



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

# 二叉树与红黑树

技术咨询 King老师 3147964070

课程问题 柚子老师 2690491738



## 课程提纲



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

思考题

二叉树的介绍

二叉排序树的实现

红黑树的介绍

红黑树结点旋转

红黑树的实现



## 课后思考题



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

从开源项目中，总结三个用到红黑树的地方。并分析如何实现的？



## 课程练习题



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

案例一、服务器端高并发IO的keep alive方案，满足一下几个需求

1. 每个IO都是自己的时间戳
2. 每个IO收到自己的beat后，重置自己的定时器
3. 若IO定时没有收到beat，则执行IO的回调函数，并重置定时器
4. 若再次没有收到beat，销毁IO，注销定时器。



## 课程练习题



零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

案例二、设计一个线程或者进程的运行体R与运行体调度器S的结构体

1. 运行体R: 包含运行状态{新建, 准备, 挂起{IO等待读, IO等待写, 睡眠, 延时}, 退出}, 运行体回调函数, 回调参数
2. 调度器S: 包含栈指针, 栈大小, 当前运行体
3. 调度器S: 包含执行集合{就绪, 延时, 睡眠, 等待}。



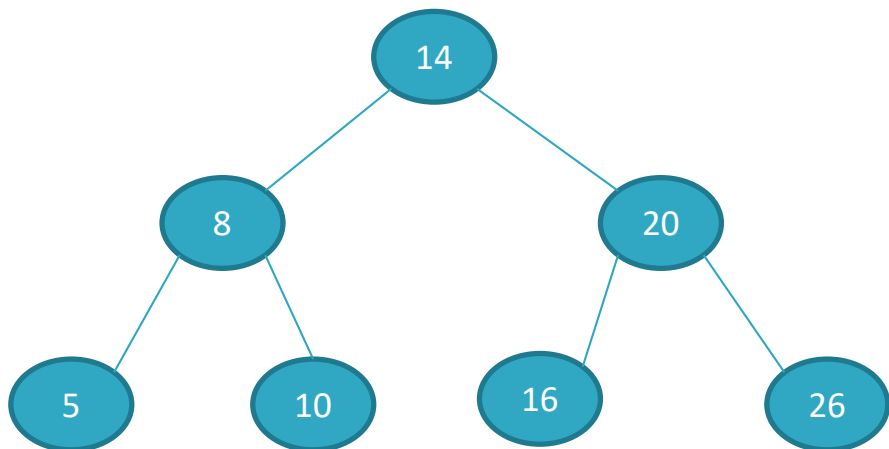
## 二叉树的介绍



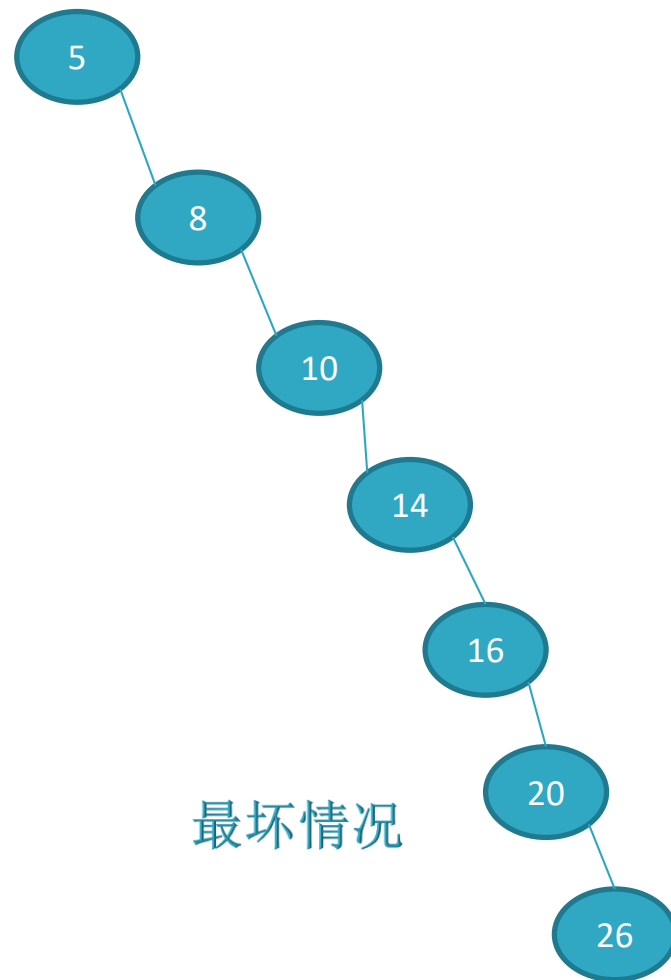
零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!



