

全国计算机技术与软件专业
技术资格(水平)考试辅导用书

程序员考试

■ 精讲与精练

张淑平 沈林兴 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

TP311.1

53

2006

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试辅导用书

程序员考试精讲与精练

张淑平 沈林兴 主编

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是根据《计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试大纲(程序员级)》编写的考试辅导书。全书共 11 章,主要包括:计算机系统基础知识,操作系统基础知识,数据库基础知识,多媒体基础知识,网络基础知识,程序语言基础知识,软件工程基础知识,数据结构与算法,标准化基础知识,Visual Basic 程序设计基础知识以及算法与 C 语言程序设计。每章均包括学习目标与要求、知识点概述、典型例题与分析、强化训练习题和参考答案。

本书浓缩了考试复习内容,知识精练,重点突出,例题丰富,解答详细,既可作为计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试的应试辅导教材,也可作为大专院校师生的教学参考书。

策 划 臧延新

责任编辑 张晓燕

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2006 年 12 月第 1 版

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 27.75

字 数 663 千字

印 数 1~4000 册

定 价 30.00 元

ISBN 7 - 5606 - 0752 - 7/TP · 0381

XDUP 1024A01 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

全国计算机软件考试实施至今已经历了十多年，在社会上产生了很大的影响，对我国软件产业的形成和发展做出了重要的贡献。为适应我国信息化发展的需要，国家人事部和信息产业部决定将考试的级别拓展到计算机技术与软件的各个方面，以满足社会对各种信息技术人才的需求。

为了适应新的考试大纲要求，编者在《程序员教程》一书的基础上编写了这本关于程序员考试的辅导用书。由于在考试大纲中要求考生掌握的知识面很广，学习有一定的难度，因此，作者在编写本书时，注意与教材结合，与教材内容同步，对教材中的难点和重点知识进行了补充。本书的每一章均由学习目标与要求、知识点概述、重点与难点分析和强化训练习题四部分组成。

全书共分 11 章，由张淑平和沈林兴担任主编。第 1 章计算机系统基础知识由张淑平、李伯成编写，第 2 章操作系统基础知识、第 3 章数据库基础知识由王亚平编写，第 4 章多媒体基础知识由刘强编写，第 5 章网络基础知识由张凤琴编写，第 6 章程序语言基础知识由张淑平编写，第 7 章软件工程基础知识由褚华编写，第 8 章数据结构与算法由张淑平、王卫东编写，第 9 章标准化基础知识由刘强编写，第 10 章 Visual Basic 程序设计基础知识由沈林兴编写，第 11 章算法与 C 语言程序设计由张淑平编写，最后由张淑平统稿。

