

Shuju Jiegou Shiyan
Zhidao Jiaocheng
C Yuyanban

《数据结构》实验指导教程 (C语言版)

◎ 马杰良 陈慧 主编

马杰良 陈 慧 主编

 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 提 要

本书主要是配合高等院校信息类相关专业“数据结构”课程实验教学而编写的。根据理论课程的教学内容,本书有针对性地给出了相关专题实验,目的在于帮助读者加强对理论知识的理解、提高编程能力以及利用理论知识分析解决问题的能力。

本书内容共分8章,对应于理论课程中各种重要的数据结构,包括线性表、栈和队列、串、数组、二叉树、图以及查找和排序。对每种数据结构,本书都系统地给出了理论知识、相关算法、参考程序以及运行结果。

本书内容丰富、形式新颖、结构合理、图文并茂,实验项目与理论结合紧密,既可作为高等院校相关专业学生的实验教材,也可供其他相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

《数据结构》实验指导教程:C语言版/马杰良,陈慧主编.

—北京:气象出版社,2009.4

ISBN 978-7-5029-4726-2

I. 数… II. ①马…②陈… III. ①数据结构—高等学校—
教学参考资料②C语言—程序设计—高等学校—教学参考资料
IV. TP311.12 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 040458 号

Shuju Jiegou Shiyan Zhidao Jiaocheng (C yuyanban)

《数据结构》实验指导教程(C语言版)

马杰良 陈慧 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cma.gov.cn>

策划编辑:李太宇

责任编辑:林雨晨

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京昌平环球印刷厂

开 本:787mm×960mm 1/16

字 数:240千字

版 次:2009年4月第1版

印 次:2009年4月第1次印刷

定 价:25.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:朱文琴

责任技编:都 平

印 张:12.25

印 数:1~3000

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

《数据结构》是计算机和信息类相关专业的一门核心课程,是计算机程序设计的重要基础。随着计算机技术在各个领域的广泛应用,《数据结构》也逐渐成为其他相关专业的热门选修课程甚至专业基础课程。

《数据结构》课程具有理论与实践并重的特征。因此,学好这门课程不仅要掌握理论基础知识,而且还要具备运用理论知识处理实际问题的技能。由于数据结构本身的复杂性和抽象性,给大多数普通高校的学生学习这门课程带来困难,学生对数据结构理论的理解不够深刻,难以掌握其中算法的本质,特别是不会上机编程实现较复杂的算法,因而也就更加难以将数据结构的知识应用到解决实际问题的过程中。基于以上认识,我们编写了这本《数据结构实验指导教程(C语言版)》,旨在帮助学生通过有针对性的实验掌握实现复杂算法的技能。

本书的编写主要面向信息类相关专业的理工科学生,同时也可以作为计算机专业学生学习《数据结构》的基础实验教材。为了满足大多数学生的学习需要,本书的内容编排采取与大部分数据结构理论教程内容相对应的方式。书中的算法采用类C语言描述,例程采用C语言实现。

全书内容共分为8章。第1章是绪论,介绍本书的主要内容以及实验相关的预备知识和实验环境。第2章到第8章分别针对不同的数据结构设计实验内容:其中,第2章是线性表的相关实验;第3章是栈和队列的相关实验;第4章是串的相关实验;第5章是数组的相关实验;第6章是二叉树的相关实验;第7章是图的相关实验;第8章是查找和排序的相关实验。对于每一章的实验,我们首先对相关背景知识做概述,然后分别设

计基础实验和综合实验,以使学生有针对性地学习。对其中的每个基础实验,我们都给出了参考程序和运行结果,读者可以通过阅读参考程序和对应的运行结果检验对相关算法的掌握程度。

本书由南京信息工程大学电子与信息工程学院的马杰良老师、陈慧老师负责编写。在本书的编写过程中,衷心感谢合肥工业大学计算机与信息学院的胡学钢教授提出的很多宝贵意见。此外,本书在编写过程中参考和引用了相关文献,在此向作者们致以衷心的感谢!

