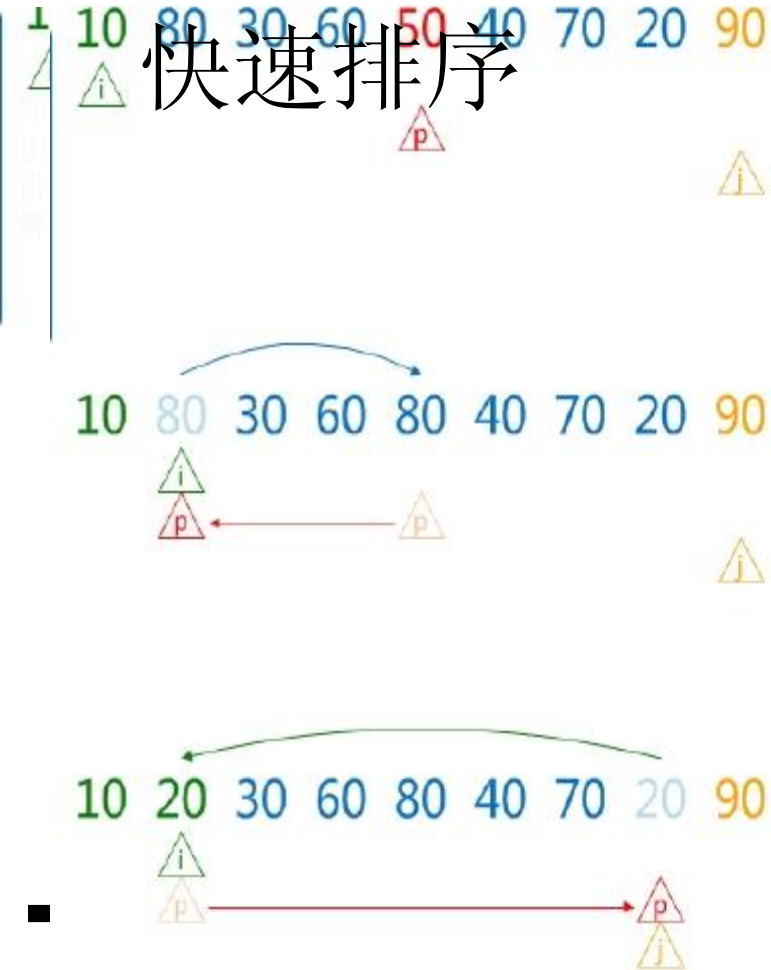
10 20 30 40 50 60 70 80 90

10 20 30 40 50 60 70 80 90

快速排序

- 算法
  1. 从待排序序列中任意挑选一个元素，作为基准
  2. 将所有小于基准的元素放在基准之前，大于基准的元素放在基准之后，等于基准的元素放在基准之前或之后，这个过程称为分组
  3. 以递归的方式，分别对基准之前和基准之后的分组继续进行分组，直到每个分组内的元素个数不多于1个——自然有序——为止

快速排序


10 80 30 60 50 40 70 20 90
i
p
j
10 80 30 60 80 40 70 20 90
i
p
p
j
10 20 30 60 80 40 70 20 90
i
p
p
j
10 20 30 60 80 40 70 60 90
i
p
p
j
10 20 30 40 80 40 70 60 90
i
p
p
j
10 20 30 40 80 80 70 60 90
i
p
p
j
10 20 30 40 50 80 70 60 90
i
p
j

快速排序

- 就地分组
  - 在不额外分配内存空间的前提下，实现以基准为中心的分组
- 评价
  - 平均时间复杂度：O(NlogN)
  - 非稳定排序
  - 若每次都能均匀分组，则排序速度最快

归并排序

- 合并
  1. 分配合并序列，其大小为两个有序序列大小之和
  2. 设定两个指针，分别指向两个有序序列的首元素
  3. 比较指针目标，较小者进入合并序列，指针后移
  4. 重复步骤3，直到某一指针到达序列末尾
  5. 将另一序列的剩余元素直接复制到合并序列末尾

归并排序


20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50 50
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50 50 60
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50 50 60 70
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50 50 60 70 80
20 40 50 60 70 90
10 30 40 50 80
10 20 30 40 40 50 50 60 70 80 90