二叉树



最坏情况



## 红黑树性质



零声学院

www.0voice.com

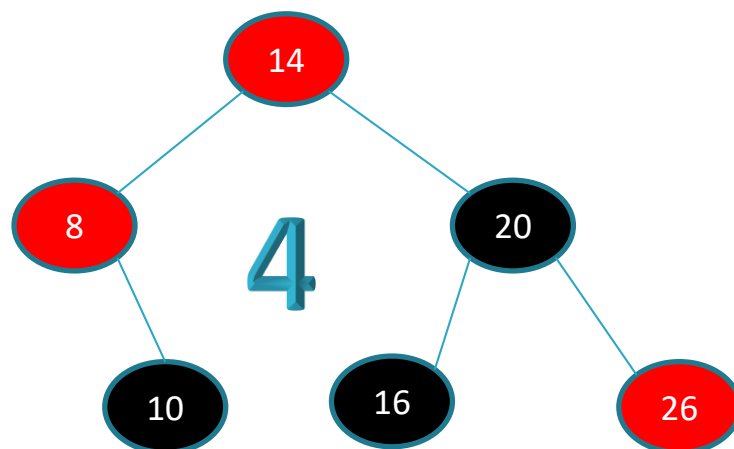
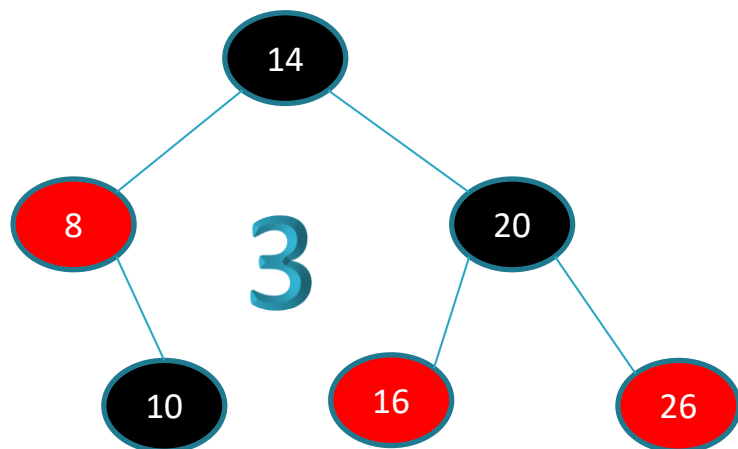
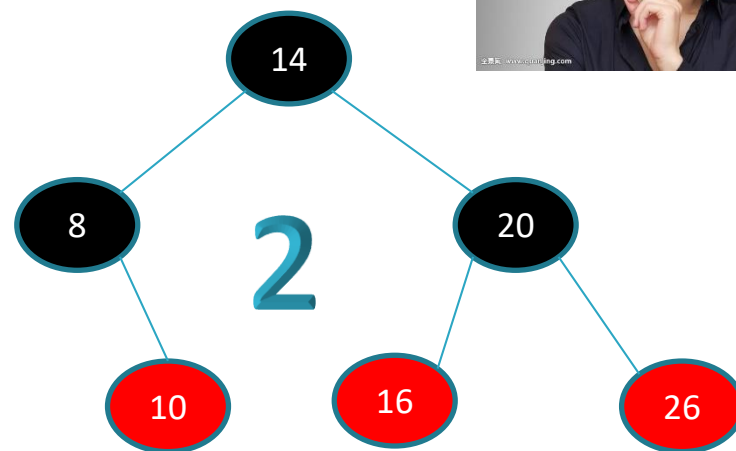
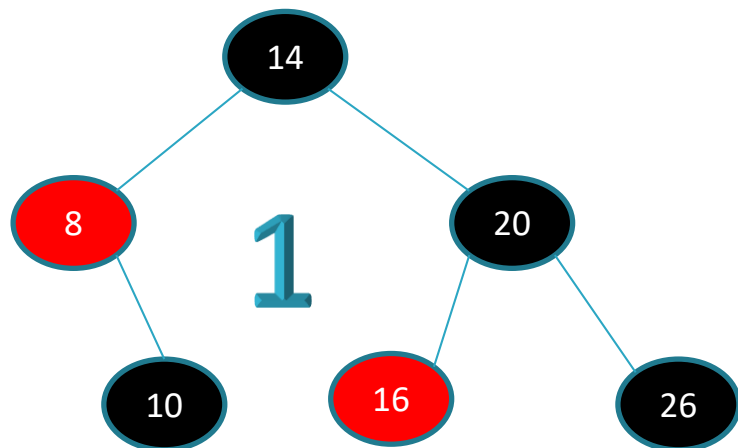
一切只为渴望更优秀的你!

1. 每个结点是红的或者黑的
2. 根结点是黑的
3. 每个叶子结点是黑的
4. 如果一个结点是红的，则它的两个儿子都是黑的
5. 对每个结点，从该结点到其子孙结点的所有路径上的包含相同数目的黑结点



## 红黑树性质鉴定

所有叶子节点都隐藏，并且为黑色







红黑树定义



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

King老师  
Coding.....