在本书的编写过程中，参考了许多相关的书籍和资料，编者在此对这些参考文献的作者表示感谢。同时感谢西安电子科技大学出版社在本书出版过程中所给予的支持和帮助。

因作者水平有限，书中难免存在错漏和不妥之处，望读者指正，以利改进和提高。

编 者

2006 年 12 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社培训类图书

——计算机提高普及类——		——计算机网络类——	
计算机键盘卡	3.50	电脑办公软件实训教程	26.00
计算机键盘练习与汉字录入技术	7.00	全面掌握Microsoft office 2003	31.00
五笔字型一册通	6.00	中文版Office 2003快学通	39.00
五笔字型快手教程	10.00	中文版Office XP应用技巧实例教程	33.00
五笔字型双解学查练词典(86/98版)	15.00	Office办公实用教程(XP版)	20.00
新版五笔字型编码手册	6.00	Office 2000中文版快学通	40.00
新版五笔字型速查手册(修订版)	6.80		
指法训练与五笔字型	17.00	——操作系统类——	
两小时学会五笔——Y.速成学习法	25.00	新手上网快手教程	17.00
中英文输入及排版技术实用教程	22.00	中文版Windows 98上网指南	17.00
电脑应用零点起步	20.00	网络安全实践	22.00
电脑应用快手教程	18.00	Windows Sever 2003网络使用教程	30.00
电脑组装DIY培训必备教程	22.00	精通Windows Sever 2003	
电脑组装DIY快手教程	18.00	中文版实用培训教程	33.00
组装与维修电脑实践教程	25.00	新编Internet应用标准教程	22.00
计算机组装维护实用教程	20.00	Internet技术及其应用教程	15.00
电脑组装与维护高手教程	24.00	Flash MX 2004网页动画精选70例	40.00
电脑常见故障急救手册	28.00	FlashMXActionScript与实例高手教程	34.00
电脑故障排除快手教程	20.00	FlashMX2004网络动画精彩实例创作通	32.00
新手学电脑一册通	22.00	FlashMX网页动画设计基础与进阶教程	18.00
新编电脑应用综合培训教程	19.00	中文版Flash MX网页动画制作教程	20.00
新编计算机应用培训教程	28.00	中文版Flash MX动画玩家快手教程	20.00
新编计算机基础短期培训教程	18.00	Dreamweaver MX&Flash MX&Fireworks	
新编计算机实用技术教程	28.00	MX网页设计培训教程	29.00
公务员电脑培训经典教程	20.00	Dreamweaver MX 2004 网页设计基础	
新世纪微机操作培训教程	25.00	与进阶培训教程	24.00
微机操作实用教程(Windows98版)	25.00	中文FrontPage 2000快学通	30.00
电脑应用三合一快捷教程	18.00	经典网页制作DIY—FrontPage2002	16.00
电脑应用快手教程	18.00	动态网页设计教程	26.00
微机应用环境实用教程	26.00	精彩网页制作三剑客实战(含光盘)	36.00
计算机应用新教程	24.00	网页制作三剑客教程	30.00
计算机应用与五笔快速入门	16.00	个性化网页设计与鉴赏	22.00
计算机应用基础简明实用教程	29.00	个人网站组建实用教程	22.00
计算机基础培训教程(XP版)	22.00	局域网组建实用案例一本通	19.00
计算机文化基础实用教程	25.00	局域网实践DIY	20.00
21世纪电脑应用培训教程	24.00	最新实用局域网技术——组网与维护	19.00
电脑打字与桌面办公培训新教程	20.00	小型局域网组网教程:	
电脑办公全面培训教程	20.00	Windows系列操作系统下组网DIY	20.00
高级文秘电脑操作宝典	26.00	计算机网络实用培训教程	20.00
21世纪小学信息技术教程 Windows98版	12.00	计算机网络组建与系统集成全攻略	25.00
21世纪中学信息技术教程 Windows98	19.00	计算机网络管理与维护全攻略	23.00
中小学教师信息技术培训教程(初级)	16.00	计算机网络设备全攻略	20.00
办公自动化技术及应用教程	22.00	计算机网络实验操作教程	31.00
深入用友 ERP8.51/8.52		最新实用网络技术教程	20.00
——财务软件实训教			
中文版Office XP应用技巧实例教程	33.00		
中文版Office 2003快学通	39.00		
全面掌握Microsoft Office 2003	31.00		
最新实用网络技术教程	20.00		
全面破解计算机硬件	32.00		
反黑客技巧全接触	26.00		

中文版 Windows XP 实用教程	24.00
全新演绎 Windows XP 注册表	
——高手秘笈	28.00
Windows.net Sever 组网与维护实用教程	18.00
中文视窗 98 简明图解教程	22.00
Windows NT 实用教程	24.00
中文版 Windows XP 实用教程	24.00
中文版 Windows 2000 Professional	
培训教程	25.00
最新 UNIX 与网络培训教程 (第二版)	31.00
Linux 实用简明教程	25.00

图形处理类

多媒体CAI课件制作实例教程	21.00
多媒体课件制作实例教程	19.00
Authorware6多媒体设计基础与进阶教程	20.00
Authorware 7.0多媒体设计教程	28.00
Authorware 7.0多媒体设计精彩实例创作通	
(含光盘)	30.00
Authorware & Flash课件制作经典实例教程	26.00
Power Point& Authorware课件制作经典	
实例教程 (含光盘)	27.00
中文版Photoshop6.0从入门到精通	
(含光盘)	32.00
中文版Photoshop7.0从入门到精通	
(含光盘)	33.00
中文版Photoshop7.0图像特效处理实例教程	30.00
中文版Photoshop7图像处理快手教程	22.00
中文版Photoshop7数码图像暗房宝典	32.00
Photoshop 7图像处理精彩实例创作通	32.00
Photoshop 7——完全解析与实例教程	
(含光盘)	30.00
Photoshop经典演绎100例 (含光盘)	38.00
Photoshop CS中文版图像艺术设计经典	
(含光盘)	35.00
Photoshop CS设计高手实训教程	26.00
Photoshop CS中文版基础与实用案例	
(含光盘)	40.00
中文版Photoshop 6 CoreDRAW 10	
平面美术教程	20.00
3DS MAX4.0室外效果图精彩实例创作	28.00
3DS MAX4.0室内效果图精彩实例创作通	35.00
3DS MAX5.0室内外效果图精彩实例创作通	33.00
3DS MAX5.0艺术创作实例教程	
——静态篇 (含光盘)	33.00
——动态篇 (含光盘)	38.00
3DS MAX 6基础与进阶培训教程	34.00

中文版 3DSMAX6 建筑设计实例教程	39.00
中文版 3DS MAX 6 室内设计实例教程	37.00
3DS MAX 6 效果图制作入门教程	38.00
3DS MAX 效果图制作实例引导教程	27.00
新编 3DS MAX4.0/5.0/6.0 入门与提高	35.00
中文版 Corcl DRAW10 从入门到精通	22.00
中文版 Corcl DRAW10 平面创意培训教程	22.00
Corcl DRAW11图形设计精彩实例创作通	
(含光盘)	30.00
Corcl DRAW实用教程 (10.0版)	25.00
Autodesk VIZ 4 建筑效果图设计实用教程	22.00
计算机艺术图像处理实践	

——Adobe Photoshopcs (含光盘)

