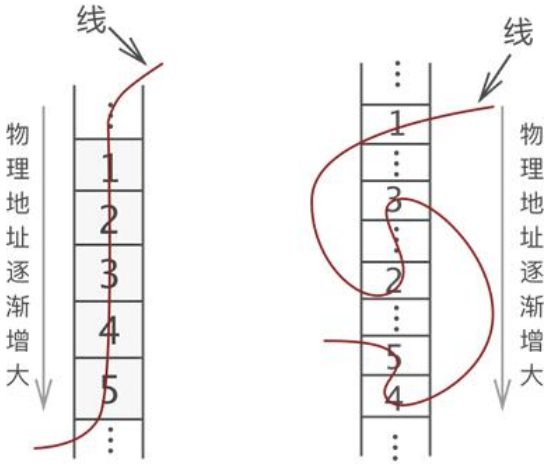
作业 HW1 线性表 实验报告

姓名：闫浩扬 学号：2253156 日期：2023 年 10 月 7 日

1. 涉及数据结构和相关背景

HW1 线性表的作业涉及了线性表的使用，线性表分为顺序存储结构和链式存储结构，如图 3a)所示，将数据依次存储在连续的整块物理空间中，这种存储结构称为顺序存储结构（简称顺序表）；如图 3b) 所示，数据分散的存储在物理空间中，通过一根线保存着它们之间的逻辑关系，这种存储结构称为链式存储结构（简称链表）

针对不同的问题，选择不同的数据结构，以及算法来高效地完成一些问题。



3a) 数据集中存放　　3b) 数据分散存放

2. 实验内容

2.1 轮转数组

2.1.1 问题描述

给定一个整数顺序表 nums，将顺序表中的元素向右轮转 k 个位置，其中 k 是非负数。

2.1.2 基本要求

- 输入: 第一行两个整数 n 和 k，分别表示 nums 的元素个数 n，和向右轮转 k 个位置；第二行包括 n 个整数，为顺序表 nums 中的元素
- 输出： 轮转后的顺序表中的元素

2.1.3 数据结构设计

```
class SequenceList {
private:
    int* data;                              //用于存储数据的数组
    int size;                               //顺序表的大小
    int capacity;                           //数组的容量
public:
    SequenceList(int initialCapacity = 10); //初始化数组
    ~SequenceList();                        //析构
    void push_back(int value);              //向顺序表中加元素
    void rotate(int k);                     //轮转数组
    void print();                           //打印
};
```

使用顺序表来储存数组数据，并使用动态内存来扩充数组。

2.1.4 功能说明（函数、类）

a. 插入元素

```
/**
 * @brief           在顺序表末尾添加一个元素
 * @param value     要添加的元素的值
 */
void push_back(int value) {
```

```
    如果数组已满，将容量扩展为当前容量的两倍，以减少扩展次数
        int* newData = new int[capacity]; // 创建一个新的、更大的数组
        for (int i = 0; i < size; ++i)
            newData[i] = data[i]; // 将旧数组中的元素复制到新数组中
        释放旧数组的内存，并将指针指向新数组
    data[size++] = value; // 将新元素添加到数组末尾，并递增 size
}
```

b. 轮转数组

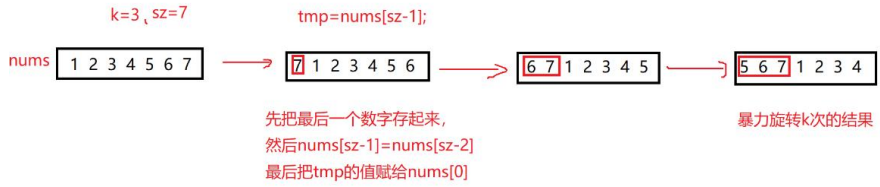
轮转数组函数 rotate 将数组中的元素向右循环移动 k 个位置，其中 k 是传递给函数的参数。这个算法使用了额外的临时数组来存储需要移动的元素，然后将元素移动到新的位置。