## 红黑树的应用



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

1. Linux进程调度 CFS
2. Nginx Timer事件管理
3. Epoll事件块的管理



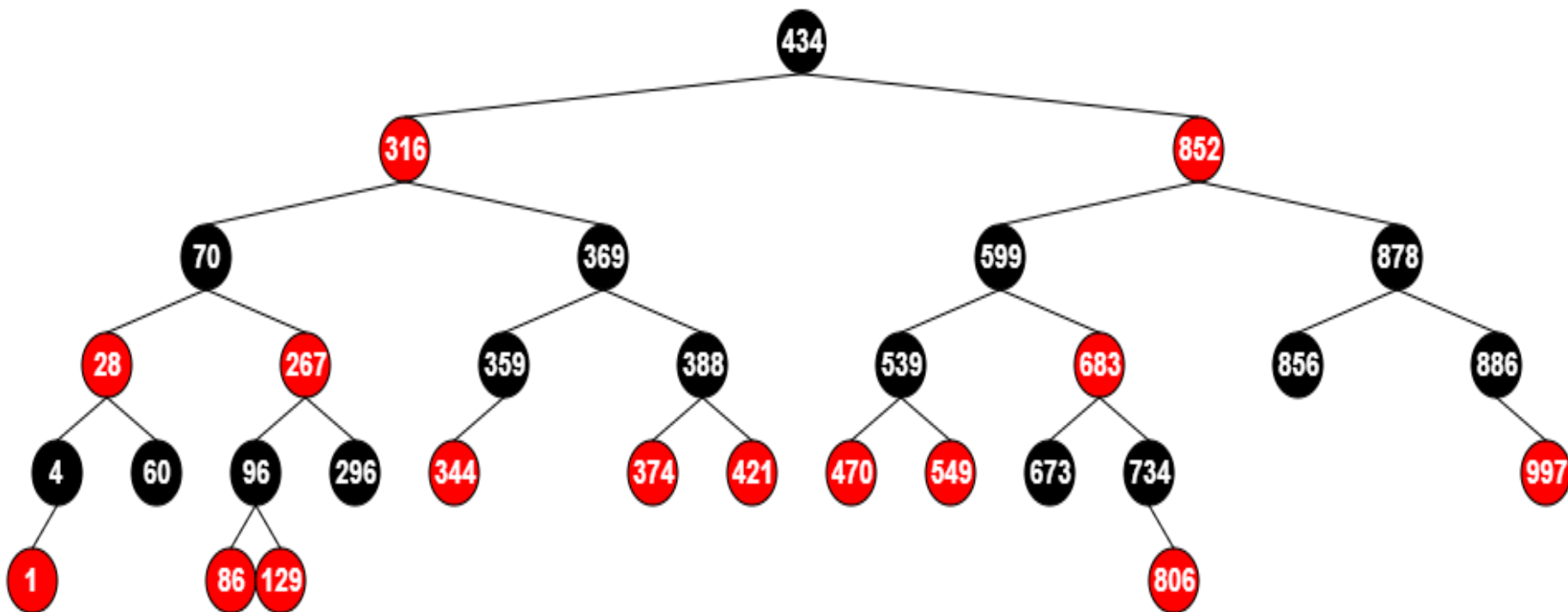
## 红黑树介绍



零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!





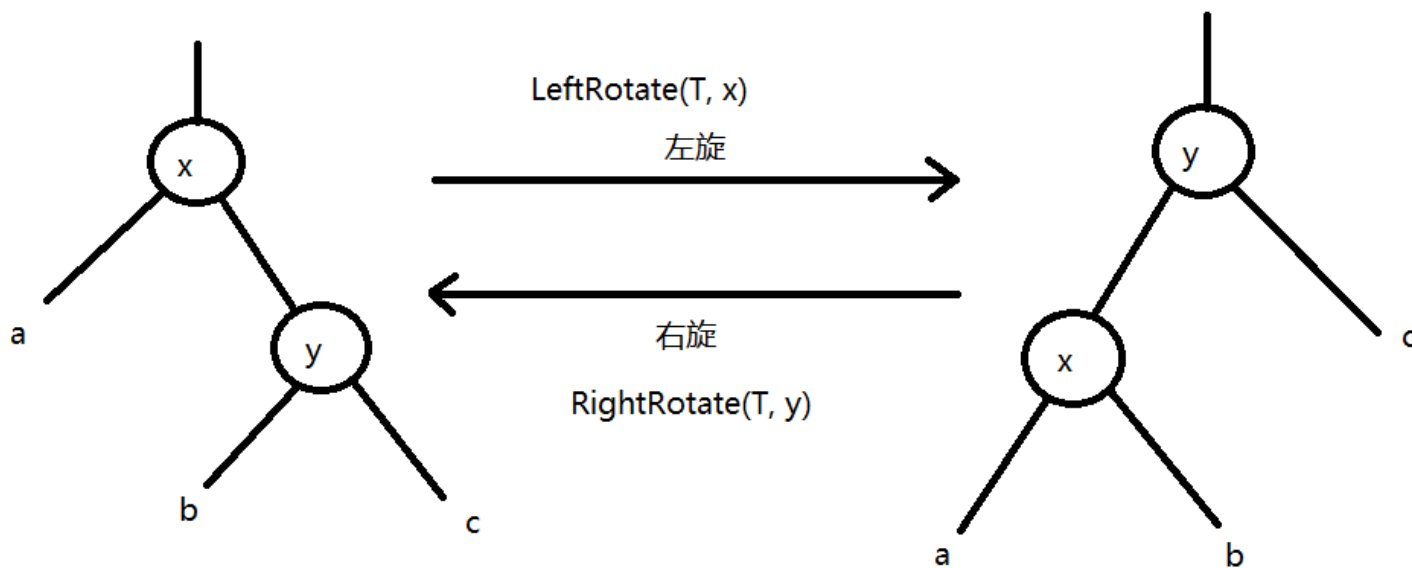
## 红黑树结点旋转



零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!





红黑树结点旋转



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

King老师  
Coding.....



