

实验三、二叉树的运算

1. 问题的描述

(1) 设计目标

本实验旨在设计和实现一个二叉树管理系统，该系统能够完成以下功能：1.创建二叉树：通过用户输入的前序遍历序列创建二叉树。2.遍历二叉树：提供先序、中序、后序和层序遍历二叉树的功能。3.计算二叉树的属性：包括计算节点数、叶子数、树的高度和树的宽度。4.处理二叉树：包括复制二叉树和销毁二叉树。。

(2) 输入数据

输入数据可以分为两部分。第一是用户使用数组记录多个二叉树的根节点，并通过菜单选择操作类型。第二是用户通过前序序列输入二叉树，其中，子树为空用#表示，用户输入的前序序列直接一口气输入一个字符串即可。

(3) 输出结果

输出结果包括二叉树的遍历结果；二叉树的节点数、叶子数、高度和宽度；复制后的二叉树；销毁二叉树后的状态。这些都会显示在屏幕上，如果树为空，则遍历显示结果为空，节点数、叶子数、高度和宽度都是 0。

2. 算法的描述

(1) 数据结构的描述

✓ 逻辑结构和存储结构

总的来说，本程序建立了一个容量为 10 的头指针数组 Forests[]，该数组存放二叉树的头指针。而二叉树的存储结构则是通过 data 域存放二叉树的值，通过 lchild 和 rchild 指针域分别存放指向其左子树和右子树的指针。二叉树的逻辑结构是树形结构，每个节点最多有两个子节点。

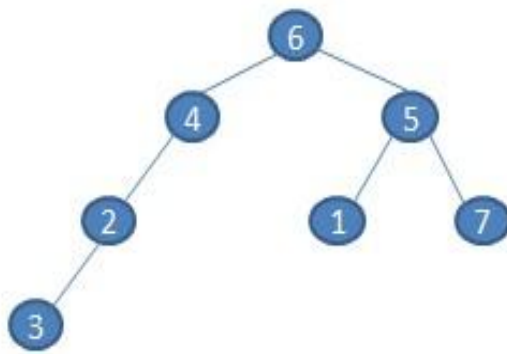
✓ 存储类型定义

首先定义一个结构体 BiTNode 表示二叉树。如下图所示：

```
typedef int TElemType; //二叉树存储的数据类型设置为int
typedef struct BiTNode{
    TElemType data;
    struct BiTNode *lchild, *rchild;
}BiTNode, *BiTree;
```

✓ 主要变量和数组的说明

Forests[]: 存储二叉树的头指针数组。BiTree: 指向二叉树的头指针。select: 用户使用的功能。Ikun/jkun: 数组的索引。queue<BiTree> q: 用于层序遍历的辅助队列。二叉树图示如下：



(2) 程序结构的描述

✓ 函数原型、功能和接口的描述

针对用户交互，我设计了一个显示菜单的函数。

showmenu: 功能：能够直接显示功能菜单。接口：不需要传入任何参数，返回值无，在主函数中调用该函数。

AlloSpace: 功能：分配内存并初始化二叉树节点。接口：参数为 `BiTree &T`，返回值无，在主函数中调用该函数。

针对运算器要执行的四个功能，我分别设定了以下函数。

CreateBitree: 功能：通过用户输入的前序遍历序列创建二叉树。接口：参数为 `BiTree &T`，返回值无，在主函数中调用该函数。

TravBitree: 功能：提供先序、中序、后序和层序遍历二叉树的功能。接口：参数为 `BiTree T`，返回值无，在主函数中调用该函数。

CalcuBitree: 功能：计算节点数、叶子数、树的高度和树的宽度。接口：参数为 `BiTree T`，返回值无，在主函数中调用该函数。

CopyBitree: 功能：复制二叉树。接口：参数为 `BiTree T, BiTree ©`，返回值无，在主函数中调用该函数。

DestroyBitree: 功能：销毁二叉树。接口：参数为 `BiTree T`，返回值无，在主函数中调用该函数。

3. 调试分析

(1) 测试数据及方法

测试数据就是输入不同的二叉树前序序列进行创建、遍历、计算、复制、销毁的过程，观察输出结果是否有问题。

(2) 遇到的问题及解决方法

①发现创建二叉树总是失败。通过调试，发现原因是在写创建二叉树函数时，写 `if (preorder[index] == '#')` 语句时，写的是 `=` 而不是 `==`，导致一直创建不成功，这个错误太经典了。

②在计算宽度时，程序异常崩溃。通过仔细调试，发现在将每一层节点的左右孩子子树加入队列时，由于最初没写 `if(current->lchild)` 这个代码判断语句，导致将空子树也给传进去了，然后又读取他们的孩子，这个是非常可怕的错误，并且会导致野指针的问题，而野指针也是我在这次的实验中极力想避免的，因此我加入了这个判断，避免了该问题，不然在读取