- 由于开辟了额外的空间来储存需要移动的元素，空间复杂度为 O(n)
- 时间复杂度为 O(k) + O(n) + O(k)，可以简化为 O(n)

```
/**
 * @brief           旋转顺序表中的元素
 * @param k         旋转的步数
 */
void rotate(int k) {
    k = k % size; // 确保旋转步数在有效范围内
    if (k == 0) {  如果 k 为 0，不需要旋转    }
    int* temp = new int[size]; // 创建一个临时数组来存储旋转的元素
    for (int i = 0; i < k; ++i)
        temp[i] = data[size - k + i]; // 复制旋转的元素到临时数组
    for (int i = size - 1; i >= k; --i)
        data[i] = data[i - k];        // 移动数组中的元素来完成旋转
    for (int i = 0; i < k; ++i)
        data[i] = temp[i];            // 将旋转后的元素复制回原数组
    delete[] temp; // 释放临时数组的内存
}
```

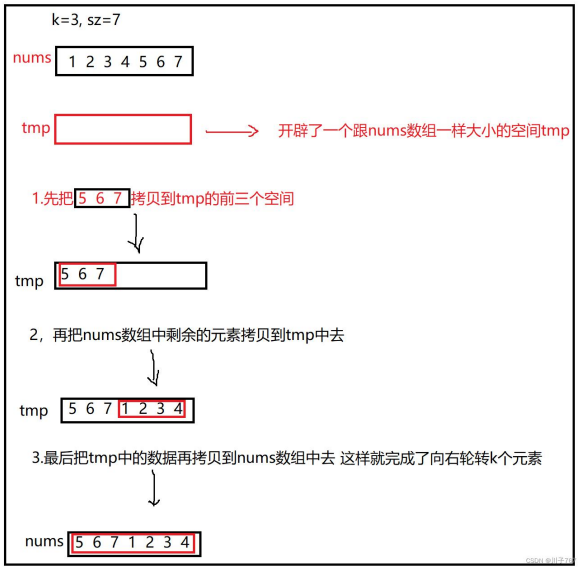
2.1.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 暴力求解超时



时间复杂度分析:算法中有两个嵌套的循环：外部的循环是 k 次轮转的循环，内部的循环在每次轮转中将数组中的元素向右移动一位。对于外部循环，它的时间复杂度是 O(k)。内部循环时间复杂度 O(len)
总时间复杂度为 O(k * size)

解决方法:



开拓额外内存来储存需要移动的元素，其余元素依次向右移动 k 个单位，如图(图源网络)。
开辟一个与原数组大小相等的空间 tmp，将需要前移的元素先放到 tmp 前面，再将数组中剩余的元素拷贝到 tmp 中，这样就完成了向右轮转。

2. 容器扩容的思考

由于数组长度，以及要轮转位数未知，所以开辟的数组扩充也未知，关于扩容方法，有两种，一种递增式扩容，一种倍增式扩容，两者分摊时间成本如下：

递增扩容：递增扩容每次增加固定长度的可用空间，所需要的时间复杂度为 0+I+2I+… +(m-1)I=0(n ^2)，因此每次扩容的分摊成本为 0(n)
倍增扩容：倍增扩容每次增加现有可用空间的的 1 倍，因此所需的时间复杂度为：1+2+4+8+… +2m=0(n)
因此每次扩容的分摊成本为 0(1)，显然，时间成本较递增扩容减少。
但是，从另一个角度，空间复杂度考虑，用装填因子这一指标来衡量。装填因子是向量的实际规模与其内部数组容量的比值。显而易见，递增式的装填因子当空间较大时，趋近于 100%，而倍增式我们可以保证的是>50%，换句话说，倍增扩容其实是用空间换取了时间。

2.1.6 总结和体会

体会到了不同算法的效率不同，减少时间复杂度可以提高算法效率，也学习了不同的容器扩容方法。

2.2 学生信息管理

2.2.1 问题描述

顺序表是指采用顺序存储结构的线性表，它利用内存中的一片连续存储区域存放表中的所有元素。可以根据需要对表中的所有数据进行访问，元素的插入和删除可以在表中的任何位置进行。
顺序表的基本操作，包括顺序表的创建，第 i 个位置插入一个新的元素、删除第 i 个元素、查找某元素、顺序表的销毁。

本题定义一个包含学生信息（学号，姓名）的的顺序表，使其具有如下功能：(1) 根据指定学生个数，逐个输入学生信息；(2) 给定一个学生信息，插入到表中指定的位置；(3) 删除指定位置的学生记录；(4) 分别根据姓名和学号进行查找，返回此学生的信息；(5) 统计表中学生个数。