方正奥思课件制作实例 (含光盘)	22.00
------------------	-------

数据库及计算机语言类

Visual Basic 实用教程	18.00
Visual Basic管理信息系统开发案例	21.00
Visual Basic.NET编程基础与实例教程	22.00
Visual FoxPro实用教程	20.00
Visual FoxPro管理信息系统开发案例	29.00
Visual FoxPro 8.0快速上手培训教程	21.00
看实例学编程	

——Visual Basic 程序设计

JAVA实用教程	22.00
Visual C++程序设计攻略教程	
——完全实例·从入门到精通	38.00
Visual C++.NET深入编程与实例剖析	26.00
深入剖析加密解密	28.00
反黑客技巧全接触	26.00
全面破解计算机硬件	32.00

计算机辅助技术类

Pro/ENGINEER 工程建模实例与技巧	18.00
精通 Pro/ENGINEER WILDFIRE (野火版)	
模具设计经典实例教程 (含光盘)	25.00
Pro/ENGINEER 工程建模实例与技	18.00
Auto CAD 实用教程	28.00
Auto CAD学与练 (第三版)	28.00
Auto CAD2002简明三维绘图教程	18.00
中文版Auto CAD 2002从入门到精通	20.00
AutoCAD2002辅助设计精彩实例创作通	24.00
中文版AutoCAD2004建筑设计实例教程	29.00
Auto CAD 2004基础与进阶教程	30.00
Protel 99从入门到精通	31.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮费 (一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号

西安电子科技大学出版社发行部

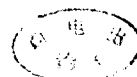
邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com



目 录

第 1 章 计算机系统基础知识	1	第 4 章 多媒体基础知识	149
1.1 学习目标与要求	1	4.1 学习目标与要求	149
1.2 知识点概述	1	4.2 知识点概述	149
1.2.1 计算机系统的组成	1	4.2.1 多媒体的基本概念	149
1.2.2 计算机中数据的表示及运算	3	4.2.2 音频信息及处理	151
1.2.3 计算机的基本组成及工作原理	18	4.2.3 图形和图像	154
1.2.4 指令系统	31	4.2.4 动画和视频	161
1.2.5 计算机系统的安全	32	4.2.5 多媒体网络	165
1.3 典型例题与分析	34	4.2.6 多媒体计算机系统	167
1.4 强化训练习题	43	4.2.7 虚拟现实的概念	170
第 2 章 操作系统基础知识	48	4.3 典型例题与分析	172
2.1 学习目标与要求	48	4.4 强化训练习题	182
2.2 知识点概述	48	第 5 章 网络基础知识	187
2.2.1 操作系统基础知识	48	5.1 学习目标与要求	187
2.2.2 处理机管理	52	5.2 知识点概述	187
2.2.3 存储管理	62	5.2.1 计算机网络	187
2.2.4 设备管理	69	5.2.2 ISO /OSI 网络体系结构	188
2.2.5 文件管理	74	5.2.3 网络互联设备	189
2.2.6 作业管理	80	5.2.4 网络的协议与标准	189
2.2.7 网络操作系统和嵌入式操作系统 基础知识	85	5.2.5 Windows NT 系统及管理	191
2.3 典型例题与分析	86	5.2.6 Internet 及应用	192
2.4 强化训练习题	91	5.2.7 浏览器的设置与使用	192
第 3 章 数据库基础知识	94	5.2.8 网络安全	193
3.1 学习目标与要求	94	5.2.9 重点与难点分析	194
3.2 知识点概述	94	5.3 典型例题与分析	194
3.2.1 基本概念	94	5.4 强化训练习题	198
3.2.2 数据模型	97	第 6 章 程序语言基础知识	208
3.2.3 DBMS 的功能和特征	103	6.1 学习目标与要求	208
3.2.4 数据库系统体系结构	105	6.2 知识点概述	208
3.2.5 关系数据库与关系运算	109	6.2.1 程序设计语言的基础知识	208
3.2.6 关系数据库 SQL 语言简介	118	6.2.2 汇编程序的基本原理	218
3.2.7 数据库设计	133	6.2.3 编译程序的基本原理	218
3.3 典型例题与分析	137	6.2.4 解释程序的基本原理	227
3.4 强化训练习题	145	6.3 典型例题与分析	228
		6.4 强化训练习题	234