希望本书能够对学生进一步学好《数据结构》课程带来启迪和帮助。由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在不足和错误之处,敬请广大读者批评指教!

编者

2009年3月 于南京

目 录

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 数据结构实验概述	(1)
1.2 预备知识	(3)
1.3 实验环境	(5)
第 2 章 线性表	(6)
2.1 背景知识	(6)
2.1.1 线性表的逻辑结构	(6)
2.1.2 线性表的物理结构	(7)
2.2 基础实验	(8)
2.2.1 实验一 顺序表的基本操作	(8)
2.2.2 实验二 线性链表的基本操作	(16)
2.3 综合实验	(25)
2.3.1 实验一 集合的交、差、并运算	(25)
2.3.2 实验二 一元多项式求和	(32)
2.3.3 实验三 约瑟夫环问题	(38)
第 3 章 栈和队列	(43)
3.1 背景知识	(43)
3.1.1 栈的逻辑结构	(43)
3.1.2 栈的物理结构	(44)
3.1.3 队列的逻辑结构	(45)
3.1.4 队列的物理结构	(45)
3.2 基础实验	(47)
3.2.1 实验一 栈的基本操作	(47)
3.2.2 实验二 链队列的基本操作	(52)
3.2.3 实验三 循环队列的基本操作	(59)
3.3 综合实验	(64)

3.3.1 实验一 数制转换	(64)
3.3.2 实验二 表达式求值	(66)
3.3.3 实验三 杨辉三角	(69)
第4章 串	(71)
4.1 背景知识	(71)
4.1.1 串的逻辑结构	(71)
4.1.2 串的物理结构	(72)
4.2 基础实验	(72)
4.2.1 实验一 定长顺序存储串的基本操作	(72)
4.2.2 实验二 堆分配存储串的基本操作	(75)
4.3 综合实验	(79)
4.3.1 串的模式匹配	(79)
第5章 数组	(82)
5.1 背景知识	(82)
5.1.1 数组的逻辑结构	(82)
5.1.2 数组的物理结构	(83)
5.2 基础实验	(84)
5.2.1 实验一 对称矩阵的存储	(84)
5.2.2 实验二 稀疏矩阵的转置运算	(86)
5.3 综合实验	(90)
5.3.1 魔方阵的求解	(90)
第6章 二叉树	(92)
6.1 背景知识	(92)
6.1.1 二叉树的逻辑结构	(92)
6.1.2 二叉树的物理结构	(93)
6.2 基础实验	(95)
6.2.1 实验一 二叉树的构造和遍历	(95)
6.2.2 实验二 线索二叉树	(100)
6.3 综合实验	(105)
6.3.1 实验一 二叉树的参数计算	(105)
6.3.2 实验二 Huffman(赫夫曼)编码	(108)
第7章 图	(111)
7.1 背景知识	(111)
7.1.1 图的逻辑结构	(111)

7.1.2 图的物理结构	(112)
7.2 基础实验	(114)
7.2.1 实验一 图的深度优先遍历	(114)
7.2.2 实验二 图的广度优先遍历	(118)
7.3 综合实验	(121)
7.3.1 实验一 求解关键路径	(121)
7.3.2 实验二 维修部选址问题	(124)
第8章 查找和排序	(127)
8.1 背景知识	(127)
8.1.1 查找	(127)
8.1.2 排序	(127)
8.2 基础实验	(128)
8.2.1 实验一 静态查找表中的查找	(128)
8.2.2 实验二 基于二叉排序树的查找	(132)
8.2.3 实验三 哈希查找	(134)
8.3 综合实验	(137)
8.3.1 实验一 综合排序	(137)
8.3.2 实验二 学生信息管理	(141)
附录:参考程序	(143)
【实验 4.2.1】定长顺序串实验参考程序	(143)
【实验 4.2.2】堆分配存储串实验参考程序	(146)
【实验 5.2.1】对称矩阵实验参考程序	(150)
【实验 5.2.2】稀疏矩阵转置实验参考程序	(152)
【实验 6.2.1】二叉树构造与遍历实验参考程序	(154)
【实验 6.2.2】线索二叉树实验参考程序	(161)
【实验 7.2.1】图的深度优先遍历实验参考程序	(164)
【实验 7.2.2】图的广度优先遍历实验参考程序	(168)
【实验 ShortestPath】最短路径实验参考程序	(174)
【实验 8.2.1】静态查找表实验参考程序	(178)
【实验 8.2.2】二叉排序树实验参考程序	(181)
【实验 8.2.1】哈希查找实验参考程序	(185)
参考文献	(188)