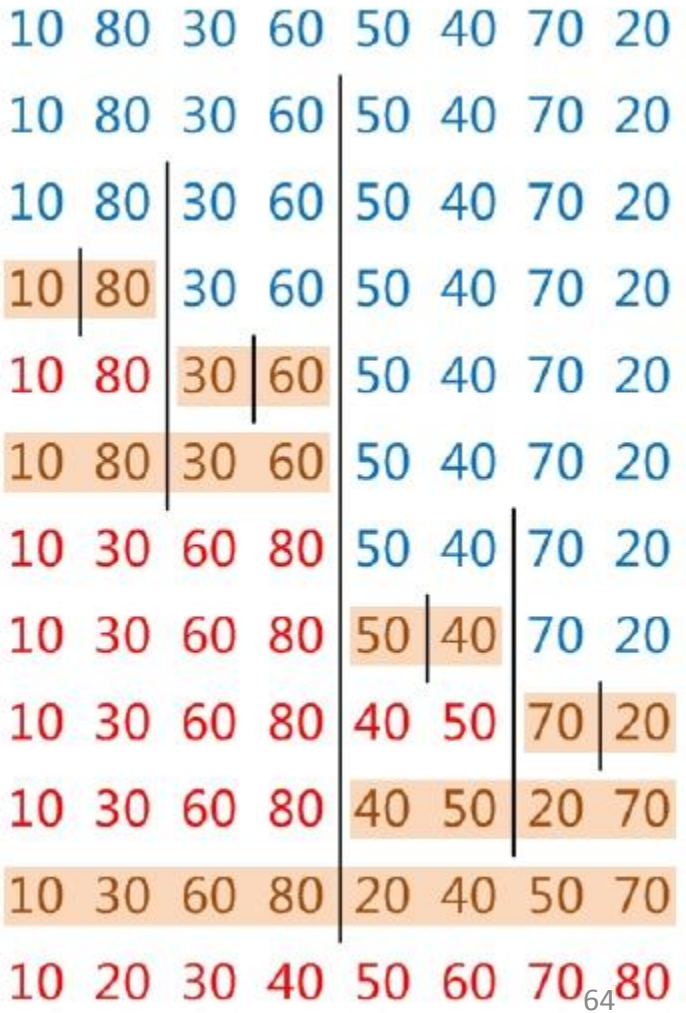
归并排序

- 算法
  1. 将待排序序列从中间划分为两个相等的子序列
  2. 以递归的方式分别对两个子序列进行排序
  3. 将两个有序的子序列合并成完整序列
- 评价
  - 平均时间复杂度：O(2NlogN)
  - 稳定排序
  - 对数据的有序性不敏感
  - 非就地排序，需要辅助空间，不适合处理海量数据

知识讲解

归并排序

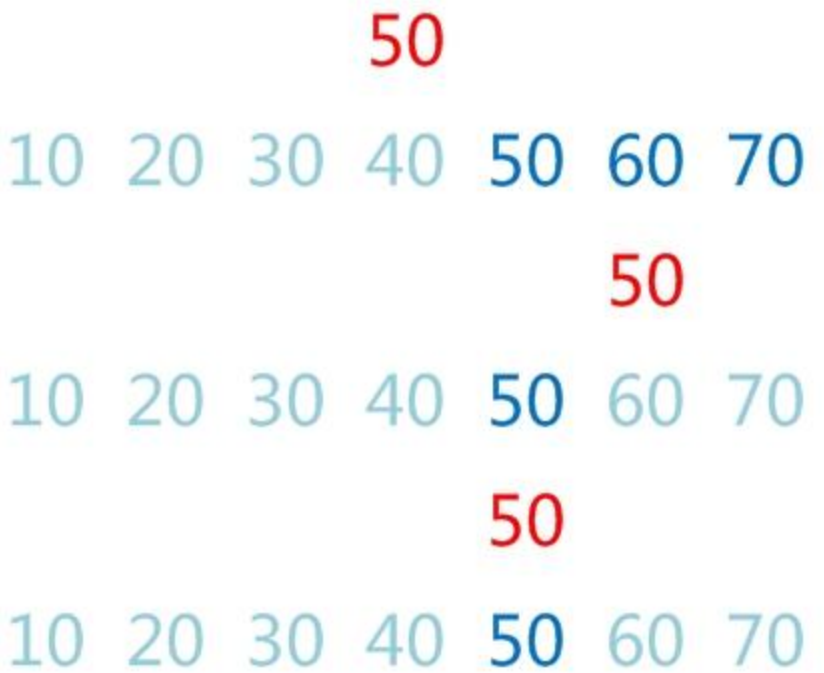
- 在递归过程中逐层合并



线性查找

- 算法
  1. 从头开始，依次将每一个元素与查找目标进行比较
  2. 或者找到目标，或者找不到目标
- 评价
  - 平均时间复杂度：O(N)
  - 对数据的有序性没有要求

二分查找



二分查找

- 算法
  1. 假设表中的元素按升序排列
  2. 若中间元素与查找目标相等，则查找成功，否则利用中间元素将表划分成前后两个子表
  3. 若查找目标小于中间元素，则在前子表中查找，否则在后子表中查找
  4. 重复以上过程，直到查找成功，或者因子表不存在而宣告失败
- 评价
  - 平均时间复杂度：O(logN)
  - 数据必须有序

“

再见

”