第7章 软件工程基础知识	237	9.4 强化训练习题	342
7.1 学习目标与要求	237	第10章 Visual Basic 程序设计	
7.2 知识点概述	237	基础知识	348
7.2.1 软件工程和项目管理基础	237	10.1 学习目标与要求	348
7.2.2 面向对象技术基础	239	10.2 知识点概述	348
7.2.3 系统分析基础知识	241	10.2.1 可视化的、事件驱动的面向对象	
7.2.4 系统设计知识	242	程序设计基本概念	348
7.2.5 程序设计和测试	244	10.2.2 Visual Basic 语言常用的语句	349
7.2.6 系统运行和维护知识	249	10.2.3 Visual Basic 应用开发过程	351
7.2.7 软件质量管理与质量保证	252	10.3 重点与难点分析	351
7.3 典型例题与分析	252	10.3.1 文件系统对象的基本概念与	
7.4 强化训练习题	265	使用方法	351
第8章, 数据结构与算法	268	10.3.2 开发能访问数据库的	
8.1 学习目标与要求	268	应用程序	353
8.2 知识点概述	269	10.4 典型例题与分析	354
8.2.1 线性结构	269	10.5 强化训练习题	359
8.2.2 数组和矩阵	275	第11章 算法与C语言程序设计	375
8.2.3 树	278	11.1 学习目标和要求	375
8.2.4 图	284	11.2 知识点概述	375
8.2.5 查找	292	11.2.1 常用的算法描述方法	375
8.2.6 排序	298	11.2.2 C语言基础	380
8.3 典型例题与分析	302	11.3 重点与难点分析	390
8.4 强化训练习题	310	11.3.1 指针与数组	390
第9章 标准化基础知识	314	11.3.2 递归函数	393
9.1 学习目标与要求	314	11.3.3 链表的运算	395
9.2 知识点概述	315	11.3.4 算法设计方法	397
9.2.1 标准化	315	11.4 典型例题与分析	402
9.2.2 知识产权基础	322	11.5 强化训练习题	437
9.3 典型例题与分析	332		

第1章 计算机系统基础知识

1.1 学习目标与要求

本章的主要内容包括：计算机系统的基本组成和结构，计算机中数据的表示和基本运算，指令系统的基本概念和系统安全的基本知识。

★ 通过本章的学习，要求掌握如下内容：

(1) 理解计算机系统的基本组成及工作原理，熟悉中央处理器(CPU)、存储系统及输入输出系统的基本组成和结构。

(2) 掌握计算机中的常用数制，掌握十进制、二进制、八进制和十六进制之间相互转换的方法。

(3) 理解数据的机内表示方法，掌握原码、补码、反码、移码等码制及其特点。

(4) 掌握基本的算术和逻辑运算方法。

(5) 理解常用校验码的原理和特点，了解海明码、循环冗余码的编码方法和校验方法，掌握奇偶校验的原理和方法。

(6) 了解计算机的指令系统，包括指令格式、基本寻址方式、指令类型等基本概念。

(7) 了解有关计算机安全的基本知识，了解病毒的概念及基本原理。

1.2 知识点概述

1.2.1 计算机系统的组成

一、要求掌握的知识要点

(1) 了解计算机的类型和发展概况。

(2) 了解计算机系统的层次结构。

二、知识点概述

(一) 计算机系统概述

1. 计算机的类型

按照计算机中使用的电路器件划分，计算机经历了电子管器件时代、晶体管器件时代、中小规模集成电路时代、大规模及超大规模集成电路时代。按照计算机的类型划分，有超级计算机(Supercomputer)、大型机(Mainframe Computer)、小型机(Minicomputer)、微型机(Microcomputer)、专用计算机(Special-purpose Computer)等，其中微型机包括台

式计算机(Desktop)、膝上型电脑(Laptop)或笔记本电脑(Notebook)、工作站(Workstation)、掌上型电脑、个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)等类型的计算机。

2. 计算机系统的基本组成

计算机系统是由硬件系统和软件系统组成的。计算机硬件是计算机系统中看得见、摸得着的物理装置,计算机软件是程序、数据和相关文档的集合。计算机系统的基本组成如图 1-1 所示。

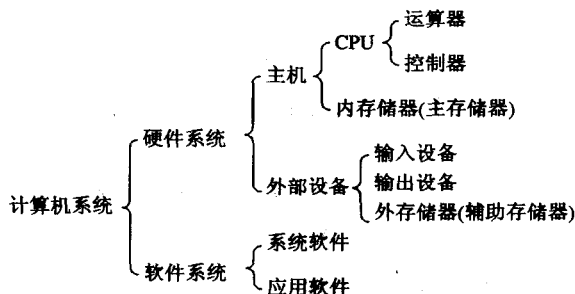


图 1-1 计算机系统的基本组成

3. 计算机系统的层次结构

人们用各种电路器件制造的计算机称为物理计算机或裸机。裸机使用的语言是二进制形式表示的机器语言。在机器语言的基础上,人们开发了抽象层次更高、更接近于人类自然语言的计算机语言,包括汇编语言和高级语言。汇编语言和高级语言需要进行翻译才能被计算机硬件识别。不同层次的用户使用不同层次的计算机语言与计算机进行交互,使计算机实现用户的要求,因此,可以把计算机看成是一个多层次的系统,如图 1-2 所示。裸机以上的用户所操作的计算机可以看成是一台相应层次的虚拟计算机。

