

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

程序员教程

（第2版）

沈林兴 张淑平 主编

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室组编

清华大学出版社



2006版

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

程序员教程

（第2版）

沈林兴 张淑平 主编

全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试办公室组编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照人事部、信息产业部全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试程序员考试大纲编写，是对 2004 版的修订版，内容包括计算机系统、操作系统、数据库、多媒体、网络、程序语言、软件工程、数据结构和算法、标准化、安全性、法律法规等方面的基础知识，以及 Visual Basic、C++ 和 Java 程序设计，其中 C++ 和 Java 程序设计是本版新增加的内容。

本书内容丰富，重点突出，层次分明，语言流畅，适合计算机软件考试考生使用，也可用作程序员培训以及高等院校、职业技术学校的教材。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书扉页为防伪页，封面贴有清华大学出版社防伪标签，无上述标识者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目（CIP）数据

程序员教程 / 沈林兴，张淑平主编. —2 版 —北京：清华大学出版社，2006.6

（全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书）

ISBN 7-302-12895-2

I. 程… II. ①沈… ②张… III. 程序设计—工程技术人员—资格考核—自学参考资料 IV. TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 037468 号

出 版 者：清华大学出版社 地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 客户服务：010-62776969

组稿编辑：柴文强

文稿编辑：刘霞

印 刷 者：北京市世界知识印刷厂

装 订 者：三河市新茂装订有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×230 印张：35.75 防伪页：1 字数：801 千字

版 次：2006 年 6 月第 2 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-12895-2/TP·8195

印 数：1~20000

定 价：57.00 元

序

在国务院鼓励软件产业发展政策的带动下，我国软件业一年一大步，实现了跨越式发展，销售收入由 2000 年的 593 亿元增加到 2003 年的 1633 亿元，年均增长速度 39.2%；2000 年出口软件仅 4 亿美元，去年则达到 20 亿美元，三年中翻了两番多；全国“双软认证工作体系”已经规范运行，截止 2003 年 11 月底，认定软件企业 8582 家，登记软件产品 18287 个；11 个国家级软件产业基地快速成长，相关政策措施正在落实；我国软件产业的国际竞争力日益提高。

在软件产业快速发展的带动下，人才需求日益迫切，队伍建设与时俱进，而作为规范软件专业人员技术资格的计算机软件考试已在我国实施了十余年，累计报考人数超过一百万，为推动我国软件产业的发展做出了重要贡献。

软件考试在全国率先执行了以考代评的政策，取得了良好的效果。为贯彻落实国务院颁布的《振兴软件产业行动纲要》和国家职业资格证书制度，国家人事部和信息产业部对计算机软件考试政策进行了重大改革：考试名称调整为计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试；考试对象从狭义的计算机软件扩大到广义的计算机软件，涵盖了计算机技术与软件的各个主要领域（5 个专业类别、3 个级别层次和 20 个职业岗位资格）；资格考试和水平考试合并，采用水平考试的形式（与国际接轨，报考不限学历与资历条件），执行资格考试政策（各用人单位可以从考试合格者中择优聘任专业技术职务）；这是我国人事制度改革的一次新突破。此外，将资格考试政策延伸到高级资格，使考试制度更为完善。

信息技术发展快，更新快，要求从业人员不断适应和跟进技术的变化，有鉴于此，国家人事部和信息产业部规定对通过考试获得的资格（水平）证书实行每隔三年进行登记的制度，以鼓励和促进专业人员不断接受新知识、新技术、新法规的继续教育。考试设置的专业类别、职业岗位也将随着国民经济与社会发展而动态调整。

目前，我国计算机软件考试的部分级别已与日本信息处理工程师考试的相应级别实现了互认，以后还将继续扩大考试互认的级别和国家。

为规范培训和考试工作，信息产业部电子教育中心组织一批具有较高理论水平和丰富实践经验的专家编写了全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试的教材和辅导用书，按照

