数据结构实验报告——实验八

学号：__20201060330__姓名：___胡诚皓___得分：_____

一、实验目的

1. 复习二叉树的逻辑结构、存储结构及基本操作；
2. 掌握顺序存储结构下二叉树的创建、遍历；
3. 掌握二叉链表及二叉树的基本操作；
4. 了解二叉树的应用。

二、实验内容

1. （必做题）链二叉树的基本实现

假设二叉树中数据元素类型是字符型，请采用二叉链表实现二叉树的以下基本操作：

(1) 根据二叉树的先序序列和中序序列构造二叉树；

(2) 根据先序遍历二叉树；

(3) 根据中序遍历二叉树；

(4) 根据后序遍历二叉树；

(5) 计算二叉树的叶子数目；

(6) 计算二叉树的深度。

测试数据包括如下错误数据：

先序：1234；中序：12345

先序：1234；中序：1245

先序：1234；中序：4231

2. （选做题）main 函数的完善与补充

请根据给定 main 函数，补充完善相关数据结构和功能函数，使主程序能顺利运行。

3. （选做题）哈夫曼树构造

给定 n 个权值，请构造它们的最优二叉树（赫夫曼树）。

三、数据结构及算法描述

1. （必做题）链二叉树的基本实现

数据结构

链二叉树的树结点定义与之前相同，此处 TElemType 以 char 类型为例，BiTNode 中的 data 作为结点的数据域，lchild、rchild 分别作为左右指针域。此外，宏定义了最大结点数 MAX_NODE 为 100。

在主函数中，用 pre[MAX_NODE]存储输入的前序序列、in[MAX_NODE]存储输入的中序序列用于二叉树的构造，BiTNode 类型的 root 作为根结点。

算法描述

Status constructByPreAndIn(BiTree root, const TElemType *preOrder, int cur, const TElemType *inOrder, int in_start, int in_end)

以 root 为根结点，preOrder 的第 cur 个开始为当前前序序列，inOrder 的 in_start 到 in_end 为当前中序序列

①将当前前序序列的第一个值即为当前根结点元素的数据域值

②找到当前根结点值在中序序列中的下标以判断其左右子树中的结点

③根据找到的下标，将当前中序序列分为左右两个部分，用左边部分的递归构建左子树，右边部分的递归构建右子树

void preTraverse(BiTNode root)

①用 printf 访问当前根结点

②若当前根结点有左子树，以左子结点为根结点递归遍历

③若当前根结点有右子树，以右子结点为根结点递归遍历

void inTraverse(BiTNode root)

①若当前根结点有左子树，以左子结点为根结点递归遍历

②用 printf 访问当前根结点

③若当前根结点有右子树，以右子结点为根结点递归遍历

void postTraverse(BiTNode root)

①若当前根结点有左子树，以左子结点为根结点递归遍历

②若当前根结点有右子树，以右子结点为根结点递归遍历

③用 printf 访问当前根结点

int countLeaf(BiTNode root)

①初始化局部变量 res 为 0

②若当前根结点是叶结点，res+1

③若当前根结点有左子树，以左子结点为根结点递归计数并加到 res 中

④若当前根结点有右子树，以右子结点为根结点递归计数并加到 res 中

int countDepth(BiTree root)

①初始化左子树深度 leftDepth、右子树深度 rightDepth 都为 0

②若当前结点为空结点，返回 0，否则到③

③分别计算左右子树的深度，并返回较深的子树的深度+1

2. （选做题）main 函数的完善与补充

数据结构

二叉树结点的数据类型定义为 CBTType，其中数据域 data 为 DATA 类型，left、right 为指向左右子树的指针域。为了进行层序遍历，定义了队列中元素的类型 QElemType 为指向 CBTType 的指针。

此处使用链队列，定义链表的结点 QNode，其中 pt 为 QElemType 类型的数据域，next 为指针域；定义链队列 queuePtr，head 为链表的头结点，即 head->next 才是队列的第一个元素，rear 指向队列尾。

此题中空结点用空字符表示。

算法描述

CBTType *InitTree()
用于初始化一个二叉树的根结点，并返回指向这个新创建的根结点的指针

void AddTreeNode(CBTType *treeNode)
在以 treeNode 为根结点的树中加入结点
①跳过回车符读取要插入结点数据域的值为 chr
②若以 treeNode 为根结点的树为空树，直接把 chr 赋值给 treeNode 即可；否则，调用 InsertNode 往树中插入结点

Status InsertNode(CBTType *treeNode, DATA ch)
此函数递归地向以 treeNode 为根结点的二叉树中插入结点且尽量使得该树平衡
①调用 TreeDepth（与上题算法相同）获取左右子树的深度 leftDepth 与 rightDepth
②若左子树为空，则初始化新结点并作为当前根结点 treeNode 的左子结点；若右子树为空，则作为 treeNode 的右子结点；若左右子树都不为空，转到③
③根据 leftDepth 与 rightDepth，递归地将新结点插入深度较小的子树

Status Enqueue(queuePtr q, QElemType elem)
Status Dequeue(queuePtr q, QElemType *out)
Status Emptyqueue(queuePtr q)
这三个队列基本操作的函数算法与之前均相同，不再赘述

int TreeDepth(CBTType *root)
与上题中 countDepth 函数算法相同

Status TreeIsEmpty(CBTType *treeNode)
根据 treeNode 的数据域是否为空字符来判断是否为空树

void TreeNodeData(CBTType *p)
输出 p 指向结点的数据域

void delete(CBTType *node)
使用 free 将 node 指向的树结点的空间释放

void DLRTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p))
void LDRTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p))
void LRDTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p))
前中后序遍历，与上题中算法思路相同

void LevelTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p))
①初始化层序遍历要使用的列表，即申请并初始化链队列的头结点
②将当前根结点 treeNode 入队
③判断队列是否为空，若队列为空，直接退出函数
④出队一个结点存在 tmp 中，若 tmp 的左子树不为空，将 tmp 的左子结点入队；若 tmp 的右子树不为空，将 tmp 的右子结点入队

CBTType *TreeFindNode(CBTType *treeNode, DATA data)
①初始化 pointer 作为指向树结点的临时变量
②若当前根结点*treeNode 的值与 data 相同，直接返回 treeNode；否则转到③
③若左子树不为空，则在左子树中递归寻找，将寻找结果存在 pointer 中，找到则直接返回查找结果，否则转到④
④若右子树不为空，则在右子树中递归寻找，将寻找结果存在 pointer 中，找到则直接返回查找结果，否则转到⑤
⑤返回 NULL

void ClearTree(CBTType *treeNode)
调用后序遍历 LRDTree，并把 delete 作为操作函数，达到清除整棵树的目的

CBTType *TreeLeftNode(CBTType *treeNode)
CBTType *TreeRightNode(CBTType *treeNode)
分别返回指向当前结点 treeNode 的左、右结点的指针

