中山大学计算机学院本科生实验报告

(2025 学年第 1 学期)

课程名称：数据结构与算法实验　　任课教师：张子臻

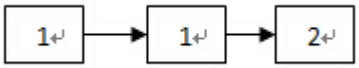
年级	2024 级	专业（方向）	计算机科学与技术（人工智能与大数据）
学号	242325157	姓名	梁玮麟
电话	18620062182	Email	3371676041@qq.com
开始日期	2025.9.24	结束日期	2025.9.28

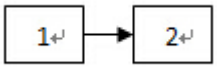
第一题

1、实验题目

z3-Delete Duplicate

题目描述　已知线性表中的元素以递增有序排列，并以单链表作存储结构。试写一个高效的算法，删除表中所有冗余的结点，即数据域相同的结点只保留一个。

例如对链表： 

进行操作，将得到： 

链表结点定义如下：

```
struct LinkNode {
    int data;
    LinkNode *next;
    LinkNode(int d, LinkNode *add_on = NULL) {
        data = d;
        next = add_on;
    }
};
typedef LinkNode *LinkList;
```

请实现函数：

```
void delete_duplicate(LinkList &head);
```

注意内存的回收

Hint　只需提交 delete_duplicate() 函数

请记得将头文件包含进去，即 `#include "LinkNode.h"`

2、实验目的

完成删除重复节点的操作，并加深对链表的理解。

3、算法设计

设计思路如下：

1. 有很多方法可以完成。比较通用的方法就是用一个哈希表记录每个节点出现次数，如果遍历链表的时候有相同节点，则删掉当前节点；如果没有，则增加节点。算法空间复杂度为 O(n)，时间复杂度为 O(n)。
2. 题目要求高效的算法，通解显然不是最优解。考虑到链表是数据依次递增的结构，我采用以下方法：
    1. 从头节点遍历链表，并记录 head 节点为指针 prev；
    2. 用指针 t 记录当前节点，如果 t->data == prev->data 则删除当前节点，否则让 prev 指针指向 t 指针指向的节点
    3. 如果 t->next 不为空，则让 t 指向 t->next，否则说明链表已经遍历完毕，结束循环。

细节注意：

- 如果只有一个节点，需要直接返回，否则 head->next 会报错。
- 释放内存时需要先用一个指针指向 t->next，否则释放内存后再用 t=t->next 会报错。

具体实现：

```
//z3-Delete Duplicate
#include <iostream>
#include "LinkNode.h"
#include <map>
using namespace std;
void delete_duplicate(LinkList &head) {
    if (head == NULL){//头节点为空需要直接返回，否则 line 9 会报错
        return;
    }
    LinkList t = head->next;
    LinkList prev = head;
    while (t) {
        if (prev->data == t->data) {
            prev->next = t->next;
            LinkList temp=t->next;//用 temp 记录 t 指向的下一个节点
            //否则 delete 之后 line 16 会报错
            delete t;
            t = temp;
        } else {
            prev = t;
            t = t->next;
        }
    }
}
```

4、程序运行与测试

运行结果：

- 标准输入：

- 实际输出：

```
1
1 2
1
1 2 3
1 2 3 10
```

- 期望输出：

```
1
1 2
1
1 2 3
1 2 3 10
```

5、实验总结与心得

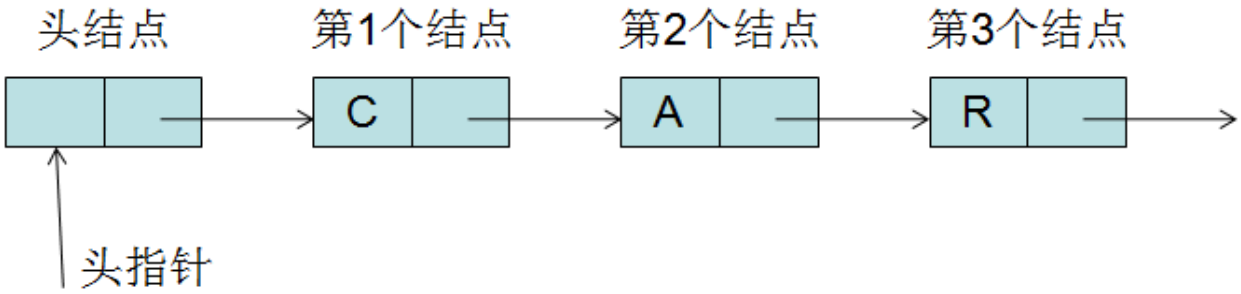
- 这一题的关键在于充分利用给出的链表具有升序结构的特性，时间复杂度与通解一样，但是空间复杂度为 O(1)。

第二题

1、实验题目

z3-Insert for single link list with head node

题目描述



带虚拟头结点的单链表结点结构如下：

```
struct ListNode
{
    int data;
    ListNode *next;
};
```