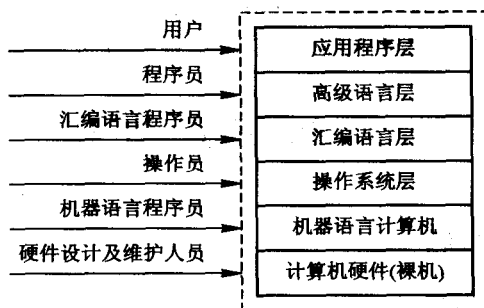


图 1-2 计算机系统的层次结构

(二) 计算机系统的硬件

基本的计算机硬件系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成。随着微电子技术的发展,运算器、控制器等部件已被集成在一起,统称为中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)。CPU 是硬件系统的核心,用于数据的加工处理,能完成各种算术、逻辑运算及控制功能。

运算器是对数据进行加工处理的部件,它主要完成算术和逻辑运算。控制器的主要功能则是从主存中取出指令并进行分析,控制计算机的各个部件有条不紊地完成指令的功能。

存储器是计算机系统中的记忆设备,分为内部存储器(Main Memory, MM, 简称内存、主存)和外部存储器(简称外存)。内存的存取速度高,容量小,一般用来临时存放计算机运行时所需的程序、数据及中间结果。外存的容量大,存取速度慢,可用于长期保存信息。寄存器是CPU中的一种存储器件,用来临时存放指令、数据及运算结果。与内部存储器相比,寄存器的存取速度要快得多。

习惯上将CPU和主存的有机组合称为主机。输入/输出(或I/O)设备位于主机之外,是计算机系统与外界交换信息的装置。

1.2.2 计算机中数据的表示及运算

一、要求掌握的知识要点

- (1) 掌握不同数制之间的转换方法。
- (2) 掌握数值数据的原码、反码、补码和移码表示。
- (3) 掌握定点数和浮点数的表示及加减运算。
- (4) 掌握奇偶校验编码方法,了解海明校验和循环冗余校验的原理。
- (5) 掌握逻辑运算,了解逻辑表达式的化简方法。
- (6) 了解非数值数据的编码方法。

二、知识点概述

(一) 计算机中数据的表示

计算机中采用二进制表示数据。计算机中处理的数据可分为两类:数值数据和非数值数据。数值数据指表示数量的数据,有正负和大小之分。非数值数据主要包括字符、声音、图像等,在计算机中存储和处理之前必须以某种编码形式转换为二进制表示形式。

1. 进位计数制及其转换

任何一种进位计数制表示的数都可以写成按权展开的多项式之和,即任意一个 r 进制数 N 可表示为

$$N_r = \sum_{i=-m}^{-k} D_i \times r^i$$

其中的 D_i 为该数制采用的基本数符, r^i 是权, r 是基数。

• 例如,十进制数1234.55可表示为

$$1234.55 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

计算机中常用的计数制有二进制、八进制、十六进制等。

2. 进位计数制之间的相互转换

(1) 将二进制数转换为十进制数时,把二进制数各位按权展开求和。

(2) 将十进制数转换成二进制数时,整数部分和小数部分分别转换,然后再合并。十进制整数转换为二进制整数的方法是“除2取余”;十进制小数转换为二进制小数的方法是“乘2取整”。十进制数转换成二进制数还有一种简便的方法:把一个十进制数写成按二进制数权的大小展开的多项式,按权值从高到低依次取各项的系数就可得到相应的二进制数。

(3) 二进制数与八进制数、十六进制数之间的对应关系如表1-1所示。

表 1-1 二进制数与八进制数、十六进制数之间的对应关系

二进制	八进制	二进制	十六进制	二进制	十六进制
000	0	0000	0	1000	8
001	1	0001	1	1001	9
010	2	0010	2	1010	A
011	3	0011	3	1011	B
100	4	0100	4	1100	C
101	5	0101	5	1101	D
110	6	0110	6	1110	E
111	7	0111	7	1111	F

可类比推出十进制数转换为 r 进制数的方法：将十进制数的整数部分“除 r 取余”得到对应 r 进制数的整数部分；将十进制数的小数部分“乘 r 取整”得到 r 进制数的小数部分。

3. 二进制数的运算规则

(1) 二进制加法的进位规则是“逢二进一”：

$$0+0=0 \quad 1+0=1 \quad 0+1=1 \quad 1+1=0(\text{有进位})$$

(2) 二进制减法的借位规则是“借一当二”：

$$0-0=0 \quad 1-0=1 \quad 1-1=0 \quad 0-1=1(\text{有借位})$$

(3) 二进制乘法规则是：

$$0 \times 0=0 \quad 1 \times 0=0 \quad 0 \times 1=0 \quad 1 \times 1=1$$

(4) 二进制除法是乘法的逆运算，其运算方法与十进制除法是一样的。

4. 机器数和码制

各种数据在计算机中表示的形式称为机器数，其特点是采用二进制计数制，数的符号用 0、1 表示，小数点隐含表示，不占位置。机器数对应的实际数值称为数的真值。

机器数有无符号数和带符号数之分。无符号数表示正数，在机器数中没有符号位。对于无符号数，若约定小数点的位置在机器数的最低位之后，则是纯整数；若约定小数点的位置在机器数的最高位之前，则是纯小数。对于带符号数，机器数的最高位是表示正、负的符号位，其余位则表示数值。若约定小数点的位置在机器数的最低数值位之后，则是纯整数；若约定小数点的位置在机器数的最高数值位之前（符号位之后），则是纯小数。