3. （选做题）哈夫曼树构造

数据结构

二叉树结点定义为 BiTNode，其中 TElemType 类型（此题中宏定义为 int）的 data 作为数据域，lchild、rchild 分别作为指向左、右结点的指针。

由于纯 C 中没有 STL 模板库，因此手写小顶堆作为存储优先队列的结构。小顶堆中的各元素为指向二叉树中结点的指针。最后以输出先序序列与中序序列的形式来输出二叉树。

算法描述

void downAdjust(BiTNode* heap[], int start, int end)

在堆 heap 的[start,end]区间内向下调整结点，以 start 位置的结点作为调整的起点

①初始化局部变量，target 始终为正在调整的结点，min_child 保持指向 target 的较小子结点

②若 min_child 未超出范围，则选出 target 左右结点中较小的，用 min_child 存储其下标；否则退出循环

③若当前调整的结点比较小子结点的值大，交换之并更新 target 与 min_child，转到②；否则退出循环

void upAdjust(BiTNode* heap[], int start, int end)

在堆 heap 的[start,end]区间内向上调整结点，以 end 位置的结点作为调整的起点

①初始化局部变量，target 始终为正在调整的结点，father 指向 target 的父结点

②若 father 未超出范围，且 target 比父结点 father 小，交换之并更新 target 与 father，反复执行

void swap(BiTNode* *a, BiTNode* *b)

交换辅助函数，交换指针 a 和 b

void createHeap(int n, BiTNode* heap[])

根据完全二叉树与堆的性质，从 n/2 开始从后往前倒着往前做添加结点的操作

BiTNode* deleteTop(int *n, BiTNode* heap[])

弹出小顶堆堆顶元素并返回。交换堆中第一个和最后一个元素，将堆元素个数-1，再将交换上来的堆顶向下调整。

void insertElem(BiTNode* newNode, BiTNode* heap[], int *n)

在长度为 n 的结点指针数组 heap 中插入新结点的指针 newNode。将堆元素个数+1，新元素放在堆的最后，再将此结点向上调整

void displayData(BiTNode *node)

根据指向结点的指针 node 输出其数据域

void DLRTree(BiTNode *treeNode, void TreeNodeData(BiTNode *))

void LDRTree(BiTNode *treeNode, void TreeNodeData(BiTNode *))