考试大纲的要求，全面介绍相关知识与技术，帮助考生学习和备考。

我们相信，经过全社会的共同努力，全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试将更加规范、科学，进而对培养信息技术人才，加快专业队伍建设，推动国民经济和社会信息化做出更大的贡献。

信息产业部副部长 娄勤俭

前言

(第2版)

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试实施至今已经历了近20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。为了适应我国计算机信息技术发展的需求,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信息技术行业的各个方面,以满足社会上对各种计算机信息技术人才的需要。

编者受信息产业部计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试办公室委托,对《程序员教程》一书进行修订,以全面适应考试大纲要求。在考试大纲中,要求考生掌握的知识面很广,每个章节的内容都能构成相关领域基础的一门课程,因此编写的难度很高。考虑到参加考试的人员已有一定的基础,所以本书中只对考试大纲中所涉及到的知识领域的要点加以阐述,限于篇幅不能详细地展开,请读者谅解。对于数据结构和算法以及程序设计部分,考虑到参加考试的人员一般都具有一定的基础,因此希望这些章节的内容能对读者的知识起到总结、拓宽和提高的作用。

全书共分13章,第1章计算机系统基础知识由李伯成、张淑平编写,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章网络基础知识由严体华、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章标准化和知识产权由刘强编写,第10章安全性基础知识由严体华、张淑平编写,第11章 Visual Basic 程序设计由沈林兴编写,第12章 C++程序设计、第13章 Java 语言程序设计由胡圣明编写,最后由张淑平、沈林兴统稿。

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。同时感谢清华大学出版社在本书出版过程中所给予的支持和帮助。