## 红黑树添加结点

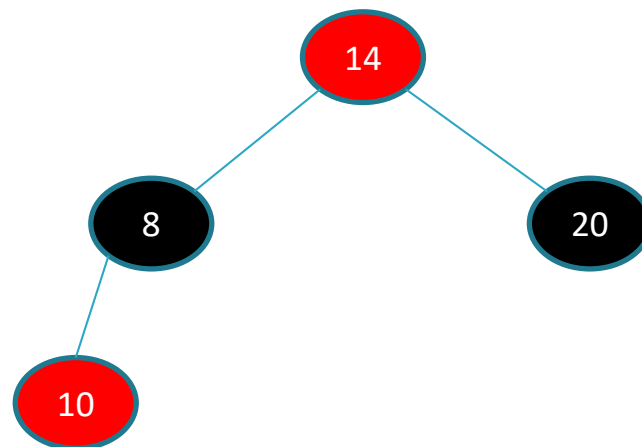
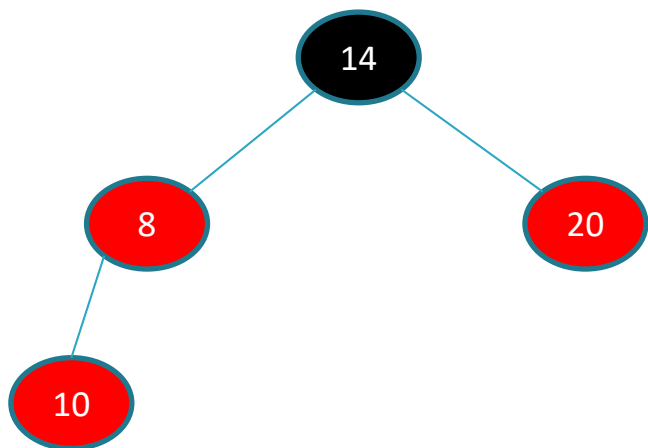
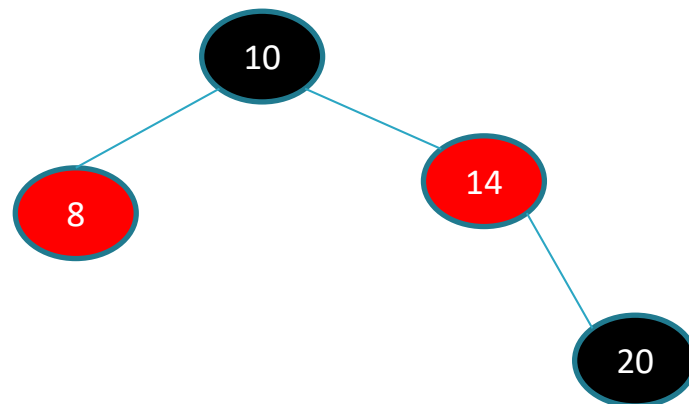
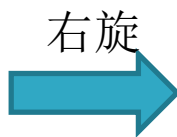
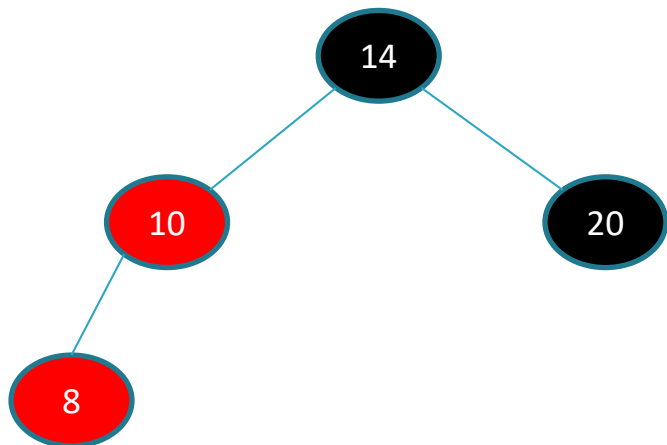


零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

所有叶子节点都影藏，并且为黑色





## 红黑树添加结点



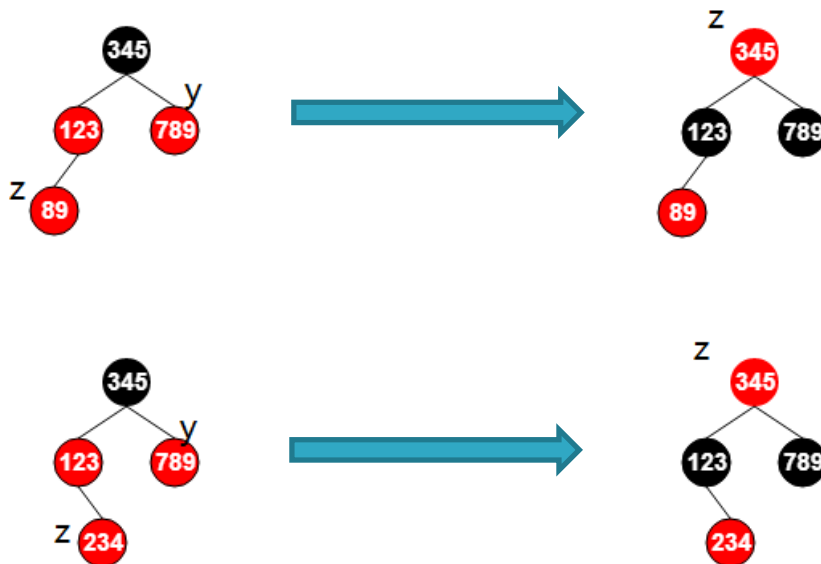
零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

父结点是祖父结点的左子树的情况

1. 叔结点是红色的





## 红黑树添加结点



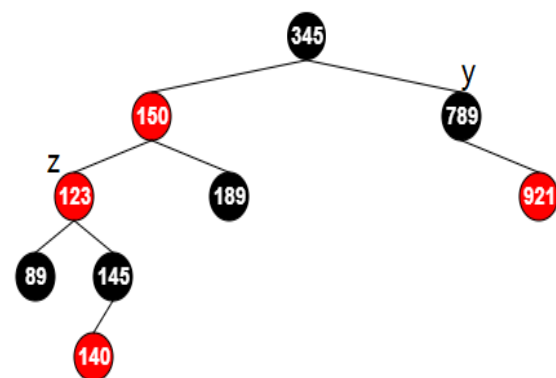
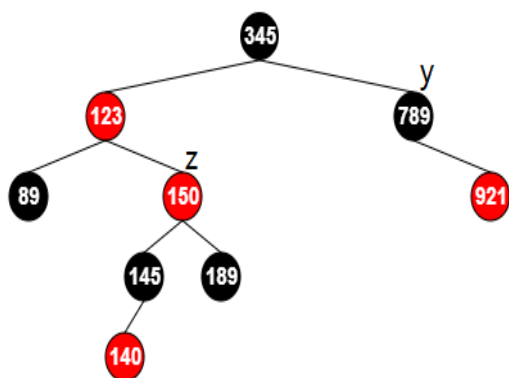
零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

