第3章 抽象数据类型的实现

**3.1 实验概要**

**实验项目名称: 抽象数据类型的实现**

**实验项目性质: 设计性实验**

**所属课程名称: 数据结构**

**实验计划学时: 6**

**3.2 实验目的**

对某组具体的抽象数据类型，运用课程所学的知识和方法，设计合理的数据结构，并在此基础上实现该抽象数据类型的全部基本操作。通过本设计性实验，检验所学知识和能力，发现学习中存在的问题。 进而达到熟练地运用本课程中的基础知识及技术的目的。

**3.3 预习与参考**

1．确定要实现的抽象数据类型，并对基本操作做适当的选取和增加；

2．选择存储结构，并写出相应的类型定义；

3．设计各基本操作的实现算法，并表达为函数形式；

4．设计测试方案，编写主函数；

5．将上述4步的结果写成预习报告。

**3.4 实验要求和设计指标**

以教材中讨论的各种抽象数据类型为对象，利用C语言的数据类型表示和实现其中某个抽象数据类型。可选的抽象数据类型如下表所列：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **编号** | **抽象数据类型** | **基本难度** | **存储结构** |
| **1** | **栈和队列** | **1.0** | **顺序 和 链接** |
| **2** | **线性表** | **1.0** | **顺序 和 链接** |
| **3** | **哈希表** | **1.1** | **任选** |
| **4** | **二叉树** | **1.2** | **任选** |
| **5** | **堆** | **1.2** | **任选** |
| **6** | **二叉排序树** | **1.2** | **任选** |
| **7** | **平衡二叉树** | **1.3** | **任选** |
| **8** | **树** | **1.2** | **任选** |
| **9** | **并查集** | **1.2** | **任选** |
| **10** | **B树** | **1.4** | **任选** |
| **11** | **有向图** | **1.3** | **任选** |
| **12** | **无向图** | **1.3** | **任选** |
| **13** | **有向带权图** | **1.3** | **任选** |

注：如果基本操作数量较多，可选择实现其中一个基本操作子集。

实验要求如下：

1．首先了解设计的任务，然后根据自己的基础和能力从中选择一题。一般来说，选择题目应以在规定的时间内能完成，并能得到应有的锻炼为原则。 若学生对教材以外的相关题目较感兴趣，希望选作实验的题目时，应征得指导教师的认可，并写出明确的抽象数据类型定义及说明。

2. 实验前要作好充分准备，包括：理解实验要求，掌握辅助工具的使用，了解该抽象数据类型的定义及意义，以及其基本操作的算法并设计合理的存储结构。

3. 实验时严肃认真，要严格按照要求独立进行设计，不能随意更改。注意观察并记录各种错误现象，纠正错误，使程序满足预定的要求，实验记录应作为实验报告的一部分。

4. 实验后要及时总结，写出实验报告，并附所打印的问题解答、程序清单，所输入的数据及相应的运行结果。

**3.5 实验仪器设备和材料**

计算机学院实验中心。

编程环境：AnyviewCL可视化编程环境、TC++、C++Builder、VC++或Java。

**3.6 调试及结果测试**

调试内容应包括：调试过程中遇到的问题是如何解决的以及对实验的讨论与分析；基本操作的时间复杂度和空间复杂度的分析和改进设想。列出对每一个基本操作的测试结果，包括输入和输出，测试数据应完整和严格。

**3.7 考核形式**

考核形式以实验过程和实验报告相结合的方式进行。在实验完成后，应当场运行和答辩，由指导教师验收，只有在验收合格后才能算实验部分的结束。实验报告作为整个设计性实验评分的书面依据。设计性实验的成绩评定以选定题目的难易度、完成情况和实验报告为依据综合评分。从总体来说，所实现的抽象数据类型应该全部符合要求，类型定义，各基本操作的算法以及存储结构清晰；各模快测试运行正确；程序的结构合理；设计报告符合规范。