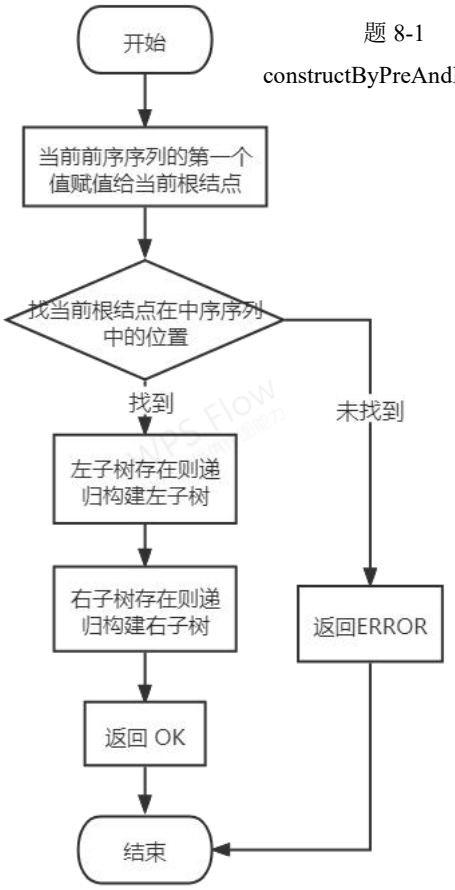
前序和中序遍历，与上题中的算法相同

四、详细设计

1. （必做题）链二叉树的基本实现

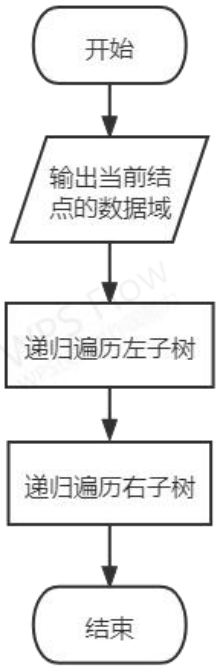
题 8-1

constructByPreAndIn 函数



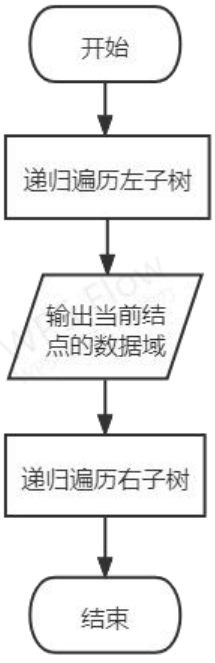
题 8-1

preTraverse 函数

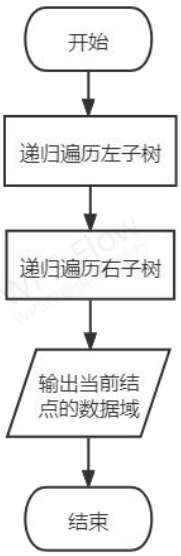


题 8-1

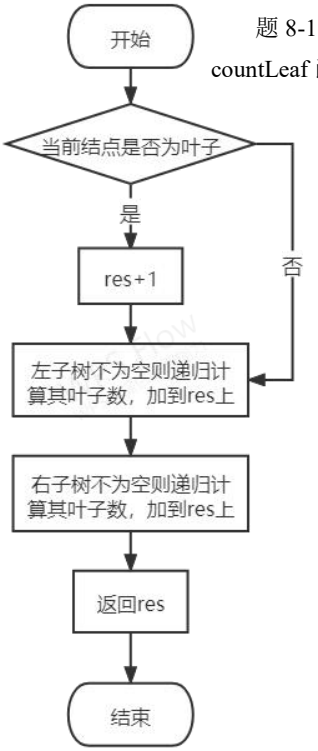
inTraverse 函数



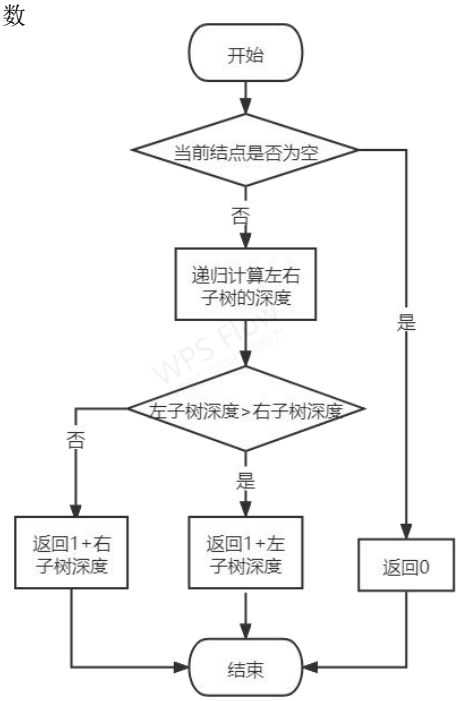
题 8-1
inTraverse 函数



题 8-1
countLeaf 函数

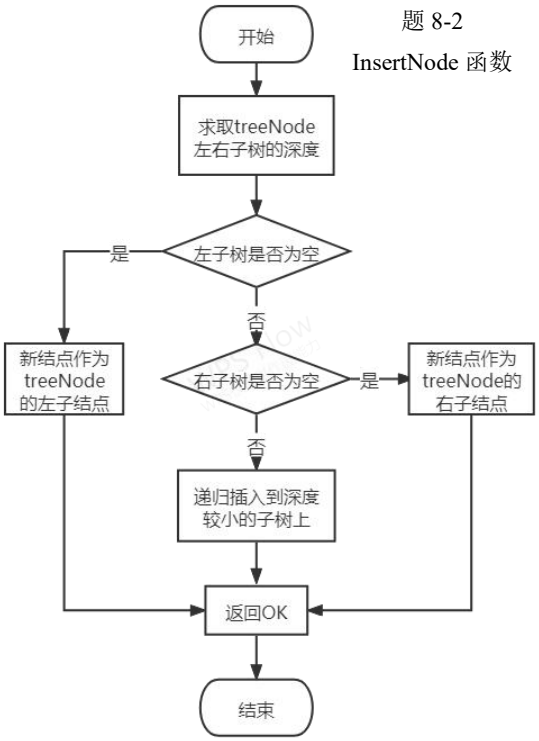


题 8-1
countDepth 函数

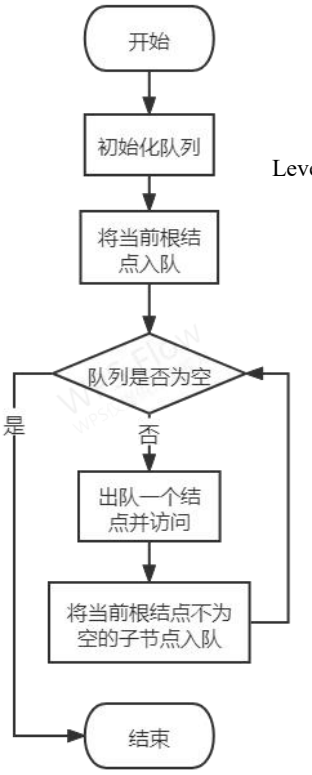


2. （选做题）main 函数的完善与补充

题 8-2
InsertNode 函数

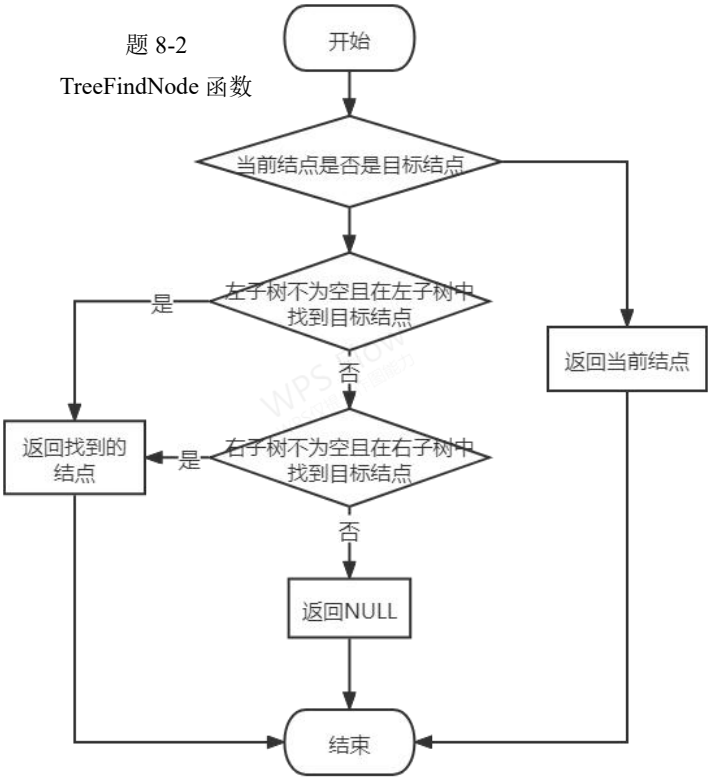


题 8-2
LevelTree 函数



题 8-2

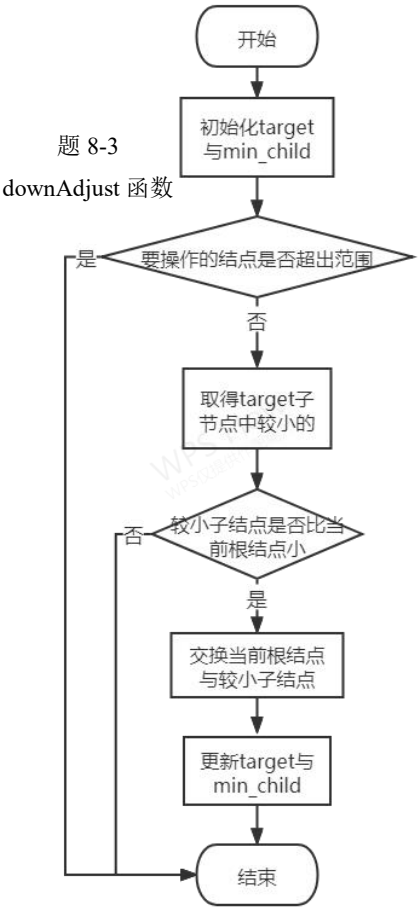
TreeFindNode 函数



3. （选做题）哈夫曼树构造

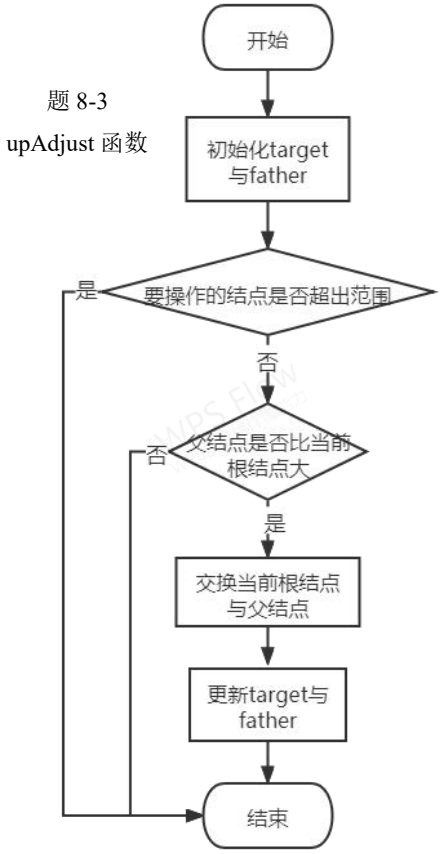
题 8-3

downAdjust 函数



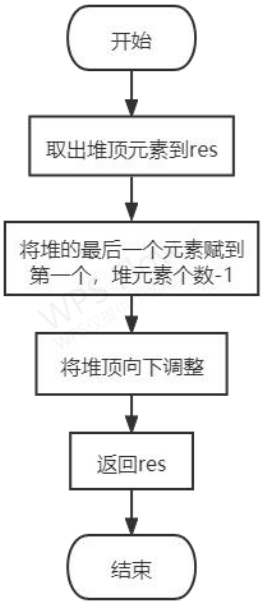
题 8-3

upAdjust 函数



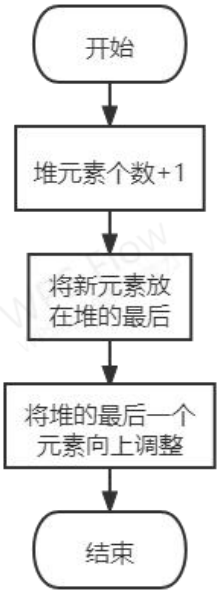
题 8-3

deleteTop 函数



题 8-3

insertElem 函数



五、程序代码

1. （必做题）链二叉树的基本实现

8-1.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

#define Status int
#define TElemType char
#define OK 1
#define ERROR 0
#define MAX_NODE 100

typedef struct BiTNode {
    TElemType data;
    struct BiTNode *lchild, *rchild;
} BiTNode, *BiTree;

Status constructByPreAndIn(BiTree, const TElemType *, int, const TElemType *, int, int);

void preTraverse(BiTNode root);
void inTraverse(BiTNode root);
void postTraverse(BiTNode root);
```

```
int countLeaf(BiTNode root);
int countDepth(BiTree root);


int main() {
    TElemType pre[MAX_NODE];
    TElemType in[MAX_NODE];
    BiTNode root;

    memset(pre, '\0', sizeof(pre));
    memset(in, '\0', sizeof(in));
    printf("输入前序序列：\n");
    gets(pre);
    printf("输入中序序列：\n");
    gets(in);

    if (strlen(pre) != strlen(in)) {
        printf("错误！两个序列的结点个数不同");
        return 0;
    }


    if (constructByPreAndIn(&root, pre, 0, in, 0, (int) strlen(pre)-1) == ERROR) {
        printf("错误！这两个序列无法构造出二叉树");
        return 0;
    }

    printf("先序遍历：");
    preTraverse(root);
    printf("\n");

    printf("中序遍历：");
    inTraverse(root);
    printf("\n");

    printf("后序遍历：");
    postTraverse(root);