第 1 章 绪 论

数据结构实验是数据结构课程学习过程中不可缺少的一部分,本章首先对数据结构实验的具体安排做概述,明确数据结构实验的相关内容、步骤以及要求,再补充说明数据结构实验完成过程中所需要用到的相关知识。

1.1 数据结构实验概述

一、数据结构实验的目标

数据结构不仅是一门理论性强的课程,也是一门实践性很强的课程,而理论和实践应该是紧密联系的。通过理论课程的学习,我们要熟练掌握软件设计中常见的数据结构,当然还包括对算法的分析方法。这些理论知识比较抽象,因此必须通过实验课程来加深对所学理论的理解。另一方面,数据结构学习的最终目的是解决实际问题,因此也十分有必要进行实验课程的学习。数据结构实验课程的设计着眼于原理与应用的结合,通过数据结构实验课程的学习,应达到以下目标:

(1)深化了解理论课程中介绍的理论知识,理解每种数据结构的逻辑特征、物理结构、基本操作的实现算法以及数据结构相关应用问题的求解算法;

(2)培养数据结构的应用能力,掌握数据结构与算法的设计方法,提高综合运用所学的理论知识和方法以及独立分析和解决问题的能力;

(3)培养软件工程所需的实践能力,掌握软件开发过程的问题分析、系统设计、程序编码、测试等基本方法和技能。

二、数据结构实验的内容

为了配合数据结构理论课程的学习,针对数据结构学习的上机实验环节的需求,

本书将实验内容划分为两大部分:基础实验和综合实验。

1. 基础实验

基础实验的内容主要是对教材中提出的基本算法进行编程实现和验证,深化理解和掌握理论知识。把这类题目作为共同的最低要求平台,考查学生对理论知识的理解程度,要求每个学生必须完成。

2. 综合实验

综合性实验与实际问题相结合,通过对具体问题的分析,将数据结构知识综合应用到实际问题的解决中。综合实验的内容主要是针对具体问题,应用某一个或几个知识点,设计方案,并上机验证,以培养对数据结构的应用能力。由于在这里我们把验证性实验以外的实验都划归为综合实验,因此实验题的难度和规模各有不同,对这部分实验学生可在教师指导下选择完成。

对于每个实验,本书都给出了具体介绍,分为以下几个部分:

(1)实验目的:提出进行本次实验的目的。

(2)实验内容:介绍本次实验所要完成的具体内容。

(3)实验要求:对实验题中的具体细节给出相关要求。

(4)知识链接:对本次实验所涉及的理论知识点进行简要分析。

(5)测试数据:给出本次实验的输入数据和输出结果,用以测试实验的正确性。

此外,对于基础实验,给出具体的运行截图,增加对本实验的感性认识。

三、数据结构实验的步骤

为了充分利用数据结构实验,较好地完成实验目标,每个实验按以下步骤进行:

1. 实验准备

每一次实验从阅读实验指导手册开始。了解本次实验的实验目的、实验内容和实验要求,并参考手册中所给的知识链接查阅理论教材和相关资料,熟悉实验所涉及的理论知识。

2. 算法设计

分析实验题目,结合所学知识,确定数据结构(包括逻辑结构、物理结构),进而进行算法设计,写出相关算法步骤。

3. 程序设计

根据已设定的算法,用C语言进行程序设计。

4. 调试和测试

将所编写的程序在计算机上调试通过,根据手册所给测试数据运行程序,再选取若干组测试数据对程序进行尽可能全面的测试。

5. 整理完成实验报告

四、数据结构实验报告的要求

实验报告是数据结构实验不可缺少的一部分,有利于指导实验的顺利完成并对实验进行总结,加深对相关知识的理解,提高分析问题的能力。数据结构实验报告要求分为以下几个部分完成。