因水平有限,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2月

目 录

第 1 章 计算机系统基础知识1

1.1 计算机系统概述1

1.1.1 计算机系统的组成1

1.1.2 计算机的类型和应用领域2

1.2 计算机中数据的表示及运算2

1.2.1 计算机中数据的表示2

1.2.2 校验码13

1.2.3 逻辑代数及逻辑运算16

1.2.4 机器数的运算18

1.3 计算机的基本组成及工作原理22

1.3.1 总线22

1.3.2 中央处理单元 (CPU)24

1.3.3 存储系统27

1.3.4 输入输出技术33

1.4 指令系统37

第 2 章 操作系统基础知识42

2.1 操作系统概述42

2.2 处理机管理47

2.2.1 基本概念47

2.2.2 进程的控制51

2.2.3 进程间的通信51

2.2.4 进程调度56

2.2.5 死锁57

2.2.6 线程59

2.3 存储管理59

2.3.1 基本概念60

2.3.2 分页存储管理61

2.3.3 虚存存储管理63

2.4 设备管理66

2.4.1 设备管理概述67

2.4.2 通道、DMA 与缓冲技术69

2.4.3 假脱机69

2.4.4 磁盘调度70

2.5 文件管理72

2.5.1 文件与文件系统72

2.5.2 文件的结构和组织73

2.5.3 文件目录77

2.5.4 存取方法、存取控制78

2.5.5 文件的使用80

2.5.6 文件的共享和保护80

2.5.7 系统的安全与可靠性83

2.6 作业管理84

2.6.1 作业管理概述84

2.6.2 作业调度85

2.6.3 人机界面88

第 3 章 数据库基础知识90

3.1 基本概念90

3.1.1 数据库与数据库管理系统90

3.1.2 数据库管理技术的发展91

3.2 数据模型93

3.2.1 数据模型的基本概念93

3.2.2 数据模型的三要素94

3.2.3 E-R 模型94

3.2.4 基本的数据模型99

3.3 DBMS 的功能和特征102

3.3.1 DBMS 的功能102

3.3.2 DBMS 的特征103

3.4 数据库系统体系结构104

3.4.1 数据库的三级模式结构105

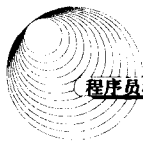
3.4.2 集中式数据库系统107

3.4.3 C/S 数据库体系结构107

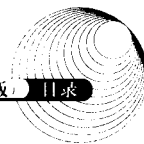
3.4.4 并行数据库系统108

3.4.5 分布式数据库系统	109	4.3.7 图像数据压缩编码的 国际标准	164
3.4.6 Web 数据库	109	4.3.8 图形图像文件格式	165
3.5 关系数据库与关系运算	110	4.4 动画和视频	167
3.5.1 关系数据库的基本概念	110	4.4.1 动画	167
3.5.2 关系数据库模式	113	4.4.2 模拟视频	170
3.5.3 完整性约束	113	4.4.3 数字视频	171
3.5.4 关系代数运算	114	4.4.4 数字视频标准	172
3.6 关系数据库 SQL 语言简介	118	4.4.5 视频压缩编码	173
3.6.1 SQL 数据库体系结构	118	4.4.6 视频文件格式	175
3.6.2 SQL 的基本组成	120	4.5 多媒体网络	176
3.6.3 SQL 数据定义	120	4.5.1 超文本与超媒体	176
3.6.4 SQL 数据查询	124	4.5.2 流媒体的基本概念	177
3.6.5 SQL 数据更新	132	4.5.3 互连网上获取声音和 影视的方法	178
3.6.6 SQL 的访问控制	134	4.6 虚拟现实	180
3.6.7 嵌入式 SQL	135		
3.7 数据库设计	136	第 5 章 网络基础知识	183
3.7.1 概述	136	5.1 计算机网络概述	183
3.7.2 数据库设计的基本步骤	137	5.1.1 计算机网络的发展	183
3.7.3 数据库的实施与维护	140	5.1.2 计算机网络的分类	185
		5.1.3 网络的拓扑结构	187
第 4 章 多媒体基础知识	141	5.2 网络体系结构	188
4.1 多媒体的基本概念	141	5.2.1 ISO/OSI 参考模型	188
4.1.1 媒体的分类	141	5.2.2 TCP/IP 协议	191
4.1.2 多媒体的特征	141	5.3 计算机网络硬件	193
4.1.3 多媒体计算机系统	142	5.3.1 计算机网络互联设备	193
4.2 音频	148	5.3.2 计算机网络传输媒体	199
4.2.1 数字声音基础	148	5.4 局域网基础	202
4.2.2 波形声音	150	5.4.1 局域网参考模型	202
4.2.3 声音合成	152	5.4.2 以太网(IEEE 802.3 标准)	204
4.2.4 MIDI	154	5.4.3 令牌环网(IEEE 802.5)	204
4.2.5 声音文件格式	155	5.4.4 FDDI(光纤分布式数据接口)	205
4.3 图形和图像	156	5.5 Internet 基础知识	205
4.3.1 彩色与图像基础	156	5.5.1 Internet 概述	205
4.3.2 图形与图像信息的表示	158	5.5.2 Internet 协议	206
4.3.3 图像的获取	159	5.5.3 IP 地址	209
4.3.4 图像的属性	160	5.5.4 域名地址	212
4.3.5 图形图像转换	162		
4.3.6 图像的压缩编码	163		