    printf("\n");

    printf("叶子数目为：%d\n", countLeaf(root));
    printf("深度为：%d\n", countDepth(&root));

    system("pause");
```

```
    return 0;
}

//中序区间为[in_start, in_end]
Status constructByPreAndIn(BiTree root, const TElemType *preOrder, int cur, const
TElemType *inOrder, int in_start,
                           int in_end) {
    //当前前序序列的开始第一个即为当前根结点元素
    root->data = preOrder[cur];

    BiTNode *tmp;

    int i;
    //在中序序列中找当前根结点
    for (i = in_start; i <= in_end; i++) {
        if (inOrder[i] == preOrder[cur])
            break;
    }
    //找不到结点，说明序列有错误
    if (i == in_end+1)
        return ERROR;
    //构建左子树（前提是左子树有结点）
    if (i - in_start > 0) {
        tmp = (BiTNode *) malloc(sizeof(BiTNode));
        tmp->lchild = tmp->rchild = NULL;
        root->lchild = tmp;
        if (constructByPreAndIn(root->lchild, preOrder, cur + 1, inOrder, in_start, i
- 1) == ERROR)
            return ERROR;
    }
    //构建右子树（前提是右子树有结点）
    if (in_end - i > 0) {
        tmp = (BiTNode *) malloc(sizeof(BiTNode));
        tmp->lchild = tmp->rchild = NULL;
        root->rchild = tmp;
        if (constructByPreAndIn(root->rchild, preOrder, cur + i - in_start + 1, inOrder,
i + 1, in_end) == ERROR)
            return ERROR;
    }
    return OK;
}

void preTraverse(BiTNode root) {
    printf("%c ", root.data);
```

```
    if (root.lchild != NULL)
        preTraverse(*root.lchild);
    if (root.rchild != NULL)
        preTraverse(*root.rchild);
}

void inTraverse(BiTNode root) {
    if (root.lchild != NULL)
        inTraverse(*root.lchild);
    printf("%c ", root.data);
    if (root.rchild != NULL)
        inTraverse(*root.rchild);
}

void postTraverse(BiTNode root) {
    if (root.lchild != NULL)
        postTraverse(*root.lchild);
    if (root.rchild != NULL)
        postTraverse(*root.rchild);
    printf("%c ", root.data);
}

int countLeaf(BiTNode root) {
    int res = 0;
    if (root.lchild == NULL && root.rchild == NULL)
        res++;
    if (root.lchild != NULL)
        res += countLeaf(*root.lchild);
    if (root.rchild != NULL)
        res += countLeaf(*root.rchild);