③销毁二叉树时，程序无异常，但是在想要读取销毁的二叉树的数组位置时，程序异常崩溃。经过调试和思索探讨，发现是因为在每次销毁节点时都进行了 `free()` 的调用，也将导致数组位置的指针被 `free`，导致野指针问题的产生，所以再次感叹野指针问题总是会不经意地悄然而至，对你的代码进行降维打击，让人心态一崩。在查阅了 `free()` 函数的本质之后，在 `free()` 之后加入 `T = NULL` 语句，这样再次访问就没问题了。

(1) 时间复杂度

销毁二叉树: $O(n)$, 其中 n 是节点数。

(2) 空间复杂度

销毁二叉树: $O(h)$, 其中 h 是树的高度。

5. 测试结果及分析

(1) 创建二叉树

```
000000000000000000000000000000000000
****0. 退出此系统*****
****1. 创建二叉树*****
****2. 遍历二叉树*****
****3. 二叉树的计算****
****4. 二叉树的处理****
000000000000000000000000000000000000
请输入数字，代表你要执行的功能
1
请输入你要创建的二叉树的索引,最小值为0，最大不超过9
1
请输入先序遍历序列（无节点的用 # 表示）：
6423###51##7##
创建成功
```

(2) 遍历二叉树

前序遍历：输出 6423517，程序显示结果正常。

```

请输入数字，代表你要执行的功能
2
请输入你要遍历的二叉树的索引,最小值为0，最大不超过9
1
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
1
6423517

```

中序遍历：输出 3246157，结果显示正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
2
3246157

```

后序遍历：输出 3241756，结果显示正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
3
3241756

```

层序遍历：6452173，结果显示正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
4
6452173

```

输入 0，成功退出该函数。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
0

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
****0. 退出此系统*****
****1. 创建二叉树*****
****2. 遍历二叉树*****
****3. 二叉树的计算****
****4. 二叉树的处理****
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
请输入数字，代表你要执行的功能

```

(3) 计算二叉树

计算结点数：7，程序显示结果正常。

```

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
****0. 退出此系统*****
****1. 创建二叉树*****
****2. 遍历二叉树*****
****3. 二叉树的计算****
****4. 二叉树的处理****
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
请输入数字，代表你要执行的功能
3
请输入你要计算的二叉树的索引, 最小值为0, 最大不超过9
1
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
1
结点个数为：7
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****

```

计算叶子数：3，程序显示结果正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
2
叶子数量为：3

```

计算高度：4，程序显示结果正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
3
树高度为：4

```

计算宽度：3，程序显示结果正常。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
4
数的宽度为：3

```

输入 0，该函数正常退出。

```

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
0

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
****0. 退出此系统*****
****1. 创建二叉树*****
****2. 遍历二叉树*****
****3. 二叉树的计算****
****4. 二叉树的处理****
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
请输入数字，代表你要执行的功能

```

(4) 处理二叉树

复制二叉树，程序运行正常。


```

000000000000000000000000000000000000
*****0. 退出此系统*****
*****1. 创建二叉树*****
*****2. 遍历二叉树*****
*****3. 二叉树的计算*****
*****4. 二叉树的处理*****
000000000000000000000000000000000000
请输入数字，代表你要执行的功能
1
请输入你要创建的二叉树的索引,最小值为0，最大不超过9
0
请输入先序遍历序列（无节点的用 # 表示）：
#
创建成功

000000000000000000000000000000000000
*****0. 退出此系统*****
*****1. 创建二叉树*****
*****2. 遍历二叉树*****
*****3. 二叉树的计算*****
*****4. 二叉树的处理*****
000000000000000000000000000000000000
请输入数字，代表你要执行的功能

```

遍历该空二叉树，程序显示为空，正常。

4

计算该二叉树，结果显示都为 0，程序正常。

处理该二叉树，程序正常运行。


```

**** 1. 创建二叉树 ****
**** 2. 遍历二叉树 ****
**** 3. 二叉树的计算 ****
**** 4. 二叉树的处理 ****
@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
请输入数字，代表你要执行的功能
2
请输入你要遍历的二叉树的索引,最小值为0，最大不超过9
9

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
1

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
2

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
3

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****
*****3. 后序遍历*****
*****4. 层序遍历*****
4

请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出遍历*****
*****1. 先序遍历*****
*****2. 中序遍历*****

```



```

000000000000000000000000000000000000
*****0. 退出此系统*****
*****1. 创建二叉树*****
*****2. 遍历二叉树*****
*****3. 二叉树的计算*****
*****4. 二叉树的处理*****
000000000000000000000000000000000000
请输入数字，代表你要执行的功能
3
请输入你要计算的二叉树的索引,最小值为0，最大不超过9
9
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
1
结点个数为：0
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
2
叶子数量为：0
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
3
树高度为：0
请输入一个数字代表你将以什么形式遍历二叉树
*****0. 退出计算函数*****
*****1. 计算结点数*****
*****2. 计算叶子数*****
*****3. 计算高度*****
*****4. 计算宽度*****
4
数的宽度为：0

```