5.5.5 Internet 服务	215	7.4.1 软件概要设计的基本任务	282
5.5.6 因特网接入方式	217	7.4.2 软件设计的基本原理	283
5.5.7 TCP/IP 的配置	221	7.4.3 软件结构优化准则	285
5.5.8 浏览器的设置与使用	222	7.4.4 结构化设计方法	286
5.5.9 防火墙技术	226	7.4.5 软件详细设计	287
5.6 网络操作系统基础知识	231	7.5 软件编码	291
5.6.1 网络操作系统概述	231	7.5.1 程序设计	291
5.6.2 Windows NT 概述	232	7.5.2 程序设计风格	294
5.7 Client/Server 结构和 Browser/Server 结构	235	7.6 软件测试	296
5.7.1 Client/Server 结构	235	7.6.1 软件测试的目的及原则	296
5.7.2 Browser/Server 结构	237	7.6.2 测试方法	297
		7.6.3 软件测试步骤	298
		7.6.4 调试	299
第 6 章 程序语言基础知识	239	7.7 软件维护	300
6.1 程序语言概述	239	7.7.1 软件维护概述	300
6.1.1 程序语言的基本概念	239	7.7.2 软件的可维护性	302
6.1.2 程序设计语言的种类和特点	240	7.8 软件质量管理与质量保证	302
6.1.3 程序语言的基本成分	244	7.8.1 软件质量特性	302
6.2 语言处理程序基础	250	7.8.2 软件质量保证概述	305
6.2.1 汇编程序基本原理	250		
6.2.2 编译程序基本原理	254	第 8 章 数据结构与算法	307
6.2.3 解释程序基本原理	262	8.1 线性结构	307
		8.1.1 线性表	307
第 7 章 软件工程基础知识	265	8.1.2 栈和队列	313
7.1 软件工程和项目管理基础	265	8.1.3 串	319
7.1.1 软件工程概述与软件生存周期	265	8.2 数组和矩阵	321
7.1.2 软件开发项目管理基础知识	266	8.3 树和图	324
7.1.3 软件工具与软件开发环境	270	8.3.1 树	324
7.1.4 软件过程能力评估	273	8.3.2 图	330
7.2 面向对象技术基础	275	8.4 常用算法	334
7.2.1 面向对象的基本概念	275	8.4.1 算法概述	334
7.2.2 面向对象分析与设计基本概念	278	8.4.2 排序算法	339
7.3 软件需求分析	279	8.4.3 查找算法	348
7.3.1 软件需求分析的基本任务	279	8.4.4 字符串处理	356
7.3.2 结构化分析方法	280	8.4.5 递归算法	360
7.4 软件设计	282		
		第 9 章 标准化和知识产权	362
		9.1 标准化的基本知识	362



9.1.1 标准化的基本概念	362	11.3.4 控制结构	458
9.1.2 标准化过程模式	363	11.3.5 过程	461
9.1.3 标准的分类	365	11.3.6 程序的调试	463
9.1.4 标准的代号和编号	370	11.4 应用程序中的文件处理	464
9.1.5 国际标准和国外先进标准	371	11.4.1 浏览选择文件	464
9.1.6 信息技术标准化	372	11.4.2 文件管理	466
9.1.7 标准化组织	375	11.4.3 文件系统对象	467
9.1.8 ISO9000 标准简介	378	11.4.4 利用文件系统对象进行文件处理	467
9.1.9 能力成熟度模型 CMM 简介	380	11.5 访问数据库	469
9.2 知识产权基础知识	382	11.5.1 直接用 VB 创建和操作数据库	470
9.2.1 知识产权的概念与特点	382	11.5.2 开发应用程序访问数据库	470
9.2.2 计算机软件著作权的主体与客体	384		
9.2.3 计算机软件著作权的权利	386		
9.2.4 计算机软件著作权的归属	389		
9.2.5 计算机软件著作权侵权的鉴别	393		
9.2.6 软件著作权侵权的法律责任	396		
9.2.7 计算机软件的商业秘密权	398		
9.2.8 专利权概述	400		
第 10 章 安全性基础知识	405	第 12 章 C++ 程序设计	476
10.1 安全性基本概念	405	12.1 概述	476
10.2 计算机病毒和计算机犯罪概述	406	12.2 C++ 语言基础	477
10.3 网络安全	412	12.2.1 C++ 程序基本结构	477
10.4 访问控制	416	12.2.2 数据类型	478
10.5 加密与解密	418	12.2.3 基本输入输出	482
		12.2.4 表达式与运算符	484
		12.2.5 控制语句	488
		12.2.6 函数	492
		12.2.7 数组与字符串	495
		12.2.8 指针与引用	497
		12.3 类与对象	502
		12.4 继承与多态	510
		12.5 输入与输出流库	515
		12.6 异常	518
第 11 章 Visual Basic 程序设计	422	第 13 章 Java 语言程序设计	521
11.1 概述	422	13.1 Java 语言概述	521
11.2 用户界面设计	428	13.1.1 Java 语言的特点	521
11.2.1 常用控件	428	13.1.2 Java 开发环境	522
11.2.2 菜单	443	13.2 Java 语言基础	522
11.2.3 多窗口应用	446	13.2.1 Java 基本数据类型	523
11.3 Visual Basic 语言基础	452	13.2.2 控制结构	529
11.3.1 编程基础	452	13.2.3 Java 数组与字符串	531
11.3.2 变量、常数和数据类型	454		
11.3.3 运算符	457		