**3.8 实验报告要求**

实验结束后要写出实验报告，以作为整个设计性实验评分的书面依据和存档材料。实验报告是反映学生实验效果的最主要的依据，也是学生正确地表达问题、综合问题和发现问题的能力的基本培养手段，因而是非常重要的内容。本设计性实验的报告要包括以下几项内容：

（1）设计任务、要求及所用软件环境或工具；

（2）抽象数据类型定义以及各基本操作的简要描述；

（3）所选择的存储结构描述及在此存储结构上各基本操作的实现；

（4）程序清单（计算机打印），输入的数据及各基本操作的测试结果；

（5）实验总结和体会。

实验报告以规定格式的电子文档书写、打印并装订，排版及图表要清楚、工整。

**3.9 思考题**

对设计性实验进行总结和讨论，包括本实验的优、缺点，数据存储结构的特点，与其它存储结构之间的比较等。通过总结，可以对抽象数据类型有更全面、深入的认识，这是设计性实验不可缺少的重要内容。这部分内容应作为实验报告中的一个组成部分。

**3.10 示例**

**1. 题目**

采用字符类型为元素类型和无头结点单链表为存储结构，实现抽象数据类型List。

ADT List{

**数据对象**：D＝{ ai | ai∈ElemSet, i=1,2,...,n, n≥0 }

**数据关系**：R1＝{ <ai-1, ai>|ai-1, ai∈D, i=2,...,n }

**基本操作**：

SetEmpty(**&**L)

操作结果：构造一个空的线性表L。

Destroy(**&**L)

初始条件：线性表L已存在。

操作结果：销毁线性表L。

Length(L)

初始条件：线性表L已存在。

操作结果：返回L中元素个数。

Get(L, i, **&**e)

初始条件：线性表L已存在，1≤i≤LengthList(L)。

操作结果：用e返回L中第i个元素的值。

Locate(L, e, compare())

初始条件：线性表L已存在，compare()是元素判定函数。

操作结果：返回L中第1个与e满足关系compare()的元素的位序。

若这样的元素不存在，则返回值为0。

Insert(**&**L, i, e)

初始条件：线性表L已存在，1≤i≤LengthList(L)+1。

操作结果：在L的第i个元素之前插入新的元素e，L的长度加1。

Delete(**&**L, i, **&**e)

初始条件：线性表L已存在且非空，1≤i≤LengthList(L)。

操作结果：删除L的第i个元素，并用e返回其值，L的长度减1。

Display(L)

初始条件：线性表L已存在。

操作结果：依次输出L的每个元素。

} ADT List

**2．存储结构定义**

公用头文件DS0.h:

#**include** <conio.h>

#**include** <stdio.h>

#**include** <stdlib.h>

#**include** <string.h>

#**include** <values.h>

#**define** TRUE 1

#**define** FALSE 0

#**define** OK 1

#**define** ERROR 0

#**define** IBFEASIBLE -1

#**define** OVERFLOW -2

#**define** MAXLEN 20

**#define** MAXSIZE 20

**typedef** int Status;

**typedef char** ElemType; /\* 元素类型为字符类型\*/

1. 顺序存储结构

#**define** LIST\_INIT\_SIZE 20 /\*线性表存储空间的初始分配量\*/

#**define** LISTINCREMENT 10 /\*线性表存储空间的分配增量\*/

**typedef struct{**

ElemType \*elem; /\*存储空间基址\*/

**int** length; /\*当前长度\*/

**int** listsize; /\*当前分配的存储容量\*/

**}** SqList;

1. 无头结点单链表存储结构

**typedef** **struct** LNode **{**

ElemType data;

**struct** LNode \*next;

**}** LNode, \*LList; /\* 不带头结点单链表类型\*/

1. 带头结点单链表存储结构

**typedef** **struct** LNode **{** /\* 结点类型 \*/

ElemType data;