    return res;
}

int countDepth(BiTree root) {
    int leftDepth = 0, rightDepth = 0;
    if (root == NULL)
        return 0;
    else {
        leftDepth = countDepth(root->lchild);
        rightDepth = countDepth(root->rchild);
        return 1 + (leftDepth > rightDepth ? leftDepth : rightDepth);
    }
}
```

2. （选做题）main 函数的完善与补充

8-2.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define Status int
#define OK 1
#define ERROR 0

//定义数据元素类型
typedef char DATA;

// 定义二叉树结点类型
typedef struct CBT{
    DATA data;//结点数据
    struct CBT *left;//左子树指针
    struct CBT *right;//右子树指针
} CBTType;

typedef CBTType* QElemType;

typedef struct QNode{
    QElemType pt;
    struct QNode *next;
} QNode;

typedef struct LinkQueue {
    QNode *head, *rear;
} *queuePtr;

/* 实现二叉树基本操作：
 * 1. 初始化二叉树、查找结点、添加结点
 * 2. 获取左子树、获取右子树、显示结点数据
 * 3. 计算二叉树深度、清空二叉树、判断空树
 * 4. 遍历二叉树（按层、先序、中序、后序）
 */

/* 初始化二叉树，即返回一个空结点 */
CBTType *InitTree();
/* 查找数据域为 data 的结点 */
CBTType *TreeFindNode(CBTType *treeNode, DATA data);
/* 在二叉树中添加结点的操作 */
```

```
void AddTreeNode(CBTType *treeNode);
Status InsertNode(CBTType *root, DATA ch);

/* 获取左子树 */
CBTType *TreeLeftNode(CBTType *treeNode);
/* 获取右子树 */
CBTType *TreeRightNode(CBTType *treeNode);
/* 输出 p 所指结点的数据域 */
void TreeNodeData(CBTType *p);

/* 计算二叉树的深度 */
int TreeDepth(CBTType *root);
/* 清空二叉树 */
void ClearTree(CBTType *treeNode);
/* 判断是否为空树 */
int TreeIsEmpty(CBTType *treeNode);

/* 队列基本操作 */
Status Enqueue(queuePtr, QElemType);
Status Dequeue(queuePtr, QElemType *);
Status Emptyqueue(queuePtr q);

/* 分别为先序、中序、后序、层序遍历 */
void DLRTree(CBTType *treeNode, void(*TreeNodeData)(CBTType *p));
void LDRTree(CBTType *treeNode, void(*TreeNodeData)(CBTType *p));
void LRDTree(CBTType *treeNode, void(*TreeNodeData)(CBTType *p));
void LevelTree(CBTType *treeNode, void(*TreeNodeData)(CBTType *p));

int main() {
    CBTType *root = NULL;//定义 root 为指向根结点的指针
    CBTType *tmp;
    DATA ch;
    char menuSel;
    void (*Visit)();//指向函数的指针
    Visit = TreeNodeData;//指向具体函数

    root = InitTree();//初始化二叉树

    //添加结点
    do {
        printf("请选择菜单添加二叉树结点\n");
        printf("0.退出\t");
        printf("1.添加结点\n");
        while ((menuSel = (char) getchar())=='\n' || menuSel == '\r');
```

```
    switch (menuSel) {
        case '1':
            AddTreeNode(root);
            break;
        case '0':
            break;
        default:;
    }
} while (menuSel != '0');

//遍历二叉树
do {
    printf("请选择菜单遍历二叉树，输入 0 退出\n");
    printf("1.DLR 先序遍历\n");
    printf("2.LDR 中序遍历\n");
    printf("3.LRD 后序遍历\n");
    printf("4.按层遍历\n");
    while ((menuSel = (char) getchar())=='\n' || menuSel == '\r');
    switch (menuSel) {
        case '0':
            break;
        case '1':
            printf("\n 先序遍历二叉树结果为：");
            DLRTree(root, Visit);
            printf("\n");
            break;
        case '2':
            printf("\n 中序遍历二叉树结果为：");
            LDRTree(root, Visit);
            printf("\n");
            break;
        case '3':
            printf("\n 后序遍历二叉树结果为：");
            LRDTree(root, Visit);
            printf("\n");
            break;
        case '4':
            printf("\n 按层遍历二叉树结果为：");
            LevelTree(root, Visit);
            printf("\n");
            break;
        default:;
    }
} while (menuSel != '0');
```

```
    printf("请输入要查找的数据：\n");
    while ((ch = (char) getchar())=='\n' || ch == '\r');
    tmp = TreeFindNode(root, ch);
    if (tmp != NULL)
        printf("二叉树中存在'%c'", tmp->data);
    else
        printf("二叉树中不存在'%c'", ch);


    printf("\n 二叉树深度为：%d\n", TreeDepth(root));

    ClearTree(root);
    root = NULL;

    system("pause");

    return 0;
}

void TreeNodeData(CBTType *p) {
    printf("%c ", p->data);
}

CBTType *InitTree() {
    CBTType *tmp = malloc(sizeof(CBTType));
    tmp->data = '\0';
    tmp->left = tmp->right = NULL;
    return tmp;
}

void AddTreeNode(CBTType *treeNode) {
    DATA chr;
    printf("插入结点，请输入要插入的结点值（单个字符）：\n");
    while ((chr = (char) getchar()) == '\n' || chr == '\r');
    //特殊处理第一次插入的结点（作为根结点的值）
    if (TreeIsEmpty(treeNode))
        treeNode->data = chr;
    else
        InsertNode(treeNode, chr);
}

Status InsertNode(CBTType *treeNode, DATA ch) {
    int leftDepth= TreeDepth(treeNode->left);
```

```
    int rightDepth = TreeDepth(treeNode->right);
    //用于指向新创建的空结点
    CBTType *newNode;

    //左/右子树为空，直接插入
    if (leftDepth == 0) {
        newNode = (CBTType *) malloc(sizeof(CBTType));
        newNode->left = newNode->right = NULL;
        newNode->data = ch;
        treeNode->left = newNode;
    } else if (rightDepth == 0) {
        newNode = (CBTType *) malloc(sizeof(CBTType));
        newNode->left = newNode->right = NULL;
        newNode->data = ch;
        treeNode->right = newNode;
    } else {
        //左右子树都不为空，插在深度较小的子树上，使二叉树尽量平衡
        if (leftDepth <= rightDepth) {
            InsertNode(treeNode->left, ch);
        } else {
            InsertNode(treeNode->right, ch);
        }
    }

    return OK;
}

Status Enqueue(queuePtr q, QElemType elem) {
    QNode* tmp = (QNode *) malloc(sizeof(QNode));
    if (tmp == NULL)
        return ERROR;
    tmp->pt = elem;
    tmp->next = NULL;

    q->rear->next = tmp;
    q->rear = tmp;
    return OK;
}

Status Dequeue(queuePtr q, QElemType *out) {
    if (Emptyqueue(q) == OK)
        return ERROR;
    QNode *tmp=q->head->next;
    *out = q->head->next->pt;
```

```
    q->head->next = tmp->next;
    //由于队列是有头结点的，对出队后变为空队列的情况做特殊处理
    if (q->head->next == NULL)
        q->rear = q->head;
    free(tmp);

    return OK;
}

Status Emptyqueue(queuePtr q) {
    if (q->head->next == NULL)
        return OK;
    return ERROR;
}

int TreeDepth(CBTType *root) {
    int leftDepth = 0, rightDepth = 0;
    if (root == NULL)
        return 0;
    else {
        leftDepth = TreeDepth(root->left);
        rightDepth = TreeDepth(root->right);
        return 1 + (leftDepth > rightDepth ? leftDepth : rightDepth);
    }
}

Status TreeIsEmpty(CBTType *treeNode) {
    if (treeNode->data == '\0')
        return OK;
    else
        return ERROR;
}

void DLRTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p)) {
    //访问当前根结点
    TreeNodeData(treeNode);
    //左子树不为空，则遍历左子树
    if (treeNode->left != NULL)
        DLRTree(treeNode->left, TreeNodeData);
    //右子树不为空，则遍历右子树
    if (treeNode->right != NULL)
        DLRTree(treeNode->right, TreeNodeData);
}
```

```
void LDRTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p)) {
    //左子树不为空，则遍历左子树
    if (treeNode->left != NULL)
        LDRTree(treeNode->left, TreeNodeData);
    //访问当前根结点
    TreeNodeData(treeNode);
    //右子树不为空，则遍历右子树
    if (treeNode->right != NULL)
        LDRTree(treeNode->right, TreeNodeData);
}

void LRDTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p)) {
    //左子树不为空，则遍历左子树
    if (treeNode->left != NULL)
        LRDTree(treeNode->left, TreeNodeData);
    //右子树不为空，则遍历右子树
    if (treeNode->right != NULL)
        LRDTree(treeNode->right, TreeNodeData);
    //访问当前根结点
    TreeNodeData(treeNode);
}

void LevelTree(CBTType *treeNode, void TreeNodeData(CBTType *p)) {
    //初始化层序遍历要使用的队列
    queuePtr queue = (queuePtr) malloc(sizeof(struct LinkQueue));
    queue->rear = queue->head = (QNode *) malloc(sizeof(QNode));
    queue->head->pt = NULL, queue->head->next = NULL;

    QElemType tmp;
    Enqueue(queue, treeNode);

    while (Emptyqueue(queue) != OK) {
        //出队一个元素（指向二叉树中某个结点的指针）
        Dequeue(queue, &tmp);
        TreeNodeData(tmp);//访问当前结点
        //左子树不为空，将左结点入列
        if (tmp->left != NULL)
            Enqueue(queue, tmp->left);
        //右子树不为空，将右结点入列
        if (tmp->right != NULL)
            Enqueue(queue, tmp->right);
    }
}
```

```
CBTType *TreeFindNode(CBTType *treeNode, DATA data) {
    CBTType *pointer=NULL;
    //当前根结点数据域就是 data，直接返回
    if (treeNode->data == data)
        return treeNode;
    else {
        //在左子树中找
        if (treeNode->left != NULL) {
            pointer = TreeFindNode(treeNode->left, data);
            //在左子树中找到了，就直接返回
            if (pointer != NULL)
                return pointer;
        }
        //在右子树中找
        if (treeNode->right != NULL) {
            pointer = TreeFindNode(treeNode->right, data);
            //在右子树中找到了，就直接返回
            if (pointer != NULL)
                return pointer;
        }
    }
    //以上都没有返回，说明当前根结点、左子树、右子树都找不到
    return NULL;
}

void delete(CBTType *node) {
    free(node);
}

void ClearTree(CBTType *treeNode) {
    LRDTree(treeNode, delete);
}

CBTType *TreeLeftNode(CBTType *treeNode) {
    return treeNode->left;
}

CBTType *TreeRightNode(CBTType *treeNode) {
    return treeNode->right;
}
```