13.3 类与接口	534	13.4.1 异常的处理	546
13.3.1 类的定义与使用	534	13.4.2 自定义异常	547
13.3.2 对象的初始化	536	13.5 文件输入、输出和流	550
13.3.3 包	538	13.5.1 字节流	550
13.3.4 继承	540	13.5.2 字符流	553
13.3.5 抽象类与接口	542	13.6 Java 小应用程序	554
13.4 异常	546	13.7 Java 类库的使用	556

第1章 计算机系统基础知识

本章主要包括计算机系统的组成、计算机的类型、计算机中数据的表示和运算、CPU、存储器等基础知识。

1.1 计算机系统概述

1.1.1 计算机系统的组成

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。计算机系统的组成如图 1-1 所示。

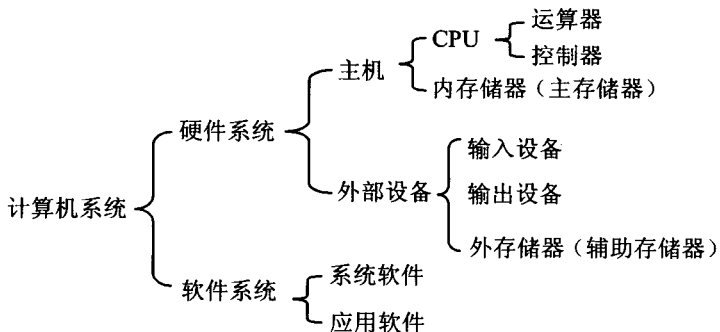
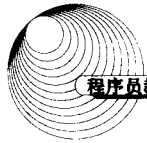


图 1-1 计算机系统的组成示意图

1. 计算机系统的硬件组成

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件组成。随着器件技术和微电子技术的发展, 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, 简称内存或主存)和外部存储器(简称外存)。内存速度高容量小,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。外存容量大速度慢,可用于长期保存信息。寄存器是CPU中的记忆设备,用来临时存放指令、数据及运算结果。与内存存储器相比,寄存器的速度要快得多。

习惯上将CPU和主存储器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。所谓输入和输出都是相对于主机而言的。输入设备的作用是把信息转换成二进制形式输入到计算机的存储器中,输出设备的作用是把运算处理结果按照人们所要求的形式输出到外部存储介质上。

2. 计算机软件

计算机软件是指为管理、运行、维护及应用计算机所开发的程序和相关文档的集合。如果计算机系统中仅有硬件系统,则只具备了计算的功能,并不能真正运算,只有将解决问题的步骤编制成程序并输入到计算机内存开始运行,才能完成运算。软件系统是计算机系统中的重要组成部分,通常可将软件分为系统软件和应用软件两大类。

1.1.2 计算机的类型和应用领域

计算机技术的发展异常迅速,现在的计算机使用的关键元器件基本上都是超大规模集成电路。

按照计算机的工作能力,计算机分为巨型机、大型机、小型机和微型机。微型机有多种形式,如台式计算机(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。

按照功能是否专一,计算机分为:通用计算机和嵌入式计算机。

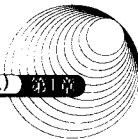
按计算机处理信息的特征,计算机分为:单指令流单数据流计算机(SISD);单指令流多数据流计算机(SIMD);多指令流单数据流计算机(MISD);多指令流多数据流计算机(MIMD)。

概括来讲,计算机的应用领域大致可分为数值计算、数据(或信息)处理、实时控制(或过程控制)、人工智能、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助教学(CAI)、计算辅助管理(CAM)等。