为了便于运算，带符号的机器数可采用原码、反码和补码等不同的编码方法，机器数的这些编码方法称为码制。

1) 原码表示法

数值 X 的原码记为 $[X]_{\text{原}}$ 。如果机器字长为 n （即采用 n 个二进制位表示数据），则原码定义如下：

若 X 是纯整数，则

$$[X]_{\text{原}} = \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^{n-1} + |X| & -(2^{n-1} - 1) \leq X \leq 0 \end{cases}$$

若 X 是纯小数，则

$$[X]_{\text{原}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2^0 + |X| & -1 < X \leq 0 \end{cases}$$

在原码表示法中,最高位是符号位,0表示正号,1表示负号;其余的 $n-1$ 位表示数值的绝对值。

2) 反码表示法

数值 X 的反码记作 $[X]_{\text{反}}$ 。如果机器字长为 n ,则反码定义如下:

若 X 是纯整数,则

$$[X]_{\text{反}} = \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^n - 1 + X & -(2^{n-1} - 1) \leq X \leq 0 \end{cases}$$

若 X 是纯小数,则

$$[X]_{\text{反}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2 - 2^{-(n-1)} + X & -1 < X \leq 0 \end{cases}$$

在反码表示中,最高位是符号位,0表示正号,1表示负号,正数的反码与原码相同,负数的反码则是其绝对值按位求反。

3) 补码表示法

数值 X 的补码记作 $[X]_{\text{补}}$ 。如果机器字长为 n ,则补码定义如下:

若 X 是纯整数,则

$$[X]_{\text{补}} = \begin{cases} X & 0 \leq X \leq 2^{n-1} - 1 \\ 2^n + X & -2^{n-1} \leq X < 0 \end{cases}$$

若 X 是纯小数,则

$$[X]_{\text{补}} = \begin{cases} X & 0 \leq X < 1 \\ 2 + X & -1 \leq X < 0 \end{cases}$$

在补码表示中,最高位为符号位,0表示正号,1表示负号;正数的补码与其原码和反码相同,负数的补码则等于其反码加1。

4) 移码表示法

移码表示法是在数 X 上增加一个偏移量来定义的,常用于表示浮点数中的阶码。如果机器字长为 n ,规定偏移量为 2^{n-1} ,则移码定义如下:

若 X 是纯整数,则

$$[X]_{\text{移}} = 2^{n-1} + X \quad -2^{n-1} \leq X < 2^{n-1}$$

实际上,在偏移量为 2^{n-1} 的情况下,只要将补码的符号位取反即可获得相应的移码表示。

5. 定点数和浮点数

1) 定点数

所谓定点数,就是小数点的位置固定不变的数。小数点的位置通常有两种约定方式:定点整数(纯整数,小数点在最低有效数值位之后)和定点小数(纯小数,小数点在最高有效数值位之前)。

设机器字长为 n ,各种码制表示下的带符号数的范围如表1-2所示。

表 1-2 机器字长为 n 时表示的带符号数的范围

码制	定点整数	定点小数
原码	$-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$	$-(1-2^{-(n-1)}) \sim +(1-2^{-(n-1)})$
反码	$-(2^{n-1}-1) \sim +(2^{n-1}-1)$	$-(1-2^{-(n-1)}) \sim +(1-2^{-(n-1)})$
补码	$-2^{n-1} \sim +(2^{n-1}-1)$	$-1 \sim +(1-2^{-(n-1)})$
移码	$-2^{n-1} \sim +(2^{n-1}-1)$	$-1 \sim +(1-2^{-(n-1)})$

2) 浮点数

当机器字长为 n 时, 定点数的补码和移码可表示 2^n 个数, 而其原码和反码只能表示 $2^n - 1$ 个数 (0 占用了两个编码)。因为定点数所能表示的数值范围比较小, 运算中很容易因结果超出范围而溢出, 所以引入了浮点数。浮点数是小数点位置不固定的数, 它能表示更大范围的数。

二进制数 N 的浮点数表示方法为

$$N = 2^E \times F$$

其中, E 称为阶码, F 称为尾数。

在浮点数表示法中, 阶码通常为带符号的纯整数, 尾数为带符号的纯小数。浮点数的一般表示格式如下:

阶符	阶码	数符	尾数
----	----	----	----

很明显, 一个数的浮点表示不是惟一的。当小数点的位置改变时, 阶码也随之相应改变, 因此可以用多种浮点形式表示同一个数。

浮点数所能表示的数值范围主要由阶码决定, 所表示数值的精度则由尾数决定。为了充分利用尾数来表示更多的有效数字, 通常对浮点数进行规格化。规格化就是将尾数的绝对值限定在区间 $[0.5, 1)$ 内。当尾数用补码表示时, 需要注意:

(1) 若尾数 $F \geq 0$, 则其规格化的尾数形式为 $F = 0.1 \times \times \times \dots \times$ 。其中 $\times$ 可为 0, 也可为 1, 即将尾数限定在区间 $[0.5, 1)$ 内。