2.2.2 基本要求

- 第 1 行是学生总数 n
- 接下来 n 行是对学生信息的描述，每行是一名学生的学号、姓名，用空格分割；(学号、姓名均用字符串表示,字符串长度<100)
- 接下来是若干行对顺序表的操作：(每行内容之间用空格分隔)
- insert i 学号 姓名: 表示在第 i 个位置插入学生信息，若 i 位置不合法，输出-1，否则输出 0
- remove j:表示删除第 j 个元素，若元素位置不合适，输出-1，否则输出 0
- check name 姓名 y：查找姓名 y 在顺序表中是否存在，若存在，输出其位置序号及学号、姓名，若不存在，输出-1。
- check no 学号 x：查找学号 x 在顺序表中是否存在，若存在，输出其位置序号及学号、姓名，若不存在，输出-1。
- end: 操作结束，输出学生总人数，退出程序。

注：全部数值 <= 10000，元素位置从 1 开始。学生信息有重复数据（输入时未做检查），查找时只需返回找到的第一个。每个操作都在上一个操作的基础上完成。

2.2.3 数据结构设计

```
// 定义一个名为 Student 的结构体，用于存储学生信息
struct Student {
    string no;    // 学号
    string name;  // 姓名
};
```

选择使用动态数组（顺序表）来存储学生信息。通过动态内存的申请构造出顺序表。

2.2.4 功能说明（函数、类）

a. 顺序表的创建与数据读入

```
cin >> n; // 读入学生数量
// 创建一个动态数组 studentList 来存储学生信息，初始大小为 n
Student* studentList = new Student[n];
// 逐个读取学生的学号和姓名，并存储在数组中
for (int i = 0; i < n; ++i) {
    cin >> studentList[i].no >> studentList[i].name;
    currentSize++; // 递增学生数量
}
```

b. 插入操作

- 时间复杂度：0(n)，因为在最坏情况下需要复制 n 个学生的数据。
- 空间复杂度：0(n)，因为需要额外的内存来存储新的动态数组。

```
    cin >> i >> stuNo >> stuName;          //读入插入学生信息
```

```
    if (i < 1 || i > currentSize + 1) {    // 插入操作，检查位置是否合法
        cout << -1 << endl;               // 位置不合法，输出错误消息
    }
    else {
         //创建新数组 newStudentList，比原数组+1
        Student* newStudentList = new Student[currentSize + 1];
        for (int j = 0; j < i - 1; j++) {                // 复制插入位置前的元素
            newStudentList[j] = studentList[j];
        }
        newStudentList[i - 1] = { stuNo, stuName };       // 插入新学生信息
        for (int j = i - 1; j < currentSize; j++) {       // 复制插入位置后的元素
            newStudentList[j + 1] = studentList[j];
        }
        currentSize++;               // 更新当前学生数量，释放原数组，指向新数组
        delete[] studentList;         // 删除原数组
        studentList = newStudentList;
        cout << 0 << endl;  // 插入成功
    }
```

c. 删除操作

- 时间复杂度：O(n)，同样需要复制 n 个学生的数据。
- 空间复杂度：O(n)，因为需要额外的内存来存储新的动态数组。

```
    // **检查位置是否合法**
    // **合法执行下列**
        // 创建新数组 newStudentList，比原数组-1
        Student* newStudentList = new Student[currentSize - 1];
        for (int k = 0; k < j - 1; k++) {        // 复制删除位置前的元素
            newStudentList[k] = studentList[k];
        }
        for (int k = j; k < currentSize; k++) {  // 复制删除位置后的元素
            newStudentList[k - 1] = studentList[k];
        }
        currentSize--;         // 更新当前学生数量，释放原数组，指向新数组
        delete[] studentList;
        studentList = newStudentList;
```

d. 查找操作

- 时间复杂度：O(n)，因为在最坏情况下需要遍历整个学生列表来查找。
- 空间复杂度：O(1)，只需要有限的局部变量。

```
    string searchType, searchValue; //读入搜索目标
    cin >> searchType >> searchValue;
    // 遍历学生数组，根据搜索类型和值查找学生信息
    for (int i = 0; i < currentSize; ++i) {
        if ((searchType == "name" && studentList[i].name == searchValue) ||
            (searchType == "no" && studentList[i].no == searchValue)) {
            foundIndex = i + 1;
            cout << foundIndex << " " << studentList[i].no << " " <<
studentList[i].name << endl;
            break; // 找到匹配的学生信息后，结束遍历
        }
    }
    // 输出结果或错误信息
    if (foundIndex == -1 && searchType == "no") {
        cout << -1 << " " << " " << endl; // 未找到学号匹配的学生信息，输出 -1
    }
    // **未找到姓名匹配的学生信息，输出 -1**
```