3. （选做题）哈夫曼树构造

8-3.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define TElemType int
#define MAX_NODE 200

//二叉树结点
typedef struct BiTNode {
    TElemType data;
    struct BiTNode *lchild, *rchild;
} BiTNode;

/* 堆的操作 */
/* 堆的向下调整 */
void downAdjust(BiTNode* [], int, int);
/* 堆的向上调整 */
void upAdjust(BiTNode* [], int, int);
/* 弹出堆顶的最小结点（的指针） */
BiTNode* deleteTop(int *n, BiTNode* heap[]);
/* 指向结点的指针数组，创建树的结点并创建最小堆 */
void createHeap(int, BiTNode* []);
/* 在最小堆中插入一个新结点（的指针） */
void insertElem(BiTNode* newNode, BiTNode* heap[], int *n);

/* 交换辅助函数，用于在堆中交换两个树结点（的指针） */
void swap(BiTNode* *, BiTNode* *);
/* 输出数据域的辅助函数 */
void displayData(BiTNode *node);

/* 分别为先序、中序遍历，以此唯一确定一棵二叉树 */
void DLRTree(BiTNode *treeNode, void(*TreeNodeData)(BiTNode *p));
void LDRTree(BiTNode *treeNode, void(*TreeNodeData)(BiTNode *p));



/* 由于纯 C 中没有 STL，手打小顶堆以实现优先队列来完成哈夫曼树构建 */
/* 堆是完全二叉树，就使用顺序存储结构（从下标 1 开始）来存储堆 */

int main() {
    int n = 0;
    //使用指针作为最小堆中的元素，即使用指针数组来表示
```

```
    BiTNode* trees[MAX_NODE+1];
    BiTNode *tmp, *min1, *min2;

    printf("请输入数据（总结点）个数\n");
    scanf("%d", &n);
    printf("请输入%d 个数据（空格或回车分隔）\n", n);
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        tmp = malloc(sizeof(BiTNode));
        scanf("%d", &tmp->data);
        tmp->lchild = tmp->rchild = NULL;
        trees[i] = tmp;
    }

    createHeap(n, trees);
    while (n > 1) {
        min1 = deleteTop(&n, trees);
        min2 = deleteTop(&n, trees);
        tmp = (BiTNode *) malloc(sizeof(BiTNode));
        tmp->data = min1->data+min2->data;
        tmp->lchild = min1;
        tmp->rchild = min2;
        insertElem(tmp, trees, &n);
    }

    printf("哈夫曼树构造完成！\n 前序遍历为：\n");
    DLRTree(trees[1], displayData);
    printf("\n 中序遍历为：\n");
    LDRTree(trees[1], displayData);
    printf("\n");

    system("pause");
    return 0;
}

void swap(BiTNode* *a, BiTNode* *b) {
    BiTNode* tmp = *a;
    *a = *b;
    *b = tmp;
}

/* 在[start, end]之间向下调整，一般 start 为开始调整的结点 */
void downAdjust(BiTNode* heap[], int start, int end) {
    int target = start, min_child = start * 2;
    while (min_child <= end) {
```

```
        //选出 target 左右结点中较小的
        //首先要存在右结点，才能与左结点比较
        if (min_child + 1 <= end) {
            //右结点更小
            if (heap[min_child]->data > heap[min_child+1]->data)
                min_child = min_child + 1;
        }

        //有子结点更小，交换
        if (heap[min_child]->data < heap[target]->data) {
            swap(&heap[min_child], &heap[target]);
            //还有继续向下调整的可能
            target = min_child;
            min_child = target * 2;
        } else {
            //已经没得调整了，说明 heap[start]已经调整到合适位置
            break;
        }
    }
}