父结点是祖父结点的左子树的情况

2. 叔结点是黑色的，而且当前结点是右孩子







## 红黑树添加结点



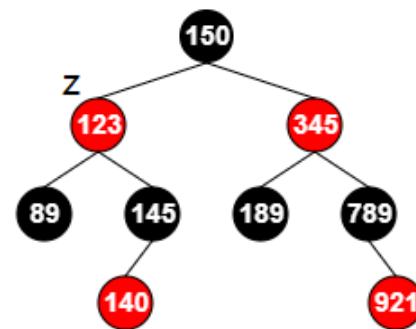
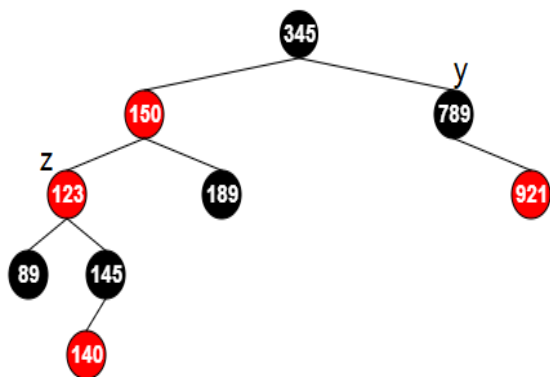
零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

父结点是祖父结点的左子树的情况

3. 叔结点是黑色的，而且当前结点是左孩子





红黑树添加结点



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

King老师  
Coding.....



## 红黑树删除结点

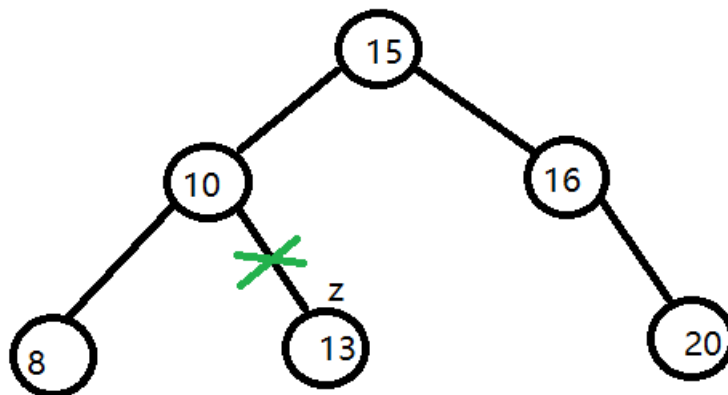


零声学院

www.0voice.com

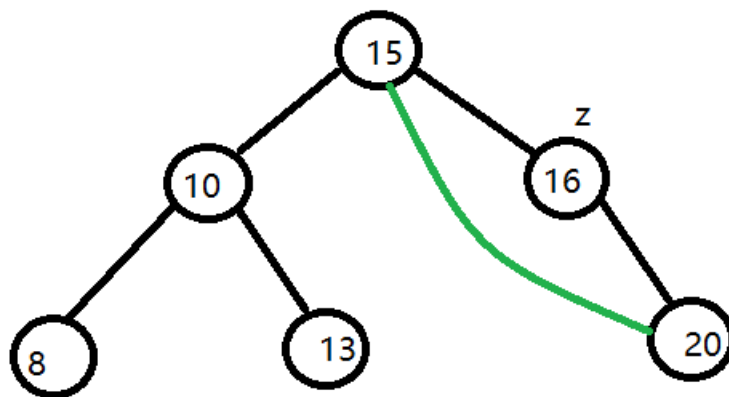
一切只为渴望更优秀的你!