2.2.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 顺序表写成链表，顺便比较下两者优缺点

- 储存方式:顺序表使用连续一段内存，如要插入元素，特别是在中间插入元素必须要新开辟一块内存，内存的复制很耗时；而链表可以直接添加节点，节省了时间开支
- 访问元素：顺序表由于是一块连续的内存空间，所以可以直接通过其下标定位其元素，时间复杂度为 O(1)，而链表必须要遍历查找，时间复杂度为 O(n)

2. 缺少一些异常处理
   例如删除操作，需要检查位置是否合法，同时要及时修改一些标记，例如学生数量等。最后也要释放掉删除的节点，避免内存遗留。

2.2.6 总结和体会

通过本题，我加深了对顺序表与链表的理解，在犯错误中体会到了两者的优点与缺点，同时，也提醒了我，编写一个健壮的程序需要考虑一些异常情况。

2.3 一元多项式的相加和相乘

2.3.1 问题描述

一元多项式是有序线性表的典型应用，用一个长度为 m 且每个元素有两个数据项（系数项和指数项）的线性表((p1,e1),(p2,e2),...,(pm,em))可以唯一地表示一个多项式。 本题实现多项式的相加和相乘运算。本题输入保证是按照指数项递增有序的。

2.3.2 基本要求

输入:第 1 行一个整数 m，表示第一个一元多项式的长度；第 2 行有 2m 项，p1 e1 p2 e2 ...，中间以空格分割,表示第 1 个多项式系数和指数；第 3 行一个整数 n,表示第二个一元多项式的项数；第 4 行有 2n 项，p1 e1p2e2...，中间以空格分割,表示第 2 个多项式系数和指数第 5 行一个整数，若为 0,执行加法运算并输出结果，若为 1，执行乘法运算并输出结果；若为 2，输出一行加法结果和一行乘法的结果。

输出：运算后的多项式链表，要求按指数从小到大排列，当运算结果为 0 0 时，不输出。

2.3.3 数据结构设计

```
//定义多项式节点
struct Node {
    int coef;   //系数项
    int exp;    //指数项
    Node* next; //存储下一节点
    Node(int c, int e) : coef(c), exp(e), next(NULL) {} //节点赋值
};
typedef Node* link; //节点别名
```

2.3.4 功能说明（函数、类）

a. 插入节点

- **insertNode** 的时间复杂度是 O(n)。
- 空间复杂度主要是由新节点 **newnode** 占用的空间，因此是 O(1)。

```
/*
 * @brief 插入节点到链表中
 * @param head 链表的头指针，通过引用方式传递链表头
 * @param coefficient 节点的系数
 * @param exponent 节点的指数
 */
void insertNode(link& head, int coefficient, int exponent)
    link newnode = new Node(coefficient, exponent);//创建新节点
    if (!head) *** // 如果链表为空，将新节点设为头节点
    else
        link curr/prev; // 初始化当前位置指针，和上一位置指针
        // 遍历链表，查找插入位置，按照指数递增顺序
        while (curr 不为空 且 curr 的指数 < exponent)
            prev = curr; // 保存当前位置
            curr = curr->next; // 移动到下一个节点
        if (curr 不为空 且 curr 的指数 == exponent)
            curr->coef += coefficient; // 合并同一指数项的系数
```

```
            删除新节点(newnode); // 删除新节点，因为已合并
        else  // 新节点的指数未出现过
            if (!prev)
                newnode->next = head; // 将新节点插入为头节点
                head = newnode;
            else
                prev->next = newnode; // 插入新节点到prev 和curr 之间
                newnode->next = curr;
```