(2) 若尾数 $F < 0$, 则其规格化的尾数形式为 $F = 1.0 \times \times \times \dots \times$ 。其中 $\times$ 可为 0, 也可为 1, 即将尾数 F 的范围限定在区间 $[-1, -0.5)$ 内。

如果浮点数的阶码 (包括 1 位阶符) 用 R 位的移码表示, 尾数 (包括 1 位数符) 用 M 位的补码表示, 则这种浮点数所能表示的数值范围为

$$\text{最大的正数} \quad +(1-2^{-M+1}) \times 2^{2^{R-1}-1}$$

$$\text{最小的负数} \quad -1 \times 2^{2^{R-1}-1}$$

6. 十进制数与字符的编码表示

用四位二进制代码表示一位十进制数, 称为二-十进制编码, 简称 BCD 编码。因为 $2^4 = 16$, 而十进制数只有 0~9 十个不同的数符, 故有多种 BCD 编码。根据四位代码中每一位是否有确定的权来划分, 可分为有权码和无权码两类。

应用最多的有权码是 8421 码, 即四个二进制位的权从高到低分别为 8、4、2 和 1。无权码中使用较多的是余 3 码和格雷码。余 3 码是在 8421 码的基础上, 把每个数的代码加上 0011 后构成的。格雷码的编码规则是相邻的两个代码之间只有一位不同。

常用的 8421BCD 码、余 3 码、格雷码与十进制数的对应关系如表 1-3 所示。

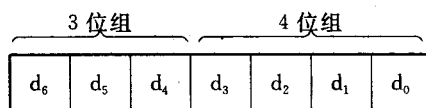
表 1-3 8421BCD 码、余 3 码、格雷码与十进制数的对应关系

十进制数	8421BCD 码	余 3 码	格雷码
0	0000	0011	0000
1	0001	0100	0001
2	0010	0101	0011
3	0011	0110	0010
4	0100	0111	0110
5	0101	1000	1110
6	0110	1001	1010
7	0111	1010	1000
8	1000	1011	1100
9	1001	1100	0100

7. ASCII 码

ASCII 码(American Standard Code for Information Interchange)是美国标准信息交换码的简称,该编码已被国际标准化组织 ISO 采纳,成为一种国际通用的信息交换用标准代码。

ASCII 码采用 7 个二进制位对字符进行编码,可表示 128 个符号。ASCII 码的低 4 位组 $d_3d_2d_1d_0$ 用作行编码,高 3 位组 $d_6d_5d_4$ 用作列编码,其格式为



根据 ASCII 码的构成格式,可以很方便地从对应的代码表中查出每一个字符的编码。

EBCDIC 是扩展的二-十进制交换码,采用 8bit 编码表示一个字符,共可以表示 256 个不同的符号,常用于 IBM 大型机中。

8. 汉字编码

在一个汉字处理系统中,输入、内部处理、存储和输出对汉字代码的要求不尽相同,所采用的编码也不相同。在使用汉字信息处理系统处理汉字时,关键的问题是要进行一系列的汉字代码转换。汉字的编码方法有多种。

1) 输入码

汉字输入码的编码方法主要有三类:数字编码、拼音码和字形编码。

(1) 数字编码。数字编码用数字串代表一个汉字的输入,常用的是国标区位码。国标区位码将国家标准局公布的 6763 个两级汉字分成 94 个区,每个区 94 位。使用区位码方法输入汉字时,必须先在表中查找汉字并找出对应的代码。数字编码输入的优点是无重码,而且输入码和内部编码的转换比较方便,但是每个编码都是等长的数字串,代码难以记忆。

(2) 拼音码。拼音码是以汉语读音为基础的输入方法。由于汉字同音字太多,输入重码率很高,因此,按拼音输入后还必须进行同音字选择,影响了输入速度。

(3) 字形编码。字形编码是以汉字的形状确定的编码。五笔字形编码是最有影响的字形编码方法。

2) 内部码

汉字内部码(简称汉字内码)是汉字在设备或信息处理系统内部最基本的表达形式,是

在设备和信息处理系统内部存储、处理、传输汉字用的代码。在西文的表示中没有交换码和内码之分。汉字数量多,用一个字节无法区分,可采用国家标准局 GB 2312—80 中规定的汉字国标码,用两个字节存放一个汉字的内码,每个字节的最高位置“1”,以此作为汉字机内码。由于两个字节各使用了 7 位,因此可表示 16 384 个可区别的机内码。

为了统一地表示世界各国的文字,1993 年国际标准化组织公布了“通用多八位编码字符集”的国际标准 ISO/IEC 10646,简称 UCS(Universal Code Set)。UCS 包含了中、日、韩等国的文字,这一标准为包括汉字在内的各种正在使用的文字规定了统一的编码方案。