### 1. 没有左右子树





## 2. 有左子树或者右子树





## 红黑树删除结点

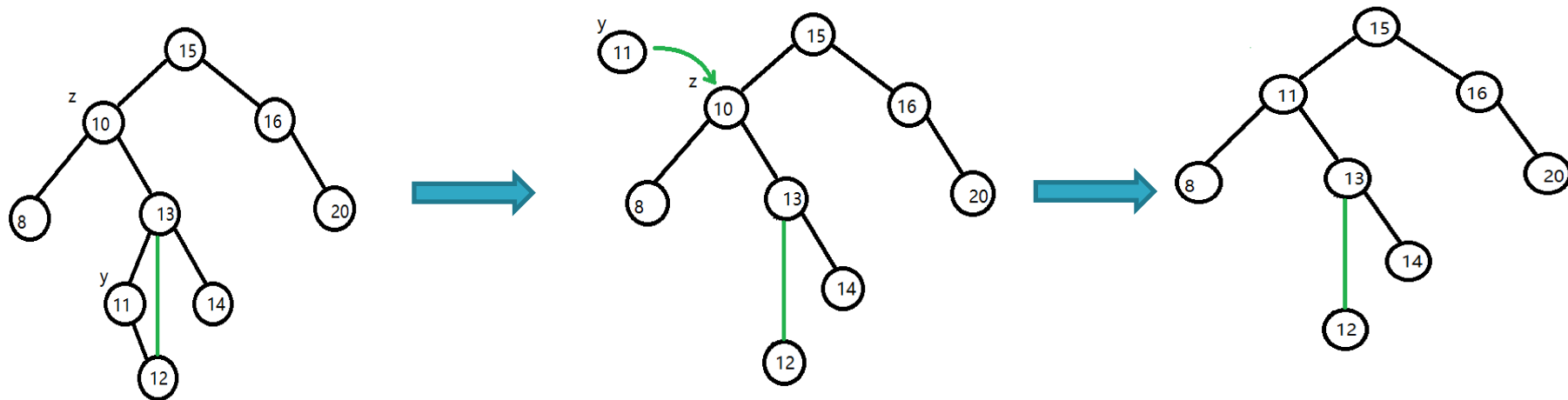


零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

### 3. 有左子树且有右子树





## 红黑树删除结点

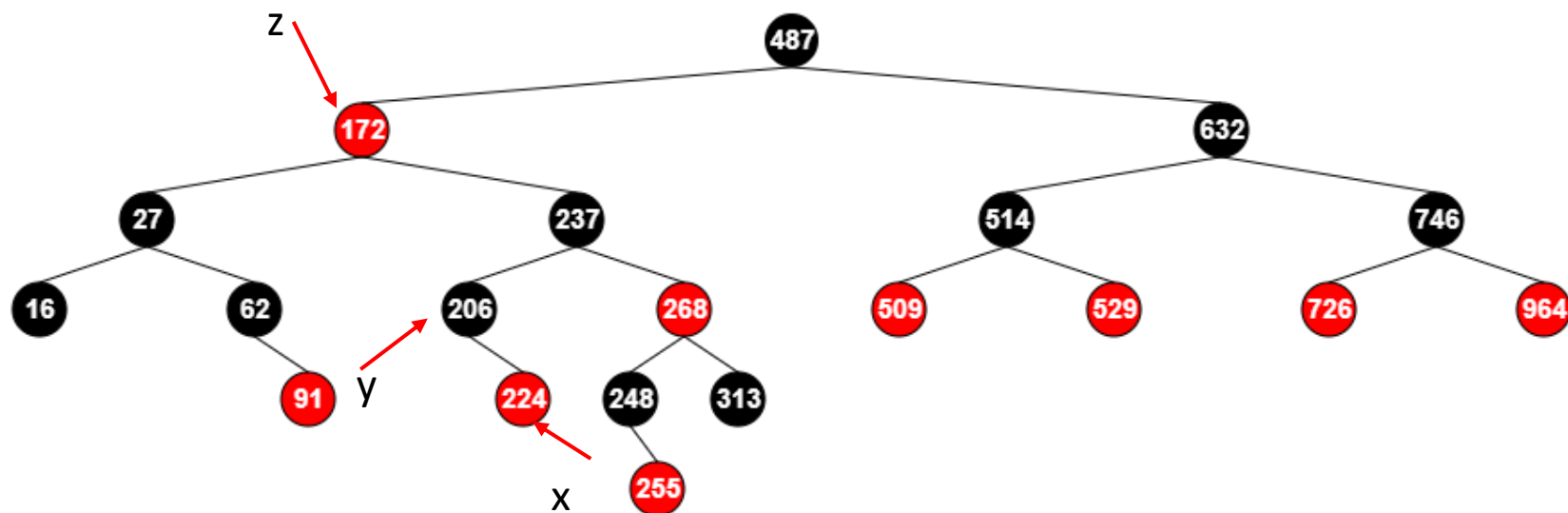


零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

删除 key=27 的节点



什么是覆盖节点? z

什么是删除节点? y

什么是轴心节点? x



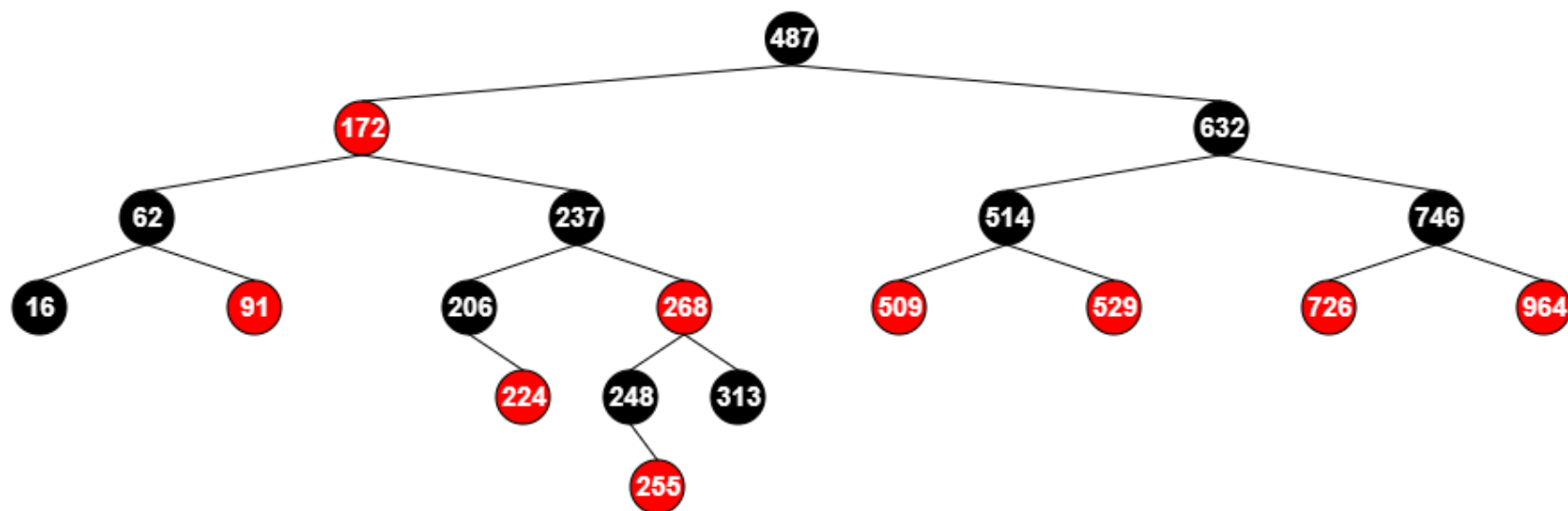
## 红黑树删除结点



零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!