**struct** LNode \*next;

**}** LNode, \*Link, \*Position;

**typedef** **struct** LinkList **{** /\* 链表类型 \*/

Link head,tail; /\* 分别指向线性链表中的头结点和最后一个结点 \*/

**int** len; /\* 指示线性链表中数据元素的个数 \*/

**}** LinkList;

**3. 算法设计**

1. 顺序存储结构

Status SetEmpty(SqList &L) **{** /\*构造一个空的顺序线性表 \*/

L.elem=(ElemType\*)malloc(LIST\_INIT\_SIZE\*sizeof(ElemType));

**if**(!L.elem)

**return** OVERFLOW; /\* 存储分配失败 \*/

L.length=0; /\* 空表长度为0 \*/

L.listsize=LIST\_INIT\_SIZE; /\* 初始存储容量 \*/

**return** OK;

**}**

Status Destroy (SqList &L) **{** /\*销毁顺序线性表L \*/

free(L.elem);

L.elem=NULL;

L.length=0;

L.listsize=0;

**return** OK;

**}**

**int** Length(SqList L) **{** /\* 求表长\*/

**return** L.length;

**}**

Status Get(SqList &L, **int** i, ElemType &e) **{** /\* 获取第i元素 \*/

**if**(i<1||i>L.length)

**return** ERROR;

e=\*(L.elem+i-1);

**return** OK;

**}**

**int** Locate(SqList L, ElemType x) **{** /\* 确定x在表中的位序 \*/

ElemType \*p;

**int** i=1; /\* i的初值为第1个元素的位序 \*/

p=L.elem; /\* p的初值为第1个元素的存储位置 \*/

**while**(i<=L.length && \*p++!=x)

++i;

**if**(i<=L.length)

**return** i;

**else**

**return** 0;

**}**

Status Insert(SqList &L, **int** i, ElemType e) **{**

/\* 操作结果：在L中第i个位置之前插入新的数据元素e，L的长度加1 \*/

ElemType \*newbase,\*q,\*p;

**if**(i<1||i>L.length+1) /\* i值不合法 \*/

**return** ERROR;

**if**(L.length>= L.listsize) **{** /\* 当前存储空间已满,增加分配 \*/

newbase=(ElemType \*) realloc(L.elem,

(L.listsize+LISTINCREMENT)\*sizeof(ElemType));

**if**(!newbase) **return** OVERFLOW; /\* 存储分配失败 \*/

L.elem=newbase; /\* 新基址 \*/

L.listsize+=LISTINCREMENT; /\* 增加存储容量 \*/

**}**

q=L.elem+i-1; /\* q为插入位置 \*/

**for**(p=L.elem+L.length-1; p>=q; --p)

\*(p+1)=\*p; /\* 插入位置及之后的元素右移 \*/

\*q=e; /\* 插入e \*/

++L.length; /\* 表长增1 \*/

**return** OK;

**}**

Status Delete(SqList &L, **int** i, ElemType &e) **{**

/\* 初始条件：顺序线性表L已存在，1≤i≤ListLength(L) \*/

/\* 操作结果：删除L的第i个数据元素，并用e返回其值，L的长度减1 \*/

ElemType \*p,\*q;

**if**(i<1||i> L.length) /\* i值不合法 \*/

**return** ERROR;

p= L.elem+i-1; /\* p为被删除元素的位置 \*/

e=\*p; /\* 被删除元素的值赋给e \*/

q= L.elem+L.length-1; /\* 表尾元素的位置 \*/

**for**(++p; p<=q; ++p) /\* 被删除元素之后的元素左移 \*/

\*(p-1)=\*p;

L.length--; /\* 表长减1 \*/

**return** OK;

**}**

Status Display(SqList L) **{** /\* 依次显示表中元素 \*/

ElemType \*p;

**int** i;

p=L.elem;

printf("( ");

**for**(i=1; i<=L.length; i++)

printf("%c",\*p++);

printf(" )\n");