链表类接口如下：

```
class List
{
public:
    List()
    {
        head = new ListNode;
        head->next = NULL;
    }
    ~List()
    {
        ListNode* curNode;
        while( head->next )
        {
            curNode = head->next;
```

```
            head->next = curNode->next;
            delete curNode;
        }
        delete head;
    }

    //在链表第 pos(pos>0) 个结点之前插入新结点，新结点的值为 toadd
    //链表实际结点从 1 开始计数。
    //调用时需保证 pos 小等于链表实际结点数
    void List::insert(int toadd, int pos);

    // Data field
    ListNode *head; //head 指向虚拟头结点，head-next 指向第一个实际结点
};
```

请实现如下函数：

```
void List::insert(int toadd, int pos)
```

Hint 只提交 insert 函数实现，不需要提交类定义及 main 函数。

请记得将头文件包含进去，即 `#include "ListNode.h"`

2、实验目的

完成 `insert` 函数，加深对链表结构的理解。

3、算法设计

设计思路如下： 因为是单向链表，而且已经给出了头指针 `head` 指针和插入位置 `pos`，直接找到对应的位置的前一个位置，然后插入就行。

1. 初始化一个指针 `t` 指向头节点。
2. 用 for 循环，用 `t` 遍历链表并指向对应的节点的前一个节点。
3. 用指针 `next` 指向 `t` 的下一个节点。
4. 新开一个指针 `cur` 并分配内存，并给这个节点的 `data` 赋值。
5. 操作 `t,next,cur` 三个节点，让 `t->next` 指向 `cur`，`cur->prev` 指向 `t`，`next->prev` 指向 `cur`，`cur->next` 指向 `next`，完成插入操作。

细节注意：

- `for` 循环中，要设置成 `for(int i=1;i<pos;i++)`，因为要找到 `pos` 的前一个位置，如果设置成 `int i=0` 就会找到了 `next` 指针指向的位置，而且可能直接指向结尾的 `nullptr`。

具体实现：

```
//z3-Insert for single link list with head node
#include<iostream>
#include"ListNode.h"
using namespace std;
void List::insert(int toadd, int pos){
    ListNode* t=head;//指向头节点
    for(int i =1;i<pos;i++){
        t=t->next;
    }
    ListNode* next=t->next;
    ListNode* cur=new ListNode;
```

```
    cur->data=toadd;
    t->next=cur;
    cur->next=next;

}
```

4、程序运行与测试

运行结果：

- 标准输入：

- 实际输出：

```
1 2 3 0 4 5 6 7 8 9 10 11 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

- 期望输出：

```
1 2 3 0 4 5 6 7 8 9 10 11 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
```

5、实验总结与心得

- 这一题要实现的也是链表的基本操作，实现难度并不高。只要理解好链表的结构就能顺利完成。

第三题

1、实验题目

z3-Loops in the Linked List

题目描述 给定链表结点类型定义，要求实现 check 函数返回对于给定链表是否存在环，注意链表的边界情况。

```
struct node{
    node *next;
    int val;
};

// check if there exists a loop
bool check(node *head){
}
```

Hint 只需要提交 check 函数实现，不需要提交 main 函数

请记得将头文件包含进去，即 `#include "Node.h"`

2、实验目的

通过完成习题，掌握快慢指针遍历链表判断是否有环的经典算法，加深对链表的理解。

3、算法设计

设计思路如下：

1. 首先判断链表是否为空或者只有一个节点，如果只有一个节点则直接返回 `false`。
2. 设置快慢指针 `fast` 和 `slow`，并让 `slow` 指向 `head`，`fast` 指向 `head->next`。

3. 将 fast 的速度设置为 2, 将 slow 的速度设置为 1。如果有环，假设环中有 n 个数，那么 slow 第一次走完所有未走过的节点（记作 tail）所需次数为

$$n-1$$

, 而 fast 从开始的位置第二次遍历到 tail 所需次数为

$$(n+n-2)/2 = n-1$$

。所以无论环中有奇数个还是偶数个元素，保证两个指针最终都会碰到。
4. 用一个 while 循环：
    1. 首先判断 fast 是否等于 slow，如果相等直接返回 true。
    2. 如果 fast,slow 都不为空，则继续循环：
        - 1. slow 直接赋值为 slow-next；
        - 2. 判断 fast->next 是否为空：
            – 如果是，则直接返回 false；
            – 否则 false=false->next。
    3. 否则直接跳出循环，返回 false(因为遇到了链表的末尾如果是环，没有 nullptr 的结尾)。

细节注意：

- 在一开始判断是否空链表或者只有一个节点的时候，需要把空链表的判断前置，否则链表为空时 head->next 会报错
- 对每一次循环结束时，记得要判断 fast->next 是否为空，否则如果不是环，fast 正好处于尾节点的时候会报错。

具体实现：

```
//z3-Loops in the Linked List
#include <iostream>
#include "Node.h"
using namespace std;
bool check(node *head) {
    if (!head || !head->next)//不能反了
        return false;
    node *fast = head->next;
    node *slow = head;
    while (fast && slow) {
        if (slow == fast)
            return true;
        slow = slow->next;
        if (fast->next) {//防止报错
                fast = fast->next->next;
        } else
            return false;
    }
    return false;
}
```

4、程序运行与测试

运行结果：

数据点 0

- 标准输入：