1. 问题描述

根据实验题目对具体实验题详细描述,以帮助更充分地理解实验要求,顺利展开实验。

2. 问题分析

根据对实验任务的理解,指出该实验要解决的问题。从以下两个方面进行详细分析:

(1)逻辑结构:设计逻辑结构描述问题,确定基本操作,写出抽象数据类型;

(2)物理结构:设计物理存储方式,并写出存储结构类型描述。

3. 算法设计与分析

(1)根据对问题的分析,提出解决问题的算法思想,用类 C 语言写出具体算法描述;

(2)分析算法的实践复杂度。

4. 程序编写

根据算法用 C 语言编写程序,写出源代码。

4. 运行结果

给出所输入的不同测试数据并给出相应的运行结果。

5. 实验总结

(1)对运行结果进行分析;

(2)总结该实验后的收获及存在的问题等。

1.2 预备知识

本书是针对数据结构理论知识所设计的配套实验教材,用类 C 语言作为算法描述语言,用 C 语言作为编程语言。因此,对 C 语言相关的预备知识做简要介绍。

一、数据类型

C 语言的数据类型十分丰富,主要分为图 1.1 所示的几大类型。在这些数据类型中,数组、结构体、指针以及 typedef 是数据结构中常用的且十分重要的类型。因此,在学习数据结构之前要熟练掌握这些类型。

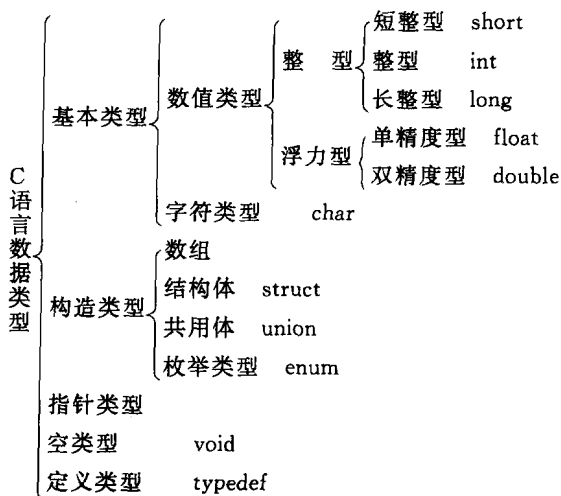


图 1 C 语言数据类型

二、函数

函数是 C 语言的基本单位。从用户使用角度划分,函数有以下两种:

1. 用户自定义函数

这类函数用以解决用户专门需要的函数,由用户自己定义。

2. 库函数

这类函数是由系统提供的。在数据结构中常用到的库函数有:数学函数、字符串函数、输入输出函数以及动态存储分配函数等。其中,前三类库函数是我们在 C 语言学习中常用的,下面对几个主要的动态分配函数做简要说明。

(1) `void * malloc (unsigned size)`:分配 size 字节的存储区。此函数返回所分配内存区的起始地址。若内存不够,则返回值为 0。

(2) `void * calloc (unsigned n, unsigned size)`:分配 n 个数据项的内存连续空间,每个数据项的大小为 size。函数返回所分配内存单元的起始地址。若分配不成功,则返回 0。

(3) `void * free ( void * p )`:释放由 p 指向的内存区。

(4) `void * realloc ( void * p, unsigned size )`:将 p 所指的已分配的内存区的大小改为 size, size 可以比原来分配的空间大或小。函数返回所分配内存单元的起始地址。若分配不成功,则返回 0。

三、预处理命令

ANSI C 标准规定可以在 C 源程序中加入一些预处理命令,以改进程序设计环

境,提高编程效率。在数据结构实验中,预处理命令也是不可缺少的。主要包括:宏定义、文件包含和条件编译。

四、文件

文件是程序设计中的重要部分,一般来说指的是存储在外部介质上数据的集合。计算机系统中文件有许多形式。例如源程序文件、目标文件、可执行文件、头文件、库文件、压缩文件、多媒体文件等,这些文件通常是以二进制形式、以一定的格式存放在外部介质上的,在使用时才调入内存中来。