我国相应的国家标准为 GB 13000,详细内容请查阅网址: <http://www.unicode.org>。

3) 字形码

汉字字形码是表示汉字字形的字模数据,通常有点阵、矢量函数等表示方式。用点阵表示字形时,汉字字形码指的就是这个汉字字形点阵的代码。字形码也称字模码。根据输出汉字的要求不同,点阵的多少也不同,简易型汉字为 16×16 点阵,高精度型汉字为 24×24 点阵、 32×32 点阵、 48×48 点阵等。

汉字的矢量表示法将汉字看成是由笔画组成的图形,提取每个笔画的坐标值,这些坐标值就可以决定每一笔画的位置,将每一个汉字的所有坐标值信息组合起来就是该汉字字形的矢量信息。显然,汉字的字形不同,其矢量信息也就不同,每个汉字都有自己的矢量信息。由于汉字的笔画不同,矢量信息不同,因而每个汉字矢量信息所占的存储空间大小也不一样。

(二) 机器数的运算

1. 定点数的加、减运算

计算机中通常只设置加法器,减法运算是转换为加法运算来实现的。对原码表示的机器数进行运算时,符号位和数值位需要分别处理,因此计算机的加、减运算中常采用机器数的补码表示形式。

1) 补码加、减法

(1) 补码加法的运算法则是:和的补码等于补码的和,即 $[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$ 。

(2) 补码减法的运算法则是:差的补码等于被减数的补码加上减数取负后的补码,即 $[X-Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$ 。因此,在补码表示中,可将减法运算转换为加法运算。

(3) 由 $[X]_{\text{补}}$ 求 $[-X]_{\text{补}}$ 的方法是: $[X]_{\text{补}}$ 的各位取反(包括符号位),末位加“1”。

【例 1.1】 设二进制整数 $X = +1000100$, $Y = +1110$, 求 $X+Y$ 、 $X-Y$ 的值。

解: 设用 8 位补码表示带符号数据,由于 X 和 Y 都是正数,因而 $[X]_{\text{补}} = 01000100$, $[Y]_{\text{补}} = 00001110$, 那么 $[-Y]_{\text{补}} = 11110010$, 则

01000100	01000100	01000100
+ 00001110	- 00001110	+ 11110010
01010010	00110110	00110110
$[X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$	$X - Y$	$[X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$

由于 X 和 Y 均是正数, 因此 $X+Y$ 的值为正数, 等于 $[X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$, 即 $X+Y = +1010010$; 因为 X 的绝对值大于 Y 的绝对值, 所以 $X-Y$ 的值为正数, 等于 $[X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$, 即 $X-Y = +110110$ 。

2) 溢出及其判定

在确定了运算的字长和数据的表示方法后, 数据的范围也就确定了。一旦运算结果超出范围, 就会发生溢出。

当两个同符号的数相加(或者是相异符号的数相减)时, 运算结果有可能溢出。

【例 1.2】 设正整数 $X = +1000001$, $Y = +1000011$, 若用 8 位补码表示, 则 $[X]_{\text{补}} = 01000001$, $[Y]_{\text{补}} = 01000011$, 求 $[X+Y]_{\text{补}}$ 。

解: 计算 $[X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$ 为

$$\begin{array}{r} 0\ 1000001 \\ +\ 0\ 1000011 \\ \hline 1\ 0000100 \end{array}$$

两个正数相加的结果为一个负数, 结果显然是荒谬的, 产生此错误的原因就是溢出。

常用的溢出检测机制主要有双符号位判决法和进位判决法。

(1) 双符号位判决法。若采用两位表示符号, 即 00 表示正号、11 表示负号, 则溢出时两个符号位就不一致了, 从而可以判定发生了溢出。

【例 1.3】 设正整数 $X = +1000001$, $Y = +1000011$, 若采用双符号位补码表示, 则 $[X]_{\text{补}} = 00\ 1000001$, $[Y]_{\text{补}} = 00\ 1000011$, 求 $[X+Y]_{\text{补}}$ 。

解: 计算 $[X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$ 为

$$\begin{array}{r} 00\ 1000001 \\ +\ 00\ 1000011 \\ \hline 01\ 0000100 \end{array}$$

由于两个符号位不一致, 因此可断定发生溢出, 运算结果不反映 $X+Y$ 的真值。

(2) 进位判决法。令 C_{n-1} 表示最高数值位向最高位的进位, C_n 表示符号位的进位, 当 $C_{n-1} \oplus C_n = 1$ 时表示发生溢出。

2. 定点数的乘、除运算

1) 定点乘法

定点乘法有定点原码乘法和定点补码乘法之分。原码一位乘法的运算法则是:

(1) 乘积的符号由两个乘数的符号位经异或后产生。

(2) 将两个乘数的数值部分相乘就得到乘积的数值部分(原码表示), 运算时将部分积和乘数进行右移, 再将部分积和被乘数的数值部分相加。

(3) 将乘积的符号与其数值部分拼接在一起就构成了积的原码。

原码乘法在实现过程中要将符号和数值分别处理, 不仅麻烦, 而且影响执行速度。由 Booth 夫妇首先提出的补码乘法可将包括符号位在内的两个补码数直接相乘, 一次运算就可以获得包括符号位在内的乘积。