b. 多项式相加

- 该函数通过迭代遍历两个多项式链表，将它们合并成一个新的链表。
- 在最坏情况下，需要遍历两个输入链表的所有项，所以时间复杂度是 O(n1 + n2)
- 删除多项式项时，需要遍历结果链表，O(n1 + n2) 。
- 空间复杂度取决于结果链表 **result** 的长度，即 O(n1 + n2)。

```
/**
 * @brief 将两个多项式相加
 * @param poly1 第一个多项式的头节点指针
 * @param poly2 第二个多项式的头节点指针
 * @return 返回结果多项式的头节点指针
 */
link addPolynomials(link poly1, link poly2)
    //初始化 curr1，curr2，分别代表两个多项式
    while (curr1 和 curr2 都不为空)
        if (curr1 和 curr2 指数相同)
            // 计算系数和，如果不为零则插入
            insertNode(result, sum_coeff, curr1->exp);
            移动 curr1 和 curr2;
        else if (curr1->exp < curr2->exp)
            // 处理第一个多项式的当前项，目的是把支书较小项先插入
            insertNode(result, curr1->coef, curr1->exp);
            移动 curr1;
        else
            // 处理第二个多项式的当前项
            insertNode(result, curr2->coef, curr2->exp);
            移动 curr2;
    // 处理剩余项，将两个多项式剩余的项添加到结果多项式后面
    while (不为空)
        insertNode(result, curr? ->coef, curr? ->exp);
        移动 curr;
    清除系数为零的项
    返回 result;
```

c. 多项式相乘

- 该函数执行多项式的乘法，通过嵌套循环遍历两个多项式链表的所有项。
- 在最坏情况下，需要遍历两个输入链表的所有项，所以时间复杂度是 O(n1 * n2)
- 删除多项式项时，需要遍历结果链表，这也需要 O(n1 * n2) 的时间。
- 空间复杂度取决于结果链表 **result** 的长度，即 O(n1 * n2)

```
/**
 * @brief 将两个多项式相乘
 * @param poly1 第一个多项式的头节点指针 @param poly2 第二个多项式的头节点指针
 * @return 返回结果多项式的头节点指针
 */
link multiPolynomials(link poly1, link poly2)
    link result, curr1//初始化结果多项式指针和当前位置指针
    while (curr1 不为空)
        link curr2 = poly2; // 当前位置指针，用于遍历第二个多项式
        while (curr2 也不为空) //依次将多项式 1 和多项式 2 的每一项相乘，包括系数相乘，指数相加
```

```
            int result_exp = curr1->exp + curr2->exp; // 计算结果项的指数
            int result_coeff = curr1->coef * curr2->coef; //计算结果项的系数
            while (结果项指向不为空)
                if (existing->exp == result_exp) // 如果结果项已存在
                    existing->coef += result_coeff; // 合并同一指数项的系数
                    found = true;
                    break;
            if (!found) // 如果结果项不存在，插入新项到结果多项式
                insertNode(result, result_coeff, result_exp);
            curr2 = curr2->next; //移向下一项
        curr1 = curr1->next;     //移向下一项
    link prev = NULL;
    link curr = result;
    *清除结果多项式中系数为零的项*
    返回 result;
```

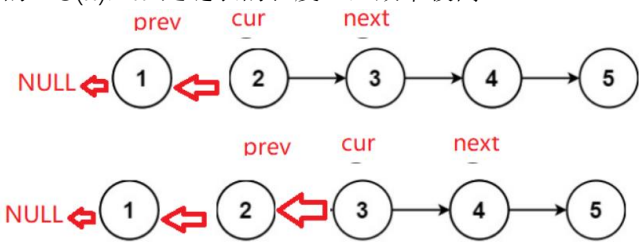
d. 反转链表

- 该函数通过迭代遍历链表并反转节点的指针，需要遍历整个链表一次。时间复杂度是 O(n)。
- 空间复杂度是 O(1)，因为只使用了常数额外空间

```
/**
 * @brief 反转链表
 * @param head 链表的头节点指针
 * @return 返回反转后链表的头节点指针
 */
link reverseList(link head)
{
    link prev and next = NULL; // 前一个节点指针，下一个节点指针，初始化为空
    link curr = head; // 当前节点指针，指向链表的头节点
    while (curr != NULL) { // 当前节点不为空时
        next = curr->next; // 保存下一个节点的指针
        curr->next = prev; // 将当前节点指向前一个节点，反转连接
        prev = curr; // 更新前一个节点指针为当前节点
        curr = next; // 更新当前节点为下一个节点
    }
    返回 prev; // 返回反转后链表的头节点指针
}
```