C 语言的文件操作函数很丰富,主要有:字符串读写函数 `fgets` 和 `fputs`,数据块读写函数 `fread` 和 `fwrite`,格式化读写函数 `fscanf` 和 `fprintf`,移动文件内部指针函数 `rewind` 和 `fseek`,文件检测函数 `feof`,`ferror` 和 `clearerr` 等。

在数据结构实验中,也常常会把数据以文件的形式存放。

1.3 实验环境

本书所设计的实验用 C 语言编写程序完成。C 语言程序的开发环境有很多,如 Turbo C、Borland C++、Visual C++ 等。这里,我们在 Visual C++ 环境下编程完成实验。

C 源程序可以在 Visual C++ 集成环境中进行编译、连接和运行。我们采用的是 Visual C++ 6.0 版本。

第 2 章 线性表

线性表是最常用、最简单的一种数据结构。本章首先给出线性表相关的背景知识,其次给出基础实验以验证线性表相关基本操作,最后给出综合实验考查线性表的应用问题。通过本章的实验,掌握线性表的逻辑结构和物理结构,通过编写程序实现基本操作,进一步提高分析解决实际问题的能力。

2.1 背景知识

2.1.1 线性表的逻辑结构

定义:线性表是由 n 个类型相同的数据元素组成的有限序列。通常记为: $L = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 。其中: L 为线性表名称,习惯用大写字母书写; a_i 为组成该线性表的第 i 个数据元素,习惯用小写书写;称 i 为数据元素 a_i 在线性表中的位序。

线性表的抽象数据类型定义如下:

ADT List

{

数据对象: $D = \{ a_i \mid a_i \in \text{ElemSet}, i=1, 2, \dots, n, n \geq 0 \}$

数据关系: $R = \{ \langle a_{i-1}, a_i \rangle \mid a_{i-1}, a_i \in D, i=2, \dots, n \}$

基本操作:

(1) InitList (&L)

(2) DestoryList (&L)

(3) ClearList (&L)

(4) ListEmpty (L)

(5) ListLength (L)

```
(6)GetElem ( L, i, &e)
(7)LocateElem (L, e, compare ( ) )
(8)PriorElem ( L, cur_e, &pre_e )
(9)NextElem ( L, cur_e, &next_e )
(10)ListInsert ( &L, i, e )
(11)ListDelete ( &L, i, &e )
(12)ListTraverse ( L, visit ( ) )
} ADT List
```