## 红黑树删除结点



零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

当前结点是父结点的左子树的情况

1. 当前结点的兄弟结点是红色的
2. 当前结点的兄弟结点是黑色的，而且兄弟结点的两个孩子结点都是黑色的
3. 当前结点的兄弟结点是黑色的，而且兄弟结点的左孩子是红色的，右孩子是黑色的
4. 当前结点的兄弟结点是黑色的，而且兄弟结点的右孩子是红色的





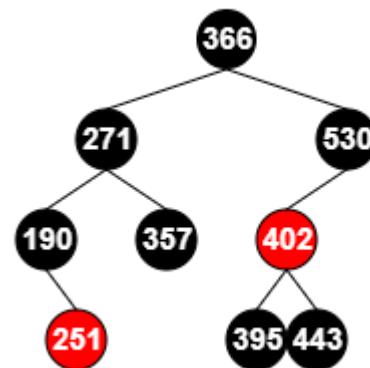
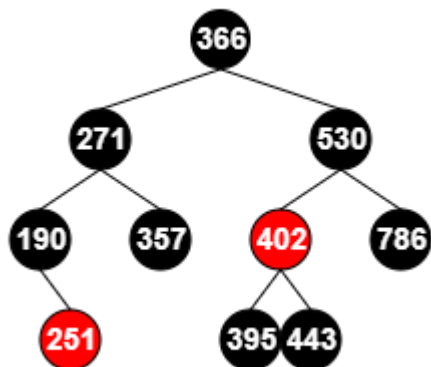
## 红黑树删除结点



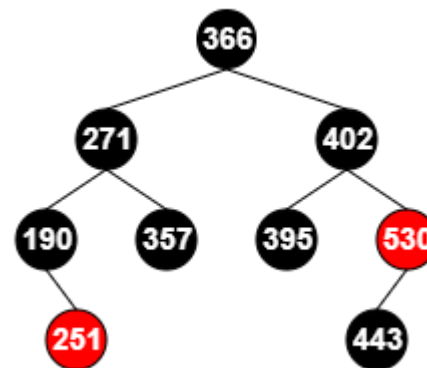
零声学院

www.0voice.com

一切只为渴望更优秀的你!

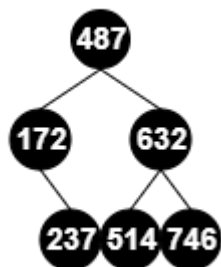


情况1

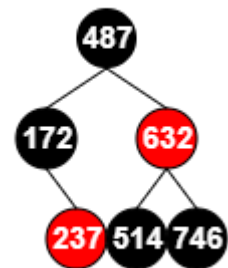
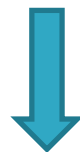
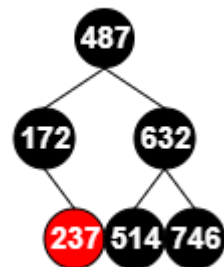




## 红黑树删除结点



情况2





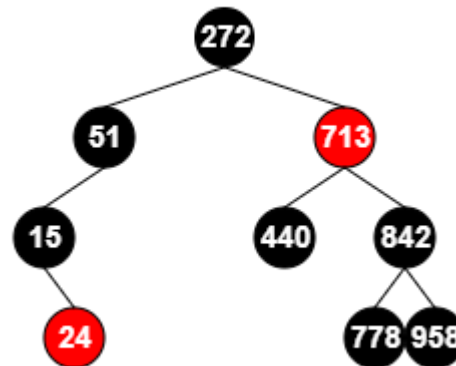
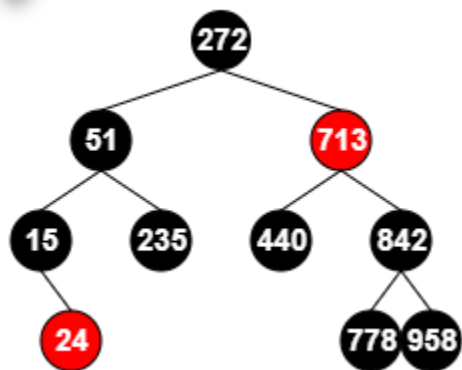
## 红黑树删除结点