/* 在[start, end]之间向上调整，一般 end 为开始调整的结点 */
void upAdjust(BiTNode* heap[], int start, int end) {
    int target = end, father = end/2;
    while (father >= start) {
        //父结点比待调整结点大，需要交换
        if (heap[father]->data > heap[target]->data) {
            swap(&heap[father], &heap[target]);
            //还有继续向上调整的可能
            target = father;
            father = target / 2;
        } else {
            //已经没得调整了，说明 heap[end]已经调整到合适位置
            break;
        }
    }
}

/* 根据结点指针数组 heap 构建小顶堆 */
void createHeap(int n, BiTNode* heap[]) {
    //根据完全二叉树与堆的性质，从 n/2 倒着往前操作
    for (int i = n / 2; i >= 1; i--) {
        downAdjust(heap, i, n);
    }
```

```
}

/* 弹出堆顶（即指向最小的结点的指针） */
BiTNode* deleteTop(int *n, BiTNode* heap[]) {
    BiTNode* res;
    res = heap[1];
    //堆中最后一个元素放到第一个
    heap[1] = heap[*n];
    (*n)--;
    downAdjust(heap, 1, *n);

    return res;
}

/* 在长度为 n 的结点指针数组 heap 中插入新结点的指针 newNode */
void insertElem(BiTNode* newNode, BiTNode* heap[], int *n) {
    (*n)++;
    heap[*n] = newNode;
    upAdjust(heap, 1, *n);
}

/* 根据指向结点的指针输出其数据域 */
void displayData(BiTNode *node) {
    printf("%d ", node->data);
}

/* 递归前序遍历 */
void DLRTree(BiTNode *treeNode, void TreeNodeData(BiTNode *)) {
    //访问当前根结点
    TreeNodeData(treeNode);
    //左子树不为空，则遍历左子树
    if (treeNode->lchild != NULL)
        DLRTree(treeNode->lchild, TreeNodeData);
    //右子树不为空，则遍历右子树
    if (treeNode->rchild != NULL)
        DLRTree(treeNode->rchild, TreeNodeData);
}

/* 递归中序遍历 */
void LDRTree(BiTNode *treeNode, void TreeNodeData(BiTNode *)) {
    //左子树不为空，则遍历左子树
    if (treeNode->lchild != NULL)
        LDRTree(treeNode->lchild, TreeNodeData);
    //访问当前根结点
```

```
    TreeNodeData(treeNode);
    //右子树不为空，则遍历右子树
    if (treeNode->rchild != NULL)
        LDRTree(treeNode->rchild, TreeNodeData);
}
```

六、测试和结果

1. （必做题）链二叉树的基本实现

Input:

1234

12345

Output:

错误！两个序列的结点个数不同

Input:

1234

1245

Output:

错误！这两个序列无法构造出二叉树

Input:

1234

4321

Output:

错误！这两个序列无法构造出二叉树

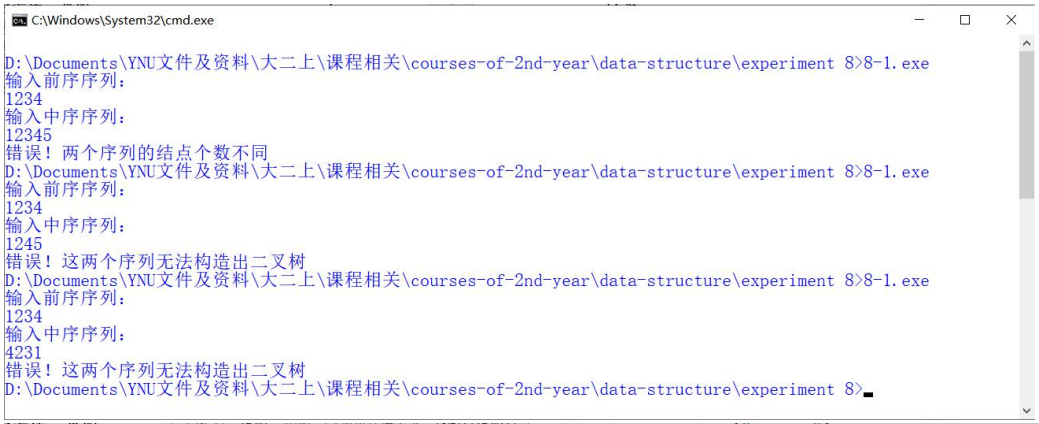
Input:

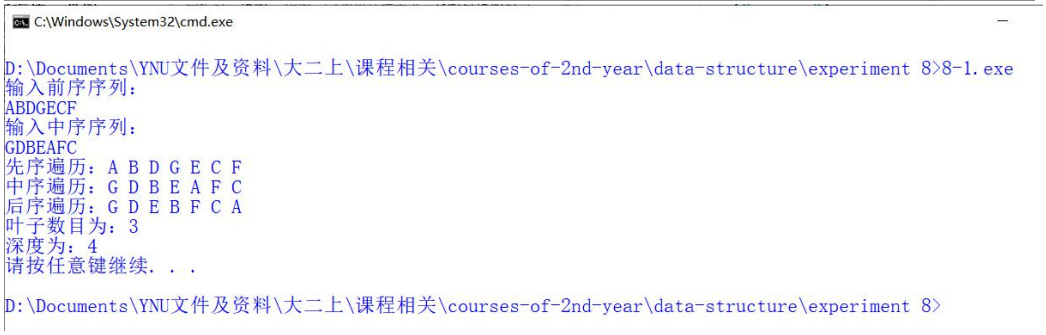
ABDGECF

GDBEAFC

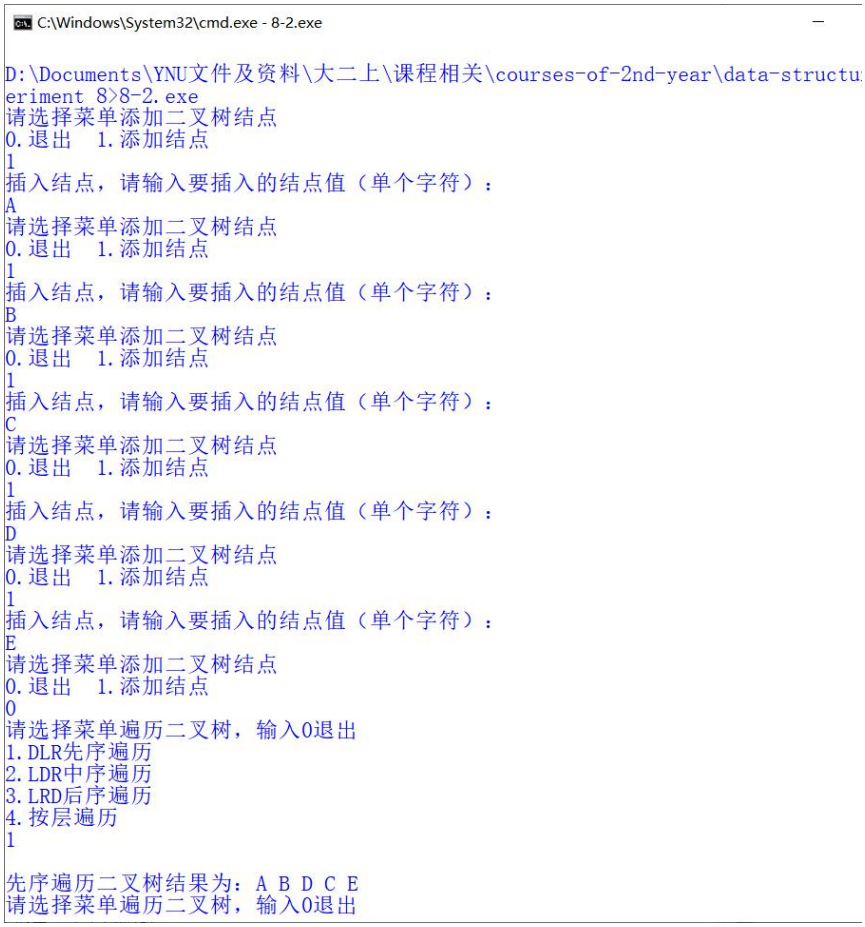
Output:

先序遍历：A B D G E C F
中序遍历：G D B E A F C
后序遍历：G D E B F C A
叶子数目为：3
深度为：4





2. （选做题）main 函数的完善与补充



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - 8-2.exe
请选择菜单遍历二叉树，输入0退出
1.DLR先序遍历
2.LDR中序遍历
3.LRD后序遍历
4.按层遍历
1

先序遍历二叉树结果为：A B D C E
请选择菜单遍历二叉树，输入0退出
1.DLR先序遍历
2.LDR中序遍历
3.LRD后序遍历
4.按层遍历
2

中序遍历二叉树结果为：D B A E C
请选择菜单遍历二叉树，输入0退出
1.DLR先序遍历
2.LDR中序遍历
3.LRD后序遍历
4.按层遍历
3

后序遍历二叉树结果为：D B E C A
请选择菜单遍历二叉树，输入0退出
1.DLR先序遍历
2.LDR中序遍历
3.LRD后序遍历
4.按层遍历
4

按层遍历二叉树结果为：A B C D E
请选择菜单遍历二叉树，输入0退出
1.DLR先序遍历
2.LDR中序遍历
3.LRD后序遍历
4.按层遍历
0
```

```
请输入要查找的数据：
C
二叉树中存在'C'
二叉树深度为：3
请按任意键继续. . .
```