2.1.2 线性表的物理结构

本节主要介绍线性表的两种存储结构:顺序存储结构和链式存储结构。

一、顺序存储结构

线性表的顺序存储结构是指,把线性表的结点按逻辑顺序依次存放在一组地址连续的存储单元里。用这种顺序存储结构存储的线性表称为顺序表。

线性表的顺序存储结构如图 2.1 所示,其中 $loc(a_1)$ 是第一个元素的存储位置,每个数据元素占用 k 个存储单元。

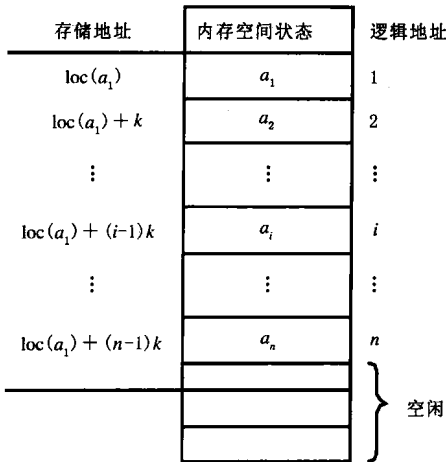


图 2.1 线性表的顺序存储结构

二、链式存储结构

线性表的链式存储结构是指用一组任意的存储单元(地址可以连续,也可以不连续)存储线性表中的数据元素。用这种链式存储结构存储的线性表称为线性链表。

线性链表是一种很灵活的存储结构,根据具体应用的需要可以构造不同形式的

线性链表,图 2.2 所示为几种常用的线性链表。

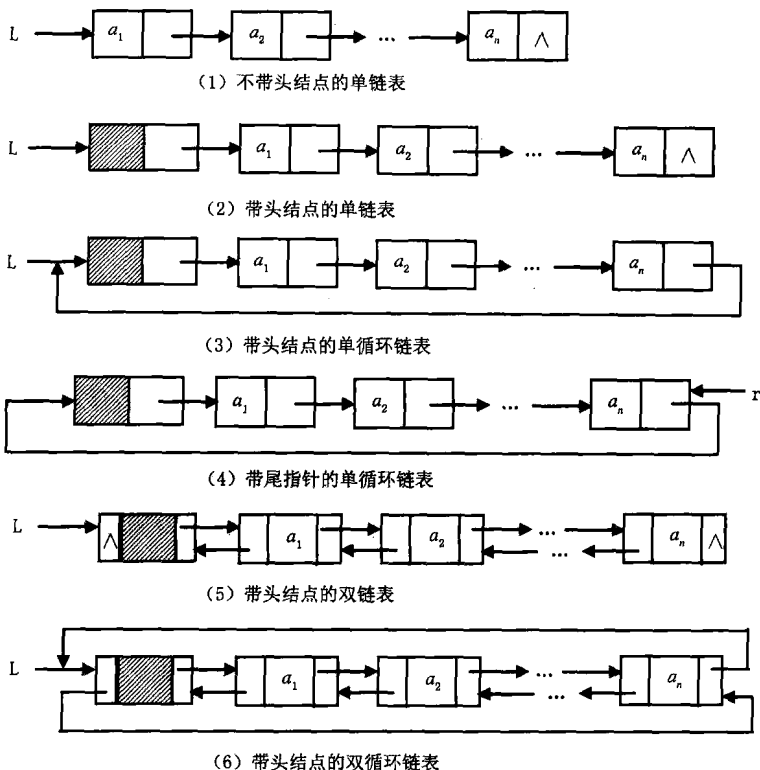


图 2.2 各种形式的线性链表结构

2.2 基础实验

本节实验对线性表相关的基本操作进行实验验证。

2.2.1 实验一 顺序表的基本操作

【实验目的】

- (1) 理解并掌握线性表的逻辑结构和顺序存储方式;
- (2) 理解顺序表相关基本算法;
- (3) 编程对相关算法进行验证。

【实验内容】

(1) 构造一个线性表 L , 用顺序存储方式存储该线性表, 将构造好的线性表输出并求出该线性表的长度;

(2) 在第 1 步所构造的线性表 L 中取序号为 i 的元素, 并用变量 e 返回;

(3) 在第 1 步所构造的线性表 L 中第 i 个元素之前插入一个元素 e , 并将更新后的线性表 L 输出;

(4) 在第 3 步更新后所得到的线性表 L 中删除第 j 个元素, 用变量 e 返回该元素, 并将更新后的线性表 L 输出。

【实验要求】

(1) 线性表中的元素要从终端输入;

(2) 具体的输入和输出格式不限;

(3) 算法要具有较好的健壮性, 如: 对插入、删除操作中的错误操作要做适当处理。

【知识链接】**一、顺序表存储结构描述**

考虑到线性表在操作过程中长度可变, 并且存储空间的大小由具体应用需求决定, 因此这里采用动态分配一维数组来描述顺序表。具体描述如下:

```
# define LIST_INIT_SIZE      100      // 初始分配量
# define LISTINCREMENT      10      // 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;
```

二、基本操作的算法描述

本实验中涉及的两个关键操作是顺序表的插入和删除操作, 下面分别介绍这两个操作。

1. 插入

线性表的插入操作是指在表的第 i ($1 \leq i \leq n+1$) 个位置之前插入一个新元素 e ,