2.3.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 多项式乘法后得到的目标多项式未按照指数排序
   使用迭代法逆转链表，通过迭代遍历链表，将每个节点的 next 指针指向它的前一个节点，从而反转链表的方向。这样，在遍历完整个链表后，原来的链表变成了倒置的链表，最后返回新链表的头节点（原链表的尾节点）作为反转后的链表的新头部。时间复杂度上是线性的（O(n)，n 是链表的长度），效率较高。



2. 细节优化
   提高代码重用度，将复用的代码整合为函数调用。处理多项式加法及乘法出现系数为 0 的情况。在编写时没有考虑内存回收，对于申请的动态内存，必须将其回收。对于链表，必须遍历链表，将每一个节点都释放掉。

2.3.6 总结和体会

本题学习了单链表的基本操作，例如遍历，插入，删除等，并认识到单链表中指针的重要性，

边界的判断与处理。
对于算法效率，应该尽量降低时间复杂度和空间复杂度，来提高效率。

2.4 求级数

2.4.1 问题描述

输出级数 A+2A^2+3A^3+...+NA^N =

2.4.2 基本要求

高精度计算以及时间复杂度要低，不能超时。

2.4.3 数据结构设计

分析:由于使用 int，longlong 等数据类型会溢出，并且频繁运算时间复杂度高导致超时，转而想到 string 型，string 型包含许多内置操作，并且类似动态数组可以自动扩充，不会浪费空间。将级数以及结果转换至 string 储存，可以保证不溢出。在计算时将 string 在转化为整数型计算。

result 字符串：这个字符串用于存储最终的计算结果，它的初始值是 "0"。

term 字符串：这个字符串用于存储级数中的每一项。

```
string result = "0";
string term = "1";
```

2.4.4 功能说明（函数、类）

a. 级数相加

- 该函数实现两个字符串的相加操作，采用类似手工相加的方式，从字符串的末尾开始逐位相加，考虑进位。
- 时间复杂度：O(max(N, M))，其中 N 和 M 分别是 **num1** 和 **num2** 的长度。
- 空间复杂度：O(max(N, M))，用于存储结果字符串。

```
/**
 * @brief           将两个字符串表示的整数相加
 * @param num1      第一个整数的字符串表示
 * @param num2      第二个整数的字符串表示
 * @return          相加后的结果的字符串表示
 */
string addStrings(string num1, string num2) {
    int carry = 0;  (初始化进位为 0 )    string result = "";  (初始化结果字符串为空)
    int i 或 j = num.length() - 1;  // 获取第一个和第二个整数字符串的最后一个字符的索引
    // 从右到左遍历两个整数的字符串，同时考虑进位
    while (i >= 0 || j >= 0 || carry > 0) {
        int x 或 y = (i 或 j >= 0) ? num[i 或 j] - '0' : 0; // 将字符转换为整数，或者为 0
        int sum = x + y + carry; // 计算当前位的和，包括进位
        result = to_string(sum % 10) + result; // 将和的个位数添加到结果字符串的最前面
        carry = sum / 10; // 更新进位，以便下一次迭代使用
     //更新 i j
    }
    return result; // 返回相加后的结果的字符串表示
}
```