1.2 计算机中数据的表示及运算

1.2.1 计算机中数据的表示

计算机最主要的功能是处理数值、文字、声音、图形和图像等信息。在计算机内部,各种信息都必须经过数字化编码后才能被传送、存储和处理。因此,掌握信息编码的概念与处理技术是至关重要的。所谓编码,就是采用少量的基本符号,选用一定的组合原则,以表示大量复



杂多样的信息。基本符号的种类和这些符号的组合规则是一切信息编码的两大要素。例如,用10个阿拉伯数码表示数字,用26个英文字母表示英文词汇等,都是编码的典型例子。

1. 进位记数制及其转换

在采用进位记数的数字系统中,如果只用 r 个基本符号表示数值,则称其为 r 进制(radix- r number system), r 称为该数制的基数(radix)。对于不同的数制,它们的共同特点是:

- 每一种数制都有固定的符号集:例如十进制数制的基本符号有10个(0, 1, 2, ..., 9)。二进制数制的基本符号有0和1两个。
- 每一种数制都使用位置表示法:即处于不同位置的数符所代表的值不同,与它所在位置的权值有关。

例如,十进制数1234.55可表示为

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

可以看出,各种进位记数制中的权值就是基数的某次幂。因此,对任何一种进位记数制表示的数都可以写成按权展开的多项式之和。计算机中常用的几种进位数制如表1-1所示。

表 1-1 计算机中常用的进位数制的表示

进位制	二进制	八进制	十进制	十六进制
规则	逢二进一	逢八进一	逢十进一	逢十六进一
基数	$r=2$	$r=8$	$r=10$	$r=16$
数符	0, 1	0, 1, 2, ..., 7	0, 1, 2, ..., 9	0, 1, 2, ..., 9, A, B, ..., F
权	2^i	8^i	10^i	16^i
表示符	B	O	D	H

(1) 十进制记数法

在十进制记数制中: $r=10$,基本符号为:0, 1, 2, ..., 9。无论多大的数,都是用这10个符号的组合来表示,故称为十进制记数法。

(2) 二进制记数法

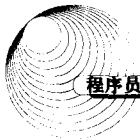
在二进制记数制中: $r=2$,基本符号为0和1。二进制数中的一个0或1称为1比特(bit)。

二进制数转换成十进制数的方法是:将二进制数的每一位数乘以它的权,然后相加,即可求得对应的十进制数值。

【例 1-1】 把二进制数100110.101转换成相应的十进制数。

$$\begin{aligned} (100110.101)_2 &= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 32 + 0 + 0 + 4 + 2 + 0 + 0.5 + 0 + 0.125 = 38.625 \end{aligned}$$

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。

【例 1-2】 把十进制数 175.71875 转换为相应的二进制数。

$$\begin{aligned}(175.71875)_{10} &= 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 + 2^{-1} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5} \\ &= 10101111.10111_2\end{aligned}$$