**return** OK;

**}**

1. **无头结点单链表**

**void** SetEmpty(LList &L) **{** /\* 置无头结点的空单链表\*/

L=NULL;

**}**

Status Destroy (LList &L) { /\* 销毁链表\*/

LList q=L;

**while**(L) {

L=L->next;

free(q);

q=L;

}

**return** OK;

**}**

**int** Length(LList L) **{** /\* 求表长\*/

int n=0;

**while**(L!=NULL) **{**

n++;

L=L->next;

**}**

**return** n;

**}**

Status Get(LList L, **int** i, ElemType &e) **{** /\* 获取第i元素 \*/

int j=1;

**while** (j<i && L!=NULL) **{**

L=L->next;

j++;

**}**

**if**(L!=NULL) **{** e=L->data; **return** OK; **}**

**else** **return** ERROR; /\* 位置参数i不正确 \*/

**}**

**int** Locate(LList L, ElemType x) **{** /\* 确定x在表中的位序 \*/

**int** n=1;

**while** (L!=NULL && L->data!=x) **{**

L=L->next;

n++;

**}**

**if** (L==NULL) **return** 0;

**else return** n;

**}**

Status Insert(LList &L, **int** i, ElemType e) **{** /\* 插入第i元素\*/

**int** j=1;

LList s,q;

s=(LList)malloc(sizeof(LNode));

s->data=e;

q=L;

**if** (i==1) **{** s->next=q; L=s; **return** OK;**}**

**else {**

**while**(j<i-1 && q->next!=NULL) **{**

q=q->next;

j++;

**}**

**if** (j==i-1) {

s->next=q->next;

q->next=s;

**return** OK;

**}**

**else** **return** ERROR; /\* 位置参数i不正确 \*/

**}**

**}**

Status Delete(LList &L, **int** i, ElemType &e) **{** /\* 删除第i元素\*/

**int** j=1;

LList q=L,t;

**if** (i==1) **{**

e=q->data;

L=q->next;

free(q);

**return** OK;

**}**

**else {**

**while** (j<i-1 && q->next!=NULL) **{**

q=q->next;

j++;

**}**

**if** (q->next!=NULL && j==i-1) **{**

t=q->next;

q->next=t->next;

e=t->data;

free(t);

**return** OK;

**}**

**else return** ERROR; /\* 位置参数i不正确\*/

**}**

**}**

**void** Display(LList L) **{** /\* 依次显示表中元素 \*/

printf("单链表显示: ");

**if** (L==NULL)

printf("链表为空!");

**else** **if** (L->next==NULL)

printf("%c\n", L->data);

**else {**

**while**(L->next!=NULL) **{**

printf("%c->", L->data);

L=L->next;

**}**

printf("%c", L->data);

**}**

printf("\n");

**}**

1. **带头结点单链表**

Status SetEmpty(LinkList &L) **{** /\* 置带头结点的空单链表\*/

Link p;

p=(Link)malloc(sizeof(LNode)); /\* 生成头结点 \*/

**if**(p) **{**

p->next=NULL;

L.head=L.tail=p;

L.len=0;

return OK;

**}**

**else**

**return** ERROR;

**}**

Status Destroy(LinkList &L) **{** /\* 销毁线性链表L，L不再存在 \*/

Link p,q;

**if**(L.head!=L.tail) **{** /\* 不是空表 \*/

p=q= L.head->next;

L.head->next=NULL;

**while**(p!=L.tail) **{**

p=q->next;

free(q);

q=p;

**}**

free(q);

**}**

free(L.head);

L.head=L.tail=NULL;

L.len=0;

**return** OK;

**}**

**int** Length(LinkList L) **{** /\* 返回线性链表L中元素个数 \*/

**return** L.len;

**}**

Status Get(LinkList L, **int** i, ElemType &e) **{** /\* 获取第i元素 \*/

/\* i=0为头结点 \*/

Link p;