```
8
14349 1
877 23486 3504 25047 5984 20729 1279 14378 7136 30797 3787 16558 8414 23792 6211 18276 18345 19213 2783
```

- 实际输出：

```
YES
YES
NO
NO
NO
NO
NO
YES
```

- 期望输出：

```
YES
YES
NO
NO
NO
NO
NO
YES
```

数据点 1

- 标准输入：

```
5
0 0
1 0
1
2 1
1 1
2 0
1 2
3 1
1 2 1
```

- 实际输出：

```
NO
NO
YES
NO
YES
```

- 期望输出：

```
NO
NO
YES
NO
YES
```

5、实验总结与心得

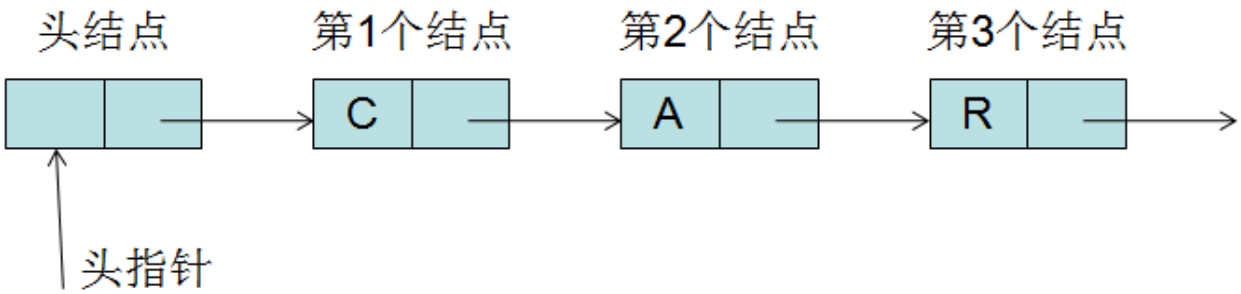
- 这一题学到真东西了，第一次见到快慢指针的写法，设计的很巧妙，完全利用了环的特点。
- 另外，我的算法还可以优化。在对 `fast` 进行更新的时候，判断 `fast->next` 是否为空时，我还应该判断 `fast->next` 是否等于 `slow`，让程序更高效。

第四题

1、实验题目

z3-Remove for single link list with head node

题目描述



带虚拟头结点的单链表结点结构如下：

```
struct ListNode
{
    int data;
    ListNode *next;
};

class List
{
public:
    List()
    {
        head = new ListNode;
        head->next = NULL;
    }

    ~List()
    {
        ListNode* curNode;
        while( head->next )
        {
            curNode = head->next;
            head->next = curNode->next;
            delete curNode;
        }
        delete head;
    }

    //在链表第 pos(pos>0) 个结点之前插入新结点，新结点值为 toadd
    //链表实际结点从 1 开始计数。
    //调用时需保证 pos 小等于链表实际结点数
```

```
    void insert(int toadd, int pos)

    //删除链表的第 pos(pos>0) 个结点
    //链表实际结点从 1 开始计数。
    //调用时需保证 pos 小等于链表实际结点数
    void remove(int pos);

    // Data field
    ListNode *head; //head 指向虚拟头结点，head-next 指向第一个实际结点
};
```

请实现如下函数：

```
void List::remove(int pos)
```

Hint 只提交 remove 函数实现，不要提交类定义及 main 函数。

请记得将头文件包含进去，即 `#include "ListNode.h"`

2、实验目的

通过完成习题，知道从链表中移除节点的操作步骤，加深对链表的理解。

3、算法设计

设计思路如下： 因为是单向链表，而且已经给出了头指针 head 指针和插入位置 pos，直接找到对应的位置的前一个位置，然后删除就行。

1. 初始化一个指针 t 指向头节点。
2. 用 for 循环，用 t 遍历链表并指向对应的节点的前一个节点。
3. 用指针 cur 指向 t 的下一个节点。
4. 用指针 next 指向 cur 的下一个节点。
5. 操作 t,next,cur 三个节点，让 t->next 指向 next，释放 cur 指针指向地址的内存，完成删除操作。

具体实现：

```
//z3-Remove for single link list with head node
#include<iostream>
#include"ListNode.h"
using namespace std;
void List::remove(int pos){
    ListNode* t=head;
    for (int i=1;i<pos;i++){
        t=t->next;
    }
    ListNode* cur=t->next;
    ListNode* next=cur->next;
    t->next = next;
    delete cur;

}
```

4、程序运行与测试

运行结果：

- 标准输入：

- 实际输出：

```
11 10 8 6 4 2 1
```

- 期望输出：

```
11 10 8 6 4 2 1
```

5、实验总结与心得

- 这一题难度比较低，找到对应的位置，然后直接操作即可。

总结

- 总体都是完成链表的基本操作函数。第三题的快慢指针让我积累了一种新的做题思路。收获还是挺多的。