(3) 八进制记数法

八进制记数制中的基本符号为：0, 1, 2, …, 7。

十进制数转换为八进制数的方法是：对于十进制整数采用“除8取余”的方法转换为八进制整数；对于十进制小数则采用“乘8取整”的方法转换为八进制小数。

二进制数转换成八进制数的方法是：从小数点起，把二进制数每3位分成一组，然后写出每一组的等值八进制数，顺序排列起来就得到所要求的八进制数。

同理，将一位八进制数用3位二进制数表示，就可以直接将八进制数转换成二进制数。

二进制与八进制数之间的对应关系如表 1-2 所示。

表 1-2 二进制、八进制和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

【例 1-3】 把二进制数 10101111.10111 转换为相应的八进制数。

$$(10\ 101\ 111.101\ 11)_2 = 257.56_8$$

(4) 十六进制记数法

在十六进制记数制中， $r=16$ ，基本符号为：0, 1, 2, …, 9, A, B, …, F。

十进制数转换为十六进制数的方法是：十进制数的整数部分“除十六取余”，十进制数的小数部分“乘十六取整”，进行转换。

由于一位十六进制数可以用4位二进制数来表示，因此二进制数与十六进制数的相互转换就比较容易。二进制数转换成十六进制数的方法是：从小数点开始，每4位二进制数为一组，

将每一组用相应的十六进制数符来表示,即可得到正确的十六进制数。

二进制与十六进制数之间的对应关系如表 1-2 所示。

【例 1-4】 把二进制数 10101111.10111 转换为相应的十六进制数。

$$(1010\ 1111.1011\ 1)_2 = \text{AFB8}_{16}$$

2. 二进制运算规则

(1) 加法: 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) 减法: 在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) 乘法: 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) 除法: 二进制除法是乘法的逆运算。

3. 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记数制,数的符号用 0、1 表示,小数点则隐含表示而不占位置。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。数值零的原码表示有两种形式: $[+0]_{\text{原}} = 0\ 0000000$, $[-0]_{\text{原}} = 1\ 0000000$ 。

【例 1-5】 若机器字长 n 等于 8, 则

$$\begin{aligned} [+1]_{\text{原}} &= 0\ 0000001 & [-1]_{\text{原}} &= 1\ 0000001 \\ [+127]_{\text{原}} &= 0\ 1111111 & [-127]_{\text{原}} &= 1\ 1111111 \\ [+45]_{\text{原}} &= 0\ 0101101 & [-45]_{\text{原}} &= 1\ 0101101 \end{aligned}$$



$[+0.5]_{\text{原}}=1\Diamond 000000$, $[-0.5]_{\text{原}}=1\Diamond 1000000$, 其中 $\Diamond$ 是小数点的位置。

(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。数值零的反码表示有两种形式:
 $[+0]_{\text{反}}=0\ 0000000$, $[-0]_{\text{反}}=1\ 1111111$ 。

【例 1-6】 若机器字长 n 等于8, 则

$[+1]_{\text{反}}=0\ 0000001$ $[-1]_{\text{反}}=1\ 1111110$

$[+127]_{\text{反}}=0\ 1111111$ $[-127]_{\text{反}}=1\ 0000000$

$[+45]_{\text{反}}=0\ 0101101$ $[-45]_{\text{反}}=1\ 1010010$

$[+0.5]_{\text{反}}=0\Diamond 1000000$, $[-0.5]_{\text{反}}=1\Diamond 0111111$, 其中 $\Diamond$ 是小数点的位置。

(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的末尾加1。在补码表示中, 0有唯一的编码: $[+0]_{\text{补}}=0\ 0000000$, $[-0]_{\text{补}}=0000000$ 。

【例 1-7】 若机器字长 n 等于8, 则

$[+1]_{\text{补}}=0\ 0000001$ $[-1]_{\text{补}}=1\ 1111111$

$[+127]_{\text{补}}=0\ 1111111$ $[-127]_{\text{补}}=1\ 0000001$

$[+45]_{\text{补}}=0\ 0101101$ $[-45]_{\text{补}}=1\ 1010011$

$[+0.5]_{\text{补}}=0\Diamond 1000000$, $[-0.5]_{\text{补}}=1\Diamond 1000000$, 其中 $\Diamond$ 是小数点的位置。

(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 , 在偏移 2^{n-1} 的情况下, 只要将补码的符号位取反便可获得相应的移码表示。

【例 1-8】 若机器字长 n 等于8, 则

$[+1]_{\text{移}}=1\ 0000001$ $[-1]_{\text{移}}=0\ 1111111$

$[+127]_{\text{移}}=1\ 1111111$ $[-127]_{\text{移}}=0\ 0000001$

$[+45]_{\text{移}}=1\ 0101101$ $[-45]_{\text{移}}=0\ 1010011$

$[+0.5]_{\text{移}}=1\Diamond 1000000$, $[-0.5]_{\text{移}}=0\Diamond 10000$, 其中 $\Diamond$ 是小数点的位置。

$[+0]_{\text{移}}=1\ 0000000$ $[-0]_{\text{移}}=1\ 0000000$

4. 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