**int** j;

**if**(i<1||i>L.len)

**return** ERROR;

**else** **{**

p=L.head;

**for**(j=1;j<=i;j++)

p=p->next;

e=p->data;

**return** OK;

**}**

**}**

**int** Locate(LinkList L, ElemType x) **{** /\* 确定x在表中的位序 \*/

**int** i=0;

Link p=L.head;

**do {**

p=p->next;

i++;

**} while**(p && p->data!=x); /\* 没到表尾且没找到满足关系的元素 \*/

**if** (!p)

**return** 0;

**else**

**return** i;

**}**

Status Insert(LinkList &L, **int** i, ElemType e) **{** /\* 插入第i元素\*/

**int** j=0;

Link s,q;

s=(Link)malloc(sizeof(LNode));

s->data=e;

q=L.head;

**while**(j<i-1 && q->next!=NULL) **{**

q=q->next;

j++;

**}**

**if** (j==i-1) **{**

s->next=q->next;

q->next=s;

**if** (L.tail==q) L.tail=s;

L.len++;

**return** OK;

**}**

**else** **return** ERROR; /\* 位置参数i不正确 \*/

**}**

Status Delete(LinkList &L, **int** i, ElemType &e) **{**

/\* 删除第i元素\*/

**int** j=0;

Link q=L.head,t;

**while** (j<i-1 && q->next!=NULL) **{**

q=q->next;

j++;

**}**

**if** (q->next!=NULL && j==i-1) **{**

t=q->next;

q->next=t->next;

e=t->data;

**if**(L.tail==t) L.tail=q;

free(t);

L.len--;

**return** OK;

**}**

**else return** ERROR; /\* 位置参数i不正确\*/

**}**

**void** Display(LinkList L) **{** /\* 依次显示表中元素 \*/

Link p;

printf("单链表显示: ");

**if** (L.head==L.tail)

printf("链表为空!");

**else {**

p=L.head->next;

**while**(p->next!=NULL) **{**

printf("%c->", p->data);

p=p->next;

**}**

printf("%c", p->data);

**}**

printf("\n");

**}**

**4．测试**

1. **顺序存储结构**

SqList head;

**void** main() **{** /\* 主函数\*/

**char** e,c;

**int** i,n,select,x1,x2,x3,x4,m,g;

SetEmpty(head);

n=random(8); /\* 随机产生表长 \*/

**for** (i=1; i<=n; i++) **{** /\* 将数据插入到顺序表中 \*/

c='A'+random(26);

Insert(head,i,c);

**}**

**do** **{**

Display(head);

printf("select 1 求长度 Length()\n");

printf("select 2 取结点 Get()\n");

printf("select 3 求值查找 Locate()\n");

printf("select 4 删除结点 Delete()\n");

printf("input your select: ");

scanf("%d",&select);

**switch**(select) **{**

**case** 1: x1=Length(head);

printf("顺序表的长度:%d ",x1);

**break**;

**case** 2: printf("请输入要取的结点序号: ");

scanf("%d",&m);

**if**(Get(head,m,x2)) printf("%c\n",x2);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**case** 3: printf("请输入要查找的数据元素: ");

scanf("\n%c",&e);

x3=Locate(head,e);

printf("%d\n",x3);

**break**;

**case** 4: printf("请输入要删除的元素序号: ");

scanf("%d",&g);

**if**(Delete(head,g,x4)) printf("%c\n",x4);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**}**

**} while** (select>0 && select <5);

**}**

1. **无头结点单链表**

LList head;

**void** main() **{** /\* 主函数\*/

**char** e,c;

**int** i,n,select,x1,x2,x3,x4,m,g;

SetEmpty(head);

n=random(8); /\* 随机产生表长 \*/

**for** (i=1; i<=n; i++) **{** /\* 将数据插入到顺序表中 \*/

c='A'+random(26);

Insert(head,i,c);

