

# 数据结构大作业报告

## 红黑树

姚皓天  
(2013011515)

2014 年 12 月

## 基本原理

概述

原理

界面

操作说明

## 程序设计

概要设计

详细设计

Student 类

RBTree 类

HashTable 类

## 设计心得

收获

特色

附：红黑树高度的证明

## 概述

本程序是由 Microsoft Visual Studio 2012 创建，目标框架为 .NET Framework 4.5。程序实现了红黑树数据结构的可视化，实现了对学生成绩信息的输入输出以及检索的功能。此外，实现了 Hash 表，用于管理学生的姓名和学号数据。

## 原理

首先实现了将学生封装为 Student 类，接着封装为 Node 类，并在基础上创建红黑树，RBTree 类。接着创建了 HashTable<T> 模板，实现了 Hash 表的功能。最后，在 .NET 框架下，完成图形界面的部署。

# 界面

基本原理

概述  
原理  
界面  
操作说明

程序设计

概要设计  
详细设计  
Student 类  
RBTree 类  
HashTable 类

设计心得

收获  
特色

附：红黑树高度的证明

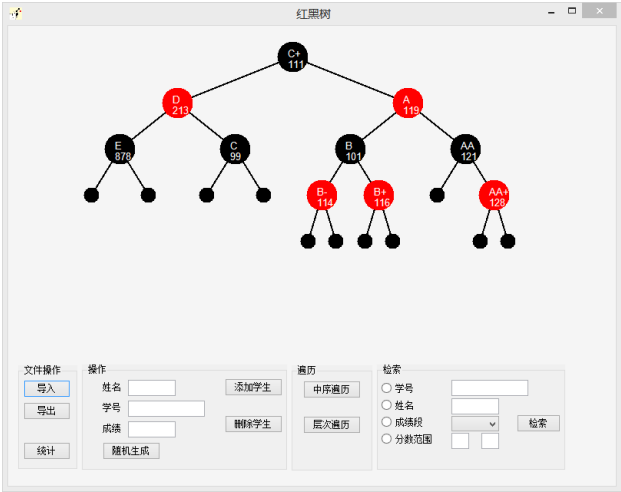


Figure: 界面

# 操作说明

## 基本原理

概述

原理

界面

操作说明

## 程序设计

概要设计

详细设计

Student 类

RBTree 类

HashTable 类

## 设计心得

收获

特色

附：红黑树高度的证明

**文件操作** 导入，导出按钮，可以从文本文件导入数据，或者导出到文本文件。统计信息按键可以显示实时的统计信息。

**添加删除** 输入学生的信息，就可以添加学生的信息，同时，上方的界面将同步绘制响应的红黑树可视化界面。输入学生的学号，就可以删除对应的学生。

**可视化** 点击节点，可以在弹出的对话框中查看节点的信息，同时在对话框中选中的条目信息可以回填到主界面中。

**遍历** 可以实现中序遍历和层次遍历两种方式的遍历。

**检索** 可以选择通过，姓名，学号，成绩段和分数区间四种不同的方式来检索学生成绩信息。

## 概要设计

首先实现了将学生封装为 Student 类，接着封装为 Node 类，并在基础上创建红黑树，RBTree 类。接着创建了 HashTable<T> 模板，实现了 Hash 表的功能。最后，在.NET 框架下，完成图形界面的部署。