3. （选做题）哈夫曼树构造

Input:

```
5
5 6 10 11 12
```

Output:

哈夫曼树构造完成！

前序遍历为：

```
44 21 10 11 5 6 23 11 12
```

中序遍历为：

```
10 21 5 11 6 44 11 23 12
```

Input:

3

1 5 3

Output:

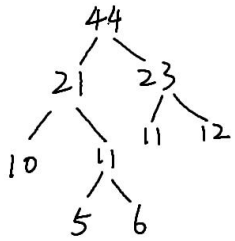
哈夫曼树构造完成！

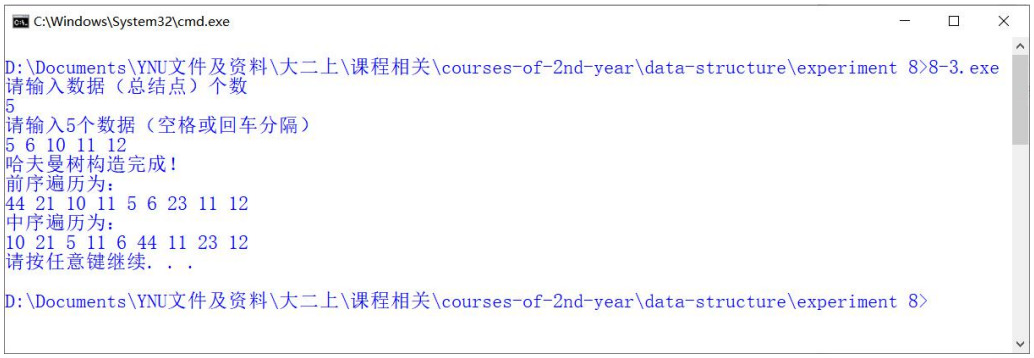
前序遍历为：

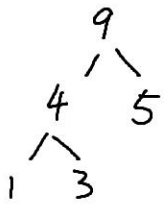
9 4 1 3 5

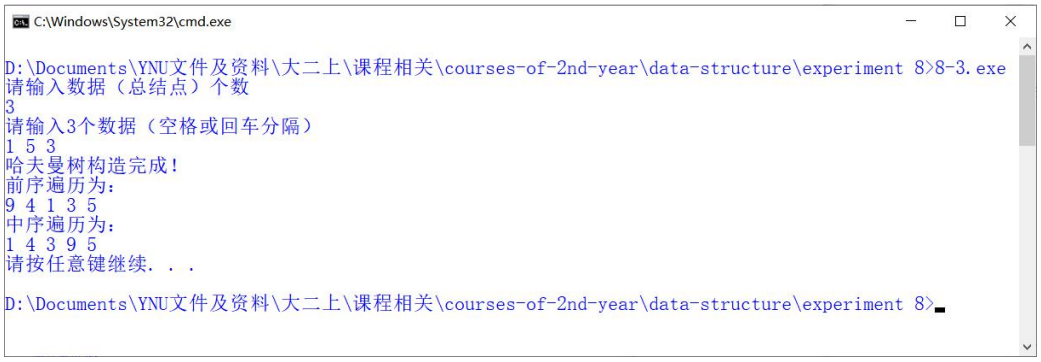
中序遍历为：

1 4 3 9 5









七、用户手册

1. （必做题）链二叉树的基本实现

各个结点中的数据域均为字符型，因此输入时每个字符都被当成一个结点的数据域。

2. （选做题）main 函数的完善与补充

各个结点中的数据域均为字符型，因此输入时每个字符都被当成一个结点的数据域。由于 TreeFindNode 是根据数据域来判断结点是否相等的，输入的各个数据需要各不相同；若有相同的，输出的结点实际上是遍历中遇到第一个。

3. （选做题）哈夫曼树构造

各个数据必须在 int 范围内，并且各个数据的构成的二叉树的最小带权路径长度也不能超出 int 的范围。