零声学院

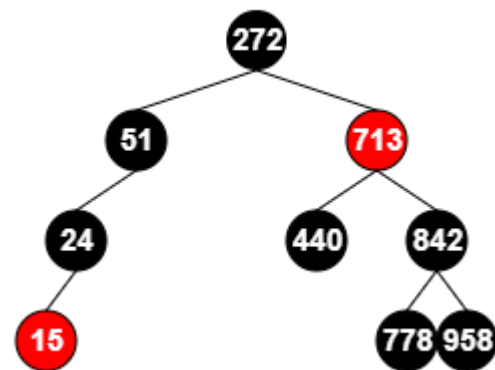
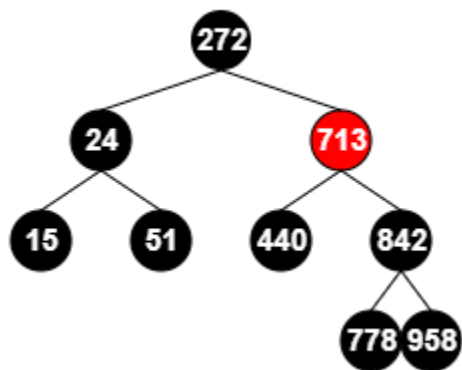
www.0voice.com

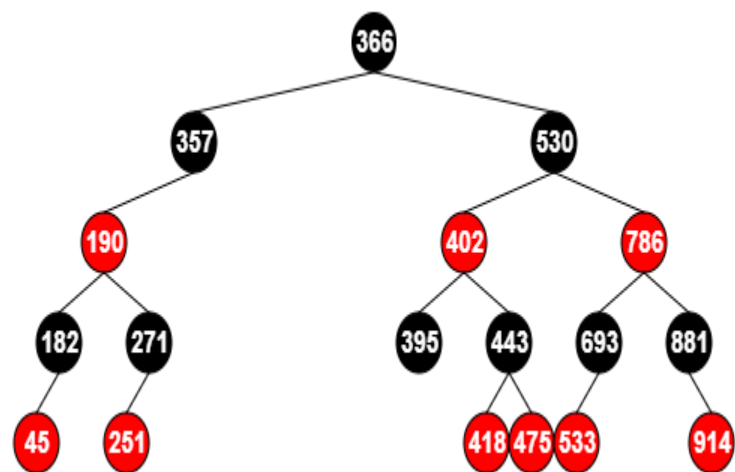
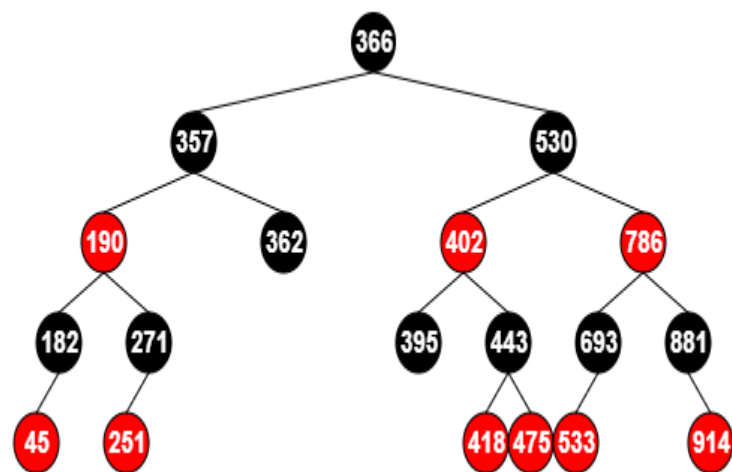
一切只为渴望更优秀的你!



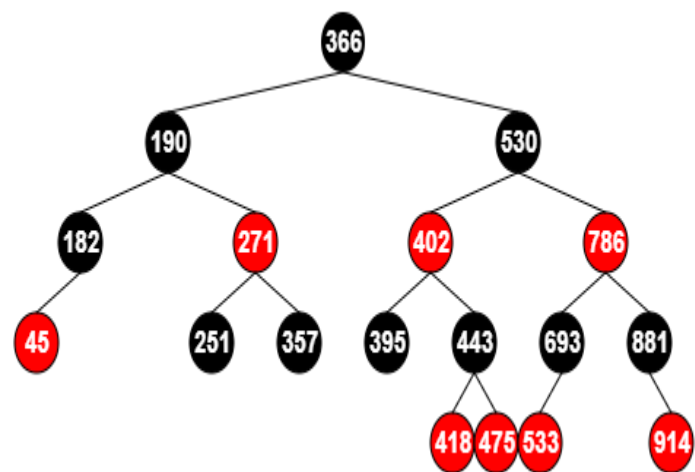
情况 3

情况4

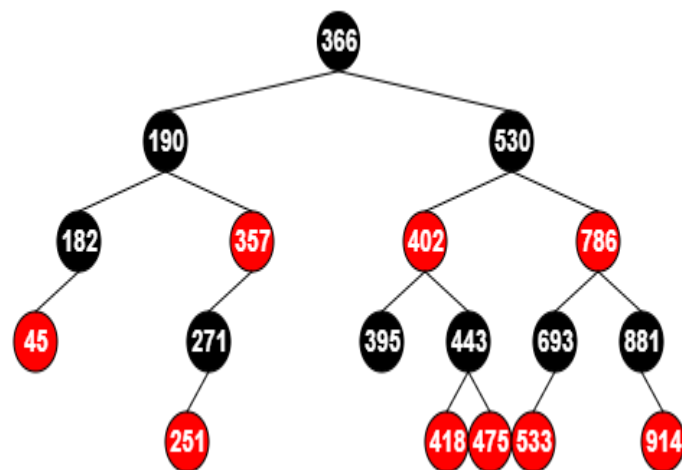
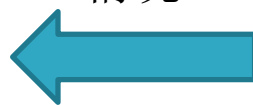




情况2



情况3





红黑树结点删除



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

King老师  
Coding.....



## 课后思考题与实践



零声学院

[www.0voice.com](http://www.0voice.com)

一切只为渴望更优秀的你!

从开源项目中，总结三个用到红黑树的地方。并分析如何实现的？