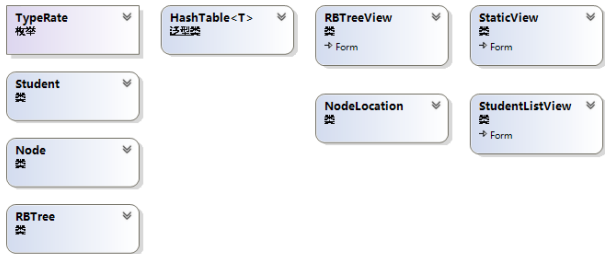


Figure: 类图

## 基本原理

概述  
原理  
界面  
操作说明

## 程序设计

概要设计  
详细设计  
**Student 类**  
RBTree 类  
HashTable 类

## 设计心得

收获  
特色

附：红黑树高度的证明

# Student 类

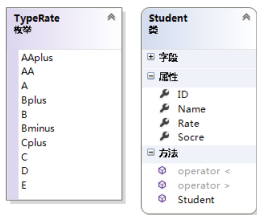


Figure: Student 类

枚举型 TypeRate 描述成绩段。

Student 类封装了学生的属性，并重载了 operator< 和 opeartor > 通过分数段来实现对学生的比较，便于在红黑树中进行操作。

# RBTree 类

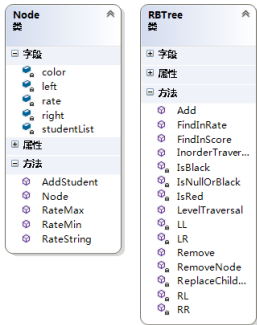


Figure: 红黑树的实现

**Node** 为红黑树中的每一个节点，包含的字段有颜色，关键码，左右子树，以及一个线性表用于保存数据。

**RBTree** 实现了红黑树的插入，删除，查找，遍历等方法。其中树的旋转，换底作为私有方法，用于红黑树的维护。

## 基本原理

概述  
原理  
界面  
操作说明

## 程序设计

概要设计  
详细设计  
Student 类  
RBTree 类  
HashTable 类

## 设计心得

收获  
特色

附：红黑树高度的证明



Figure: HashTable 的实现

HashTable 用泛型编写，实现添加，删除以及查找的功能。  
Hash 函数的实现，查找匹配的方法使用委托编写，在实例化时实现。



# 设计心得

## 收获

这次大作业抛弃了年代久远的 MFC 框架，在全新的 .NET Framework 4.5 框架下完成了此处程序的编写。主要收获是熟悉了 .NET Framework 以及编程语言 C#。

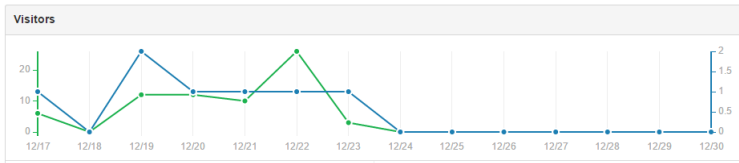
## 特色

- 程序界面简洁。
- 文本输入正则匹配：

```
Regex regex = new Regex(@"^[\\dXst]+\\z");  
if (!regex.IsMatch(id))  
{  
    throw(new Exception("ID输入不正确"));  
}
```

# 版本库

<https://github.com/yht1995/RBTree.git>



## 附：红黑树高度的证明

求证：包含  $n$  个内部节点的红黑树的高度是  $O(\log(n))$ 。

定义： $h(v)$  = 以节点  $v$  为根的子树的高度。 $bh(v)$  = 从  $v$  到子树中任何叶子的黑色节点的数目 (如果  $v$  是黑色则不计数它)(也叫做黑色高度)。

引理：以节点  $v$  为根的子树有至少  $2^{bh(v)}-1$  个内部节点。

归纳基础： $h(v) = 0$  时， $bh(v) = 0$ ，没有内部节点， $2^0 - 1 = 0$ ，结论成立。

归纳假设：若  $h(v) = k$  的  $v$  有  $2^{bh(v)}-1$  个内部节点，则  $h(v') = k+1$  的  $v'$  有  $2^{bh(v')} - 1$  个内部节点。

因为  $v'$  有  $h(v') > 0$  所以它是个内部节点。同样的它有黑色高度要么是  $bh(v')$  要么是  $bh(v')-1$  的两个儿子。它的内部节点数为

$$2^{bh(v')-1}-1 + 2^{bh(v')-1}-1 + 1 = 2^{bh(v')} - 1$$

结论证明：因为在从根到叶子的任何路径上至少有一半的节点是黑色 (根据红黑树属性 4)，根的黑色高度至少是  $h(root)/2$ 。通过引理我们得到：

$$n \geq 2^{\frac{h(root)}{2}} - 1 \Leftrightarrow \log(n+1) \geq \frac{h(root)}{2} \Leftrightarrow h(root) \leq 2\log(n+1)$$