b. 级数相乘

- 时间复杂度分析：
- 在这个函数中，有两个嵌套的 **for** 循环。循环次数取决于两个字符串长度
- 因此，整个函数的时间复杂度是 O(len1 * len2)
- 空间复杂度分析：
- 函数中创建了一个名为 **result** 的字符串，其大小为 **len1 + len2**，用于存储相乘的结果。
- 因此，整个函数的空间复杂度主要由 **result** 字符串决定，为 O(len1 + len2)。
- 虽然该函数的时间复杂度是 O(len1 * len2)，但它的空间复杂度相对较低，因为它没有创建大型的中间数组来存储临时结果。这种实现方式对于大数相乘来说是比较高效的。

```
/**
 * @brief           将两个字符串表示的整数相乘
 * @param num1      第一个整数的字符串表示
```

```
 * @param num2      第二个整数的字符串表示
 * @return          相乘后的结果的字符串表示
 */
string multiplyStrings(string num1, string num2)
    int len? = num? .length();  // 获取两个整数字符串的长度
    string result(len1 + len2, '0'); // 初始化结果字符串为零串，长度为 len1 + len2
    // 从右到左遍历第一个整数的字符串
    for (int i = len1 - 1; i >= 0; i--) {
        int carry = 0; // 初始化进位为 0
        // 从右到左遍历第二个整数的字符串
        for (int j = len2 - 1; j >= 0; j--) {
            int res = num1 与 num2 当前位相乘 + (result[i + j + 1] - '0') + carry;
            // 计算当前位的乘积，包括进位
            carry = res / 10; // 更新进位，以便下一次迭代使用
            result[i + j + 1] = res % 10 + '0'; // 更新结果字符串的当前位置
        }
        result[i] += carry; // 将最终进位添加到结果的当前位置
    }
    // 查找第一个不为 '0' 的位置
    int startPos = 0;
    while (startPos < result.length() && result[startPos] == '0')   startPos++;
    if (startPos < result.length())
        return result.substr(startPos); // 返回结果字符串的子串，从 startPos 开始
    else  如果结果全为零，则返回 "0"
```

2.4.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 超时
   在级数 N 较大时，超出常见数据类型的最大范围，例如 int 只能 20 分，扩大到 longlong40 分，同时为了满足精度，不可以使用 double 型，因此考虑使用 string 字符串来储存。
2. 运算问题
   由于题目只要求输出最后结果，而不考虑过程，所以可以使用叠加的方法，将每一项存在同一个字符串中，将结果存在另一个字符串中，每次让结果+新一项，同时，更新这一项的数据，从而实现叠加。

2.4.6 总结和体会

这道题关键在于数据结构的选择，按理本题应该运用链表的知识点，但是个人认为 string 更便捷一些，并且也好操作，但是要注意字符型和整型的区别，两者之间转化需要 -‘0’。

通过这道题，我体会到了数据结构选择的重要性。

2.5 扑克牌游戏

2.5.1 问题描述

扑克牌有 4 种花色：黑桃（Spade）、红心（Heart）、梅花（Club）、方块（Diamond）。每种花色有 13 张牌，编号从小到大为：A,2,3,4,5,6,7,8,9,10,J,Q,K。

对于一个扑克牌堆，定义以下 4 种操作命令：

1）添加（Append）：添加一张扑克牌到牌堆的底部。如命令“Append Club Q”表示添加一张梅花 Q 到牌堆的底部。

2）抽取（Extract）：从牌堆中抽取某种花色的所有牌，按照编号从小到大进行排序，并放到牌堆的顶部。如命令“Extract Heart”表示抽取所有红心牌，排序之后放到牌堆的顶部。

3)反转（Revert）：使整个牌堆逆序。

4)弹出（Pop）：如果牌堆非空，则除去牌堆顶部的第一张牌，并打印该牌的花色和数字；如果牌堆为空，则打印 NULL。

初始时牌堆为空。输入 n 个操作命令（1 ≤ n ≤200），执行对应指令。所有指令执行完毕后打印牌堆中所有牌花色和数字（从牌堆顶到牌堆底），如果牌堆为空，则打印 NULL

2.5.2 基本要求

输入:第一行输入一个整数 n，表示命令的数量。接下来的 n 行，每一行输入一个命令。

输出：输出若干行，每次收到 Pop 指令后输出一行（花色和数子或 NULL），最后将牌堆中的牌从牌堆顶到牌堆底逐一输出（花色和数字），若牌堆为空则输出 NULL

2.5.3 数据结构设计

```
struct Card {
    string flower; // 扑克牌的花色
    string number; // 扑克牌的点数或数字
    Card(string f, string n) : flower(f), number(n) {} //构造函数，用于初始化 Card 结构
};
```