**}**

**do** **{**

Display(head);

printf("select 1 求长度 Length()\n");

printf("select 2 取结点 Get()\n");

printf("select 3 求值查找 Locate()\n");

printf("select 4 删除结点 Delete()\n");

printf("input your select: ");

scanf("%d",&select);

**switch**(select) **{**

**case** 1: x1=Length(head);

printf("顺序表的长度:%d ",x1);

**break**;

**case** 2: printf("请输入要取的结点序号: ");

scanf("%d",&m);

**if**(Get(head,m,x2)) printf("%c\n",x2);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**case** 3: printf("请输入要查找的数据元素: ");

scanf("\n%c",&e);

x3=Locate(head,e);

printf("%d\n",x3);

**break**;

**case** 4: printf("请输入要删除的元素序号: ");

scanf("%d",&g);

**if**(Delete(head,g,x4)) printf("%c\n",x4);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**}**

**} while** (select>0 && select <5);

**}**

1. **带头结点单链表**

LinkList head;

**void** main() **{** /\* 主函数\*/

**char** e,c;

**int** i,n,select,x1,x2,x3,x4,m,g;

SetEmpty(head);

n=random(8); /\* 随机产生表长 \*/

**for** (i=1; i<=n; i++) **{** /\* 将数据插入到顺序表中 \*/

c='A'+random(26);

Insert(head,i,c);

**}**

**do {**

Display(head);

printf("select 1 求长度 Length()\n");

printf("select 2 取结点 Get()\n");

printf("select 3 求值查找 Locate()\n");

printf("select 4 删除结点 Delete()\n");

printf("input your select: ");

scanf("%d",&select);

**switch**(select) **{**

**case** 1: x1=Length(head);

printf("顺序表的长度:%d ",x1);

**break**;

**case** 2: printf("请输入要取的结点序号: ");

scanf("%d",&m);

**if**(Get(head,m,x2)) printf("%c\n",x2);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**case** 3: printf("请输入要查找的数据元素: ");

scanf("\n%c",&e);

x3=Locate(head,e);

printf("%d\n",x3);

**break**;

**case** 4: printf("请输入要删除的元素序号: ");

scanf("%d",&g);

**if**(Delete(head,g,x4)) printf("%c\n",x4);

**else** printf("错误\n");

**break**;

**}**

**} while** (select>0 && select<5);

**}**

**5．三种存储结构的比较**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 存储结构 | 顺序映象 | 无头结点单链表 | 带头结点单链表 |
| 基  本  操  作  时  间  复  杂  度 | SetEmpty(**&**L) | ***O***(1) | ***O***(1) | ***O***(1) |
| Destroy(**&**L) | ***O***(1) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| Length(L) | ***O***(1) | ***O***(n) | ***O***(1) |
| Get(L, i, **&**e) | ***O***(1) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| Locate(L,e,compare()) | ***O***(n) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| Insert(**&**L, i, e) | ***O***(n) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| Delete(**&**L, i, **&**e) | ***O***(n) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| Display(L) | ***O***(n) | ***O***(n) | ***O***(n) |
| 优  缺  点  分  析 | 优 点 | 可以随机存取 | 插入删除时不需要移动元素 | 1．对空表不需要额外进行判断处理；  2．求表长度方便 |
| 缺 点 | 插入删除时需要移动元素 | 1．对空表需要额外进行判断处理；  2．求表长不方便 | 不能随机存取 |

**6．思考与小结**

（1）无头结点单链表的插入和删除操作的实现，要区分该表是否为空，并编写相应的代码。

（2）在算法设计时，要注意判断有关参数值的合法性。

（3）三种存储结构的主函数相同。设计主函数及测试运行时，要考虑测试的完备性。

**7．预习报告和实验报告**

（1）预习报告：包括1-4步的初稿。

（2）实验报告：在预习报告的基础上，增加在实验中，对算法修改核调试的收获体会，以及思考和小结的内容。