2.5.4 功能说明（函数、类）

a. Append 添加操作

- 时间复杂度：O(1)，只需要将一张卡片添加到卡片数组中。
- 空间复杂度：O(1)，只有少量局部变量。

```
/**
 * @brief           向扑克牌集合中添加一张牌
 * @param cards     扑克牌集合（vector）
 */
void Append(vector<Card>& cards) {
    //读入花色和数字，检查花色和数字是否有效
    if (花色和数字都有效) {
        // 创建一张新的扑克牌并添加到集合中
        cards.push_back(Card(flower, number));
    }
    // 花色或数字无效，输出 "NULL"
}
```

b. Extract 提取操作

- 时间复杂度：O(n)，其中 n 是卡片数组的长度
- 空间复杂度：O(m)，其中 m 是满足条件的卡片数量
- 在函数内创建了一个临时的 **extractedCards** 数组来存储这些卡片。

```
/**
 * @brief           从扑克牌集合中提取指定花色的牌并重新排序
 * @param cards     扑克牌集合（vector）
 */
void Extract(vector<Card>& cards) {
    读入花色
    vector<Card> extractedCards; // 存储提取出的牌的临时向量
    // 遍历扑克牌集合并提取指定花色的牌
    for (auto it = cards.begin(); it != cards.end(); )
        if (it->flower == flower) {
            extractedCards.push_back(*it); // 添加匹配的牌到提取牌的向量
            it = cards.erase(it); // 从原集合中移除匹配的牌
        }
        else 移动 it
    // 函数对提取出的牌进行排序，先按花色再按数字
    sort(extractedCards.begin(),extractedCards.end(),比较 a，b) {
        如果（花色相同） {
        numA = 转换数字(a.number);
            numB = 转换数字(b.number);
        返回 numA < numB;
        }
        return a.flower < b.flower;
    });
    // 将提取出的牌插入回原集合
   cards.insert(cards.begin(),extractedCards.begin(),extractedCards.end());
}
```

c. Revert 反转

- 时间复杂度：O(n)，其中 n 是卡片数组的长度。函数中使用了 **reverse** 函数来颠倒整个卡片数组
- 空间复杂度：O(1)，没有额外的内存分配

```
/**
 * @brief           反转扑克牌集合的顺序
```

```
 * @param cards     扑克牌集合（vector）
 */
void Revert(vector<Card>& cards)
    reverse(cards.begin(), cards.end()); // 使用 STL 函数反转牌的顺序
```

d. Pop 弹出

- 时间复杂度：O(1)，因为只是删除数组的第一个元素，并且不需要遍历整个数组
- 空间复杂度：O(1)，因为只有少量局部变量

```
/**
 * @brief           弹出并打印扑克牌集合中的第一张牌
 * @param cards     扑克牌集合（vector）
 */
void Pop(vector<Card>& cards) {
    if (牌堆不空)
        // 打印第一张牌的花色和数字
        cards.erase(cards.begin()); // 从集合中移除第一张牌
    else // 如果集合为空，则打印 "NULL"
}
```

2.5.5 调试分析（遇到的问题和解决方法）

1. 未处理牌号为字母的牌

测试数据前四个没有出现字母牌(A,J,Q,K)，因此可以通过，但是后几个数据中，含有字母牌，而我的程序调用比较函数比较牌号时，只考虑了整数的比较，如果出现字母，则字母一定会比数字要大，存在逻辑错误。

```
解决方法：
if      (a.number == "A") numA =  1;
else if (a.number == "J") numA = 11;
else if (a.number == "Q") numA = 12;
else if (a.number == "K") numA = 13;
```

2. 细节处理

处理非法命令，非法花色，非法牌号。

3. 使用 vector 容器

vector 相当于动态数组，并且内置许多函数，可以实现很多较复杂操作，例如排序等，而且，内置的 sort 函数可以自定义，使用起来很便捷。

vector 有以下优点：动态数组容器，随机访问，可迭代，空间开销少。

2.5.6 总结和体会

这道题给了我很多启发，最主要是 vector 容器的使用，十分便捷，同时了解到 C++内置的 STL 库中还有许多有趣有用的函数。

3. 实验总结

1. 数据结构的应用：通过实验中涉及的不同题目，我应用了各种数据结构，如顺序表、链表和 vector 容器等，更深地理解了各种数据结构优缺点以及适用情形。

2. 算法效率:通过实验，我更深刻地理解了时间复杂度的概念，学会了如何分析算法时间复杂度，空间复杂度，并通过比较，选择出效率更高的算法来解决问题，优化我的代码。

3. 同时，我认识到自己还有许多不足，我的代码健壮性不够，应该更关注异常情况的处理。同时应该提高代码复用度，更多使用函数和模块化编程。对于类和对象的使用，也应